

Semiárido Brasileiro

Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

Iêdo Bezerra Sá
Pedro Carlos Gama da Silva
Editores Técnicos



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Semiárido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

Iêdo Bezerra Sá
Pedro Carlos Gama da Silva

Editores Técnicos

Embrapa Semiárido
Petrolina, PE
2010

Embrapa Semiárido

Rodovia BR 428, km 152, Zona Rural
Caixa Postal 23
56302-970 Petrolina, PE
Fone: (87) 3862-1711
Fax: (87) 3862-1744
sac@cpatsa.embrapa.br
www.cparamsa.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima
Secretária-Executiva: Josir Laine Aparecida Veschi
Membros: Daniel Terao

Tony Jarbas Ferreira Cunha
Magna Soelma Beserra de Moura
Lúcia Helena Piedade Kiill
Marcos Brandão Braga
Gislene Feitosa Brito Gama
Mizael Félix da Silva Neto
José Maria Pinto
Vanderlise Giongo Petreire
Beatriz Aguiar Jordão Paranhos

Revisão de texto: Eduardo Assis Menezes

Normalização bibliográfica: Sidinei Anunciação Silva

Projeto gráfico: Paulo Pereira da Silva Filho/José Clétis Bezerra

Editoração eletrônica: Paulo Pereira da Silva Filho/José Clétis Bezerra/Nivaldo Torres dos Santos

Capa: Paulo Pereira da Silva Filho/Gislene Feitosa Brito Gama/Luiza Teixeira de Lima Brito

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n° 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Semiárido

Semiárido brasileiro : pesquisa desenvolvimento e inovação / editores técnicos, Iêdo Bezerra Sá, Pedro Carlos Gama da Silva. – Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

402 p.: il. color.; 22 cm.

ISBN

1.Região Semiárida 2. Mudanças Climáticas 3. Desertificação 4. Recursos hídricos 5. Recursos Genéticos 6. Sistema produtivo 7. Desenvolvimento territorial; I. Sá, Iêdo Bezerra II. Silva, Pedro Carlos Gama da.

CDD 630.7209813

© Embrapa 2010

Autores

Aderaldo de Souza Silva

Engenheiro agrônomo, Doutor em Manejo de Solo e água, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
aderaldo@cpatsa.embrapa.br

Alessandra Monteiro Salviano Mendes

Engenheira agrônoma, Doutora em Fertilidade do solo, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
amendes@cpatsa.embrapa.br

Alineaurea Florentino Silva

Engenheira agrônoma, Mestre em Fitotecnia/Sistemas de produção, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
alinefs@cpatsa.embrapa.br

Ana Valéria de Souza

Engenheira agrônoma, Doutora em Biotecnologia aplicada ao meio ambiente, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
ana.valeria@cpatsa.embrapa.br

André Luís Alves Neves

Médico veterinário, Mestre em Produção animal, analista da Embrapa Gado de leite, Juiz de Fora-MG.
andre@cnpgl.embrapa.br

Antonio Heriberto de Castro Teixeira

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
heribert@cpatsa.embrapa.br

Carlos Antonio Fernandes Santos

Engenheiro agrônomo, Doutor em Melhoramento genético vegetal, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
casantos@cpatsa.embrapa.br

Clóvis Eduardo de Souza Nascimento

Engenheiro florestal, Doutor em Ciências florestais/fitosociologia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
clovisen@cpatsa.embrapa.br

Clóvis Guimarães Filho

Médico veterinário, Mestre em Sistema de produção animal, pesquisador aposentado da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
clovisgf@uol.com.br

Cristiane Otto Sá

Médica veterinária, Doutora em Produção animal, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
cris@cpatsa.embrapa.br

Daniel Maia Nogueira

Médico veterinário, Mestre em Ciências Veterinárias, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
daniel@cpatsa.embrapa.br

Daniela Ferraz Bacconi Campeche

Bióloga, Mestre em Sistema de produção aquícola, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
daniela.campeche@cpatsa.embrapa.br

David José Silva

Engenheiro agrônomo, Doutor em Nutrição de plantas, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
davi@cpatsa.embrapa.br

Everaldo Rocha Porto

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Manejo de solo e água, pesquisador aposentado da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
everaldoporto@hotmail.com

Francisco Pinheiro de Araújo

Engenheiro agrônomo, Doutor em Fitotecnia/fruticultura de sequeiro, analista da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
pinheiro@cpatsa.embrapa.br

Francislene Angelotti

Engenheira agrônoma, Doutora em Mudanças climáticas/mitigação de impactos, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
fran.angelotti@cpatsa.embrapa.br

Gherman Garcia Leal de Araújo

Zootecnista, Doutor Nutrição animal, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
ggla@cpatsa.embrapa.br

Iêdo Bezerra Sá

Engenheiro florestal, Doutor em Geoprocessamento/sensoriamento remoto, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
iedo@cpatsa.embrapa.br

Jean Philippe Tonneau

Engenheiro agrônomo, Doutor em Geografia, CIRAD Département ES UMR Tetis, França.
jean-philippe.tonneau@cirad.fr

Jorge Ribaski

Engenheiro florestal, Doutor em Sistemas agroflorestais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo-PR.
ribaski@cnpf.embrapa.br

José Luiz de Sá

Médico veterinário, Doutor em Manejo animal, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
sa@cpatsa.embrapa.br

José Maria Pinto

Engenheiro agrônomo, Doutor em Fertirrigação, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
jmpinto@cpatsa.embrapa.br

José Nilton Moreira

Engenheiro agrônomo, Doutor em Sistema de produção animal, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
jmoreira@cpatsa.embrapa.br

Josir Laine Aparecida Veschi

Médica veterinária, Doutora em Sanidade animal, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
josi.veschi@cpatsa.embrapa.br

Lúcia Helena Piedade Kiill

Bióloga, Doutora em Caracterização de ecossistemas, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
kiill@cpatsa.embrapa.br

Lúcio Alberto Pereira

Ecólogo, Doutor em Manejo de bacias hidrográficas, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
lucio.ap@cpatsa.embrapa.br

Luís Henrique Bassoi

Engenheiro agrônomo, Doutor em Física do solo, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
lhbassoi@cpatsa.embrapa.br

Luiza Teixeira de Lima Brito

Engenheira agrícola, Doutora em Manejo de solo e água, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
luizatlb@cpatsa.embrapa.br

Magna Soelma Beserra de Moura

Engenheira agrônoma, Doutora em Agrometeorologia, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
magna@cpatsa.embrapa.br

Manoel Batista de Oliveira Neto

Engenheiro agrônomo, Mestre em Pedologia, pesquisador da Embrapa Solos, Recife-PE.
manoel@uep.cnps.embrapa.br

Marc Piraux

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agroecologia, pesquisador do CIRAD, Campina Grande-PB.
marc.piriaux@cirad.fr

Marcelo Calgareo

Engenheiro agrônomo, Doutor em Drenagem e irrigação, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
marcelo.calgareo@cpatsa.embrapa.br

Márcia de Fátima Ribeiro

Bióloga, Ph.D. em Apicultura sustentável, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
marcia.ribeiro@cpatsa.embrapa.br

Marcos Antônio Drummond

Engenheiro florestal, Doutor em Ciências florestais/Agroenergia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
drummond@cpatsa.embrapa.br

Marcos Brandão Braga

Engenheiro agrônomo, Doutor em Drenagem e irrigação, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
marcos.braga@cpatsa.embrapa.br

Maria Aldete Justiniano da Fonseca Ferreira

Engenheira agrônoma, Doutora em Recursos genéticos e melhoramento vegetal, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
aldete.fonseca@cpatsa.embrapa.br

Maria Sônia Lopes da Silva

Engenheira agrônoma, Doutora em Manejo de solo, pesquisadora da Embrapa Solos, Recife-PE.
sonia@uep.cnps.embrapa.br

Patrícia Coelho de Souza Leão

Engenheira agrônoma, Doutora em Melhoramento/fitotecnia videira, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
patricia@cpatsa.embrapa.br

Pedro Carlos Gama da Silva

Engenheiro agrônomo, Doutor em Economia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
pgama@cpatsa.embrapa.br

Rafael Dantas dos Santos

Médico veterinário, analista da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
rafael.dantas@cpatsa.embrapa.br

Rebert Coelho Correia

Engenheiro agrônomo, Mestre em Economia da Produção, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
rebert@cpatsa.embrapa.br

Rita de Cássia Souza Dias

Engenheira agrônoma, Doutora em Melhoramento genético vegetal, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
ritadias@cpatsa.embrapa.br

Roseli Freire de Melo

Engenheira agrônoma, Doutora em Solos e nutrição de plantas, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
roseli.melo@cpatsa.embrapa.br

Salette Alves de Moraes

Zootecnista, Doutora em Sistemas agrosilvopastoris, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
salette.moraes@cpatsa.embrapa.br

Sergio Guilherme de Azevedo

Engenheiro agrônomo, Mestre em Desenvolvimento e meio ambiente, analista da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
sergio@cpatsa.embrapa.br

Severino Gonzaga de Albuquerque

Engenheiro agrônomo, Mestre em Manejo de pastagens nativas, ex pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
sgdealbuquerque@uol.com.br

Tadeu Vinhas Voltolini

Zootecnista, Doutor em Sistemas de produção animal, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
tadeu.voltolini@cpatsa.embrapa.br

Tony Jarbas Ferreira Cunha

Engenheiro agrônomo, Doutor em Pedologia/matéria orgânica, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
tony@cpatsa.embrapa.br

Vanderlise Giongo Petrere

Engenheira agrônoma, Doutora em Manejo e conservação de água e solo, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
vanderlise@cpatsa.embrapa.br

Visêldo Ribeiro de Oliveira

Engenheiro florestal, Doutor em Recursos genéticos florestais, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
viseldo@cpatsa.embrapa.br

Welson Lima Simões

Engenheiro agrônomo, Doutor em Irrigação e drenagem, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.
wel.simoes@cpatsa.embrapa.br

Apresentação

A Embrapa Semiárido sente-se honrada com o convite da Segunda Conferência Internacional sobre Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas - II ICID + 18 para participar e organizar este livro, apresentando as suas principais contribuições de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PD&I, ao longo dos últimos 30 anos, em prol do desenvolvimento do Semiárido brasileiro. O objetivo deste livro é fornecer subsídios à ICID + 18 que permitam aos participantes uma atualização do conhecimento sobre relevantes temas concernentes às regiões semiáridas, especialmente no tocante a variabilidade climática, as vulnerabilidades e impactos dessas mudanças e as políticas públicas necessárias à adaptação dos sistemas produtivos das regiões semiáridas a essas mudanças. As pesquisas desenvolvidas pela Embrapa Semiárido geraram um acervo de tecnologias e conhecimentos sobre a agricultura tropical, nas mais distintas áreas, privilegiando temas como o zoneamento agroecológico, mudanças climáticas e desertificação, eficiência de uso de água, valoração da biodiversidade do Bioma Caatinga, caracterização e manejo racional dos recursos naturais e dos recursos genéticos vegetal e animal, visando reduzir as limitações edafoclimáticas pela geração, adaptação e fortalecimento dos sistemas de produção agropecuários.

A apropriação desses conhecimentos e tecnologias pela sociedade constitui o caminho para viabilizar as inovações. Representa, ao mesmo tempo, o desafio para as instituições comprometidas com o desenvolvimento sustentável do semiárido e com a melhoria das condições de vida da sua população.

Com essa participação, a Embrapa Semiárido espera contribuir com o debate sobre os fatores que afetam a relação da sociedade com a natureza e com as políticas públicas que promovem a segurança alimentar, à geração de emprego e renda e à valorização da cultura da população.

Nataniel Franklin de Melo

Chefe Geral da Embrapa Semiárido

Prefácio

Na década de 1980 visitei várias vezes o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido, o CPATSA, instituição da Embrapa voltada para estudar e propor alternativas tecnológicas para a viabilização da agricultura de sequeiro no semiárido do Nordeste brasileiro. O CPATSA, agora redenominado Embrapa Semiárido, localiza-se no meio da região semiárida, na região de Petrolina, no interior do estado de Pernambuco, às margens do Rio São Francisco. É uma localização central em relação à região Semiárida: ao Sul as regiões secas da Bahia e Minas Gerais, ao Norte as de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Piauí. Vi com esperança o nascer de muitas iniciativas de pesquisas para gerar tecnologias que seriam transferidas aos pequenos agricultores da região. Sempre me impressionou o trabalho árduo e o comprometimento dos pesquisadores da Embrapa Semiárido, que procuraram articular os seus trabalhos com os de outras instituições da Embrapa localizadas no Nordeste, bem como com instituições de pesquisa e extensão dos estados nordestinos.

É com muita satisfação que agora, por ocasião da realização da Segunda ICID, ou ICID + 18, porque realizada 18 anos após a primeira, vejo o lançamento deste livro que procura dar um balanço das tecnologias adaptadas para o semiárido brasileiro, desenvolvidas ao longo das últimas 3 décadas.

É significativo que este livro seja lançado por ocasião da ICID + 18. A Segunda Conferência sobre Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas se realiza na cidade de Fortaleza, capital do estado brasileiro com maior percentual de seu território inserido no semiárido, mais de 90%. A primeira ICID, na qual o então CPATSA teve participação proeminente, realizou-se em 1992 e trouxe importantes contribuições para a causa das regiões secas do planeta, contribuindo para a agenda da Rio 92 e para o estabelecimento da Convenção das Nações Unidas sobre Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas.

Agora, em 2010, a ICID + 18 aborda o tema do desenvolvimento e dos desafios das regiões secas diante de cenários desfavoráveis de mudanças climáticas e de

aumento das pressões antrópicas sobre o uso dos recursos naturais de solo, água, vegetação e fauna. A Segunda ICID pretende contribuir para a Rio + 20, que se realizará no Rio de Janeiro em 2012, além de oferecer recomendações de políticas públicas para todos os atores que tem um papel no desenvolvimento sustentável das regiões secas, aí entendidas as regiões áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, onde o déficit de água durante a maior parte do ano limita as possibilidades da agricultura de sequeiro e onde as secas periódicas impõem grande risco para as atividades ligadas à agricultura e à pecuária.

Uma parte importante desse desafio se refere à disponibilização de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento sustentável da agricultura dependente das chuvas. É aqui que entra o importante trabalho desenvolvido pela Embrapa Semiárido. Outras instituições se dedicam à análise da agricultura irrigada e dos sistemas de agronegócios, que tem potencial no Nordeste mas que se restringem a parcela ínfima do território. Em cerca de 95% do Semiárido as atividades agrícolas continuarão dependentes do regime de precipitação de chuvas.

Neste livro, os pesquisadores da Embrapa Semiárido apresentam os principais resultados do seu trabalho. Discutem os desafios do Semiárido e o avanço no conhecimento do território e do bioma da Caatinga. Trata-se de um bioma exclusivo desta região do mundo, rico em biodiversidade e adaptado à variabilidade histórica do clima, com suas secas periódicas. Com a ameaça das mudanças climáticas e o uso insustentável dos seus recursos a resiliência da Caatinga pode estar ameaçada. De fato, as regiões secas, entre elas o Semiárido do Brasil, são as mais vulneráveis às mudanças climáticas, porque aí já se concentram problemas de pobreza, degradação ambiental e desertificação.

Este livro contribui para aumentar o nosso conhecimento sobre esse bioma ameaçado, e nos fornece um diagnóstico dos principais problemas e potencialidades da região. Ao longo do tempo, o uso irracional dos recursos naturais devido à pressão das atividades humanas tem causado a degradação desses recursos e, em várias áreas, processos de desertificação. Mesmo nos dias atuais, apesar de avanços em várias áreas, a pressão das atividades humanas continua causando desmatamento para fins agrícolas e de produção de energia, basicamente lenha e carvão, para alimentar indústrias e para uso doméstico. A agricultura de subsistência, que representa a maior parte da agricultura

praticada por pequenos agricultores, e que representava há 3 décadas cerca de 30% do produto interno bruto da região, representa hoje apenas cerca de 7%. No entanto, ela continua empregando cerca de 30% da força de trabalho no Semiárido, com baixos níveis de produtividade e elevado grau de incerteza. Esse dado é um indicador do problema de pobreza que aí existe. O Semiárido do Nordeste concentra a maior parte da pobreza da região e do Brasil e representa, por isso, um importante desafio para as políticas de desenvolvimento sustentável.

O livro menciona os resultados práticos do acervo de trabalhos realizados pela Embrapa Semiárido. Há importantes contribuições para a expansão do conhecimento sobre a região, sobre as potencialidades e limitações dos recursos naturais, sobre os recursos genéticos, sobre tecnologias eficientes para o uso das águas, sobre processos de degradação e de desertificação e sobre sistemas sustentáveis de produção para a pequena agricultura. Deixo ao leitor a tarefa de analisar essas contribuições específicas, ao longo das páginas seguintes.

É verdade que houve progressos no desenvolvimento da pesquisa, da tecnologia e da inovação para a convivência com o Semiárido. Permanece, ainda, um desafio de como transferir de forma adequada esses conhecimentos para os agricultores. Muito já foi feito através de iniciativas de demonstração da própria Embrapa e dos estados. Ao lado da continuação do esforço de pesquisa, a agenda de transferência de tecnologias para os usuários finais tem um grande potencial como objeto de políticas públicas para os próximos anos.

O conhecimento gerado pela Embrapa Semiárido, e ora disponibilizado, embora tenha sido desenvolvido especificamente com o objetivo de gerar alternativas para essa região brasileira, traz também um grande potencial para a promoção do intercâmbio com outros países que dispõem de características semelhantes de aridez e semiaridez, na África, Ásia e América Latina.

Antonio Rocha Magalhães
Diretor, ICID + 18

Fortaleza, Agosto de 2010.

Sumário

1. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos	17
2. Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo	49
3. Recursos genéticos e aproveitamento da biodiversidade do Semiárido brasileiro	89
4. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro	125
5. Cenários de Mudanças Climáticas para o Semiárido brasileiro	159
6. Alternativas alimentares e sistemas de produção animal para o Semiárido brasileiro	199
7. Espécies arbóreas exóticas de uso múltiplo para o Semiárido brasileiro	243
8. Recursos genéticos vegetais conservados na Embrapa Semiárido	275
9. Tecnologias para o aumento da oferta de água no Semiárido brasileiro	317
10. Uso da água em agricultura irrigada no Semiárido brasileiro	353
11. A abordagem territorial nas atividades de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação da Embrapa Semiárido	373

Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos



Capítulo 1

**Pedro Carlos Gama da Silva
Magna Soelma B. de Moura
Lúcia Helena Piedade Kill
Luiza Teixeira de Lima Brito
Lúcio Alberto Pereira
Iêdo Bezerra Sá
Rebert Coelho Correia
Antônio Heriberto de C. Teixeira
Tony Jarbas Ferreira Cunha
Clóvis Guimarães Filho**

Introdução

A região semiárida do Nordeste brasileiro compreende uma área de 982.563,3 km² e comporta 1.133 municípios com, aproximadamente, 22 milhões de habitantes, segundo as estimativas de população do IBGE para 2007, distribuídos conforme apresentado na Tabela 1 e ilustrado na Figura 1.

Tabela 1. Área, população e número de municípios das unidades da federação do Semiárido brasileiro em 2007.

Unidade da Federação	Municípios no SAB		Área no SAB			População no SAB (2007) ⁽¹⁾	
	Nº	%	(km ²)	% SAB	% do SAB na UF	Habitantes	% SAB
PI	127	11,2	150.454,30	15,3	59,9	1.026.537	4,7
CE	150	13,2	126.514,90	12,9	86,8	4.552.398	20,7
RN	147	13,0	49.589,90	5,0	93,4	1.696.915	7,7
PB	170	15,0	48.785,30	5,0	86,6	2.044.185	9,3
PE	122	10,8	86.710,40	8,8	88,0	3.468.107	15,7
AL	38	3,4	12.686,90	1,3	45,6	878.723	4,0
SE	29	2,6	11.175,60	1,1	50,9	421.945	1,9
BA	265	23,4	393.056,10	40,0	69,7	6.729.102	30,5
MG	85	7,5	103.590,00	10,5	17,7	1.222.153	5,5
SAB	1.133	100,0	982.563,40	100,0		22.040.065	100,0

Fontes: Brasil (2005a); ⁽¹⁾IBGE (2007).

A Região Nordeste do Brasil, com 1,56 milhão de km² (18,2% do território nacional), comporta a maior parte do Semiárido brasileiro, que se localiza na porção central dessa região, abrangendo os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte do norte do Estado de Minas Gerais (Região Sudeste). Com uma precipitação anual máxima de 800 mm, insolação média de 2.800 h.ano⁻¹, temperaturas médias anuais de 23 °C a 27 °C, evaporação média de 2.000 mm.ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50%, o Semiárido brasileiro, caracteristicamente, apresenta forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período, em média, de três a quatro meses, apresentando volumes de água insuficientes em seus mananciais para atendimento das necessidades da população.



Figura 1. Mapa da nova delimitação do Semiárido brasileiro.

Fonte: Brasil (2005a).

Com relação aos aspectos demográficos, em 2007, a população nordestina representava 28,0% do contingente populacional do país, com uma população de 51.507.545 habitantes (IBGE, 2007). Quando se considera o período de 2000 a 2007, constata-se que essa população manteve-se praticamente estável, tendo em vista que, em 2000, o Nordeste brasileiro contava com 28,1% da população brasileira.

A porção semiárida brasileira, no ano 2000, segundo o IBGE, registrava 20.877.925 habitantes, representando 43,7% do total da população da região Nordeste. Em 2007, o contingente populacional aumentou para 22.040.065 habitantes, mas a participação do Semiárido reduziu-se para 42,8% da população nordestina. Como pode ser observado na Tabela 2, o ritmo de crescimento da população no Semiárido (5,57%) foi inferior ao do Nordeste (7,89%) e ao do Brasil (8,3%).

Tabela 2. População residente - Brasil, Nordeste, Semiárido (1996 e 2007).

População residente	2000	2007 ⁽¹⁾	Variação (%)
Brasil	169.799.170	183.888.841	8,30
Nordeste	47.741.711	51.507.545	7,89
Semiárido	20.877.925	22.040.065	5,57

Fonte: IBGE (2000); ⁽¹⁾IBGE (2007).

O Semiárido brasileiro é um dos mais povoados do mundo e, em função das adversidades climáticas, associadas aos outros fatores históricos, geográficos e políticos que remontam centenas de anos, abriga a parcela mais pobre da população do país (NORDESTE..., 1999). Grande parte da população que vive nessa área está diretamente vinculada a atividades agropastoris e busca seu sustento sobre a base de recursos naturais existentes em suas propriedades ou no entorno destas. Tais atividades são altamente dependentes da chuva e, em razão das adversidades climáticas, com ciclos de secas acentuados, resultam em forte degradação ambiental.

No período 1996-2006, constatou-se uma redução no número de pessoas ocupadas nas atividades agropecuárias no país, na região Nordeste e no

Semiárido (Tabela 3). Em 2006, o percentual de pessoas ocupadas no setor agropecuário, em relação à população total do País, era de 8,9%, enquanto no Nordeste, essa participação alcançava 14,9% da população regional. Entretanto, vale ressaltar que, em 2006, a Região Nordeste detinha 46,5% das pessoas ocupadas no setor agropecuário do País, a maioria destas (83,0%) localizada na região semiárida.

Tabela 3. Pessoal ocupado em atividades agropecuárias no Brasil, na Região Nordeste e no Semiárido brasileiro (1996 e 2006).

Pessoal ocupado	1996	2006	Variação (%)
Brasil	17.930.890	16.567.544	- 7,60
Nordeste	8.210.809	7.698.631	- 6,24
Semiárido	6.630.180	6.354.934	- 4,15

Fonte: IBGE (2006).

Estudos realizados em ambientes semiáridos demonstram uma estreita ligação da atuação do homem sobre o meio, com processos negativos sobre a flora e a fauna silvestres e, principalmente, sobre os solos, onde os processos erosivos se intensificam e passam a constituir indícios marcantes de desertificação, estando o clima fortemente associado a esse contexto. Os aspectos naturais do Semiárido brasileiro precisam, portanto, ser considerados e melhor compreendidos, para que seja possível melhorar a convivência do homem com esse ambiente.

Neste capítulo faz-se uma caracterização geral dos aspectos naturais e socioeconômicos do Semiárido brasileiro. Com relação aos recursos naturais, ênfase será dada à caracterização do clima e hidrografia, seguida da vegetação e fauna, descritos nessa sequência, considerando que a geologia, relevo e solos, aqui tratados de forma muito sucinta, serão melhor aprofundados no próximo capítulo. Em seguida, serão descritos os aspectos socioeconômicos.

Aspectos naturais

A característica marcante da região semiárida é a ocorrência de uma variedade de paisagens e ambientes. A região semiárida contempla 17 grandes unidades de

paisagens, por sua vez subdivididas em 105 unidades geoambientais, de um total de 172 no Nordeste como um todo (SILVA et al., 1993).

Em relação à geologia, Jacomine (1996) dividiu a região em três áreas conforme a natureza do material originário: áreas do cristalino, áreas do cristalino recobertas por materiais mais ou menos arenosos e áreas sedimentares.

O relevo da região é muito variável, o que contribui para o elevado número de grandes unidades de paisagem mencionado. A altitude média fica entre 400 m e 500 m, mas pode atingir 1.000 m. Ao redor de 37% da área é de encostas com 4% a 12% de inclinação e 20% de encostas têm inclinação maior que 12%, o que determina uma presença marcante de processos erosivos nas áreas antropizadas (SILVA, 2000).

Quatro ordens de solos, de um total de quinze, ocupam 66% da área sob caatinga, especialmente fracionadas (Latosolos - 19%; Neossolos Litólicos - 19%; Argissolos - 15% e Luvisolos - 13%). Segundo Silva (2000), 82% da região apresentam solos de baixo potencial produtivo, seja por limitações de fertilidade e de profundidade do perfil, seja por limitações de drenagem e de elevados teores de sódio (Na) trocável (CUNHA et al., 2008; SALCEDO; SAMPAIO, 2008).

Clima e hidrografia

O clima é uma das características mais importantes do Semiárido, principalmente devido à ocorrência das secas estacionais e periódicas (MENDES, 1997), determinantes do sucesso (ou não) das atividades agrícolas e pecuárias e, conseqüentemente, da sobrevivência das famílias, com grande influência sobre os condicionamentos de ordens ecológica, botânica e fitogeográfica, dentre outros.

A insuficiência de dados climáticos, em especial de precipitação, sempre foi uma grande dificuldade para caracterização do regime de chuvas no Semiárido, especialmente para os pioneiros nesses estudos. Os trabalhos iniciais realizados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), com a instalação de observatórios meteorológicos e estações pluviométricas, focaram os estudos nas regiões suscetíveis às secas (GONDIM, 1984). As informações

climáticas, especialmente de chuva e evaporação, foram essenciais para a implantação da primeira rede hidrométrica básica do país no Polígono das Secas (DNOCS, 1983). O DNOCS realizou o monitoramento dos dados hidrométricos no Semiárido no período de 1912 a 1960. Posteriormente, esse trabalho foi ampliado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), o que permitiu uma caracterização detalhada dos principais fatores climáticos (SUDENE, 1980), com a instalação de uma série de estações meteorológicas e de postos pluviométricos no Nordeste.

Os estudos climatológicos tornaram-se mais sistemáticos e ganharam maior importância depois que os institutos de meteorologia e de pesquisa agropecuária assumiram a responsabilidade da coleta de dados da maioria das estações instaladas pela SUDENE. Com a criação do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (Embrapa Semiárido), em 1975, foram intensificadas as atividades orientadas para o estudo dos recursos naturais e socioeconômicos, visando o desenvolvimento de sistemas de produção mais adequados à biodiversidade do Semiárido (EMBRAPA, 1993).

A precipitação pluviométrica do Semiárido brasileiro é marcada pela variabilidade interanual, que, associada aos baixos valores totais anuais de chuva, contribui, como um dos principais fatores, para a ocorrência dos eventos de “secas”. De acordo com estudo de Marengo (2006), o Semiárido brasileiro sempre foi acometido por grandes secas ou grandes enchentes. Esses eventos têm implicações diretas sobre a produção agropecuária, sendo os principais responsáveis pelo sucesso ou não dessa importante atividade econômica da região. Na Tabela 4, elaborada a partir de uma compilação de informações fornecidas por Oliveira e Vianna (2005), Marengo (2006) e Rebouças et al. (2006), é apresentada a cronologia das secas ocorridas a partir do século 16, que podem ser associadas às crises de produção agrícola e de suprimento de água e de alimentos para a população e os rebanhos. A estes períodos de seca, também, se relacionam os movimentos sociais que normalmente ocorrem na região. Segundo o mesmo autor, ocorrem entre 18 e 20 anos de seca por período de 100 anos, com ocorrência mais frequente a partir do século 20.

Tabela 4. Cronologia da ocorrência de secas no Nordeste do Brasil entre os séculos 16 e 21.

Década	Século					
	16	17	18	19	20	21
00	-	1603	1707	1804	1900	2001
	-	1608	-	1808/1809	1903	2003
10	-	1614	1710/1711	1814	1915	-
	-	-	-	-	1919	-
20	-	-	1721/1722	1824/1825	-	-
	-	-	1723/1724	1829	-	-
	-	-	1725/1726	-	-	-
	-	-	1727	-	-	-
30	-	-	1730	1830	1932	-
	-	-	1736/1737	1833	-	-
40	-	1645	1744/1745	1844/1845	1942	-
	-	-	1746/1747	-	-	-
50	-	1652	1751	-	1951/1952	-
	-	-	1754	-	1953	-
	-	-	-	-	1958	-
60	-	-	1760	-	1962	-
	-	-	1766	-	1966	-
70	-	-	1771/1772	1870	1970	-
	-	-	1777/1778	1877/1878	1976	-
	-	-	-	1879	1979	-
80	1583	-	1783/1784	1888/1889	1980/1981	-
	1587	-	-	-	1982/1983	-
90	-	1692	1791/1792	1898	1990/1991	-
	-	-	1793	-	1992/1993	-
	-	-	-	-	1998/1999	-

Fonte: Adaptado de Oliveira e Vianna (2005); Marengo (2006); Rebouças et al. (2006).

A ocorrência de veranicos e a própria variabilidade interanual da precipitação são, em muitos casos, decorrentes de fenômenos meteorológicos de grande escala, como o El Niño (SOUZA et al., 2001). No entanto, há anos em que se verifica a ocorrência de secas sem que se tenha registro deste fenômeno. Assim, a variabilidade interanual da pluviometria nesta região, também, está associada a variações de padrões de temperatura da superfície do mar (TSM) sobre os oceanos tropicais (Atlântico e Pacífico), os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico (NOBRE; MELO, 2001) e influenciam na ocorrência das precipitações, em sua quantidade, intensidade e frequência.

No que se refere aos totais anuais, a climatologia das precipitações no Semiárido é ilustrada na Figura 2, a qual abrange todo o Nordeste. Nela se observa que, à medida que se afasta do litoral leste, onde as chuvas são superiores a 1.000 mm,

e se vai adentrando para o interior da região, nos limites do Semiárido, as precipitações diminuem e alcançam valores médios inferiores a 500 mm anuais. No centro do mapa, que coincide com o núcleo do Semiárido, é onde se verificam os menores índices totais anuais de chuva, em função de essa região coincidir com o ponto final de influência das principais frentes que convergem para o interior do Nordeste.

O valor anual da precipitação nem sempre guarda correspondência com a qualidade da estação chuvosa para o sucesso da atividade agropecuária, vez que podem ocorrer períodos prolongados de estiagem, que se intercalam com episódios de chuvas mais intensas, ocasionando a conhecida “seca verde”, que também afeta negativamente a produção agrícola e a disponibilidade de forragem para os animais. Dessa forma, a distribuição temporal da chuva é muito importante. As chuvas são concentradas em apenas três ou quatro meses e ocorrem em poucos dias do ano, sendo, em geral, intensas e intercaladas por períodos de veranicos.

Na Figura 3, observa-se que a quadra chuvosa para os estados do norte do Nordeste, como Ceará, Rio Grande do Norte e parte da Paraíba, ocorre entre os meses de fevereiro e maio, enquanto que no oeste da Paraíba e Pernambuco, leste do Piauí e norte da Bahia, os 4 meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro, março e abril, sendo que em algumas dessas regiões, já é possível observar a ocorrência de precipitação no mês de dezembro.

Para um manejo racional dos recursos naturais em regiões semiáridas, as informações climáticas são indispensáveis. A demanda hídrica, geralmente, excede o suprimento nestas regiões e um dos maiores problemas é a conjunção da irregularidade das chuvas com a ocorrência de elevadas temperaturas, ocasionando altas taxas de deficiências hídricas.

A irregularidade no regime pluviométrico, acompanhada pelo intenso calor, resulta em elevadas taxas de evapotranspiração potencial e real, as quais reduzem a umidade do solo e a quantidade de água armazenada nos reservatórios. Em outras palavras, a precipitação reduzida e irregular e as altas taxas evapotranspiratórias durante o ano resultam em um balanço hídrico negativo.

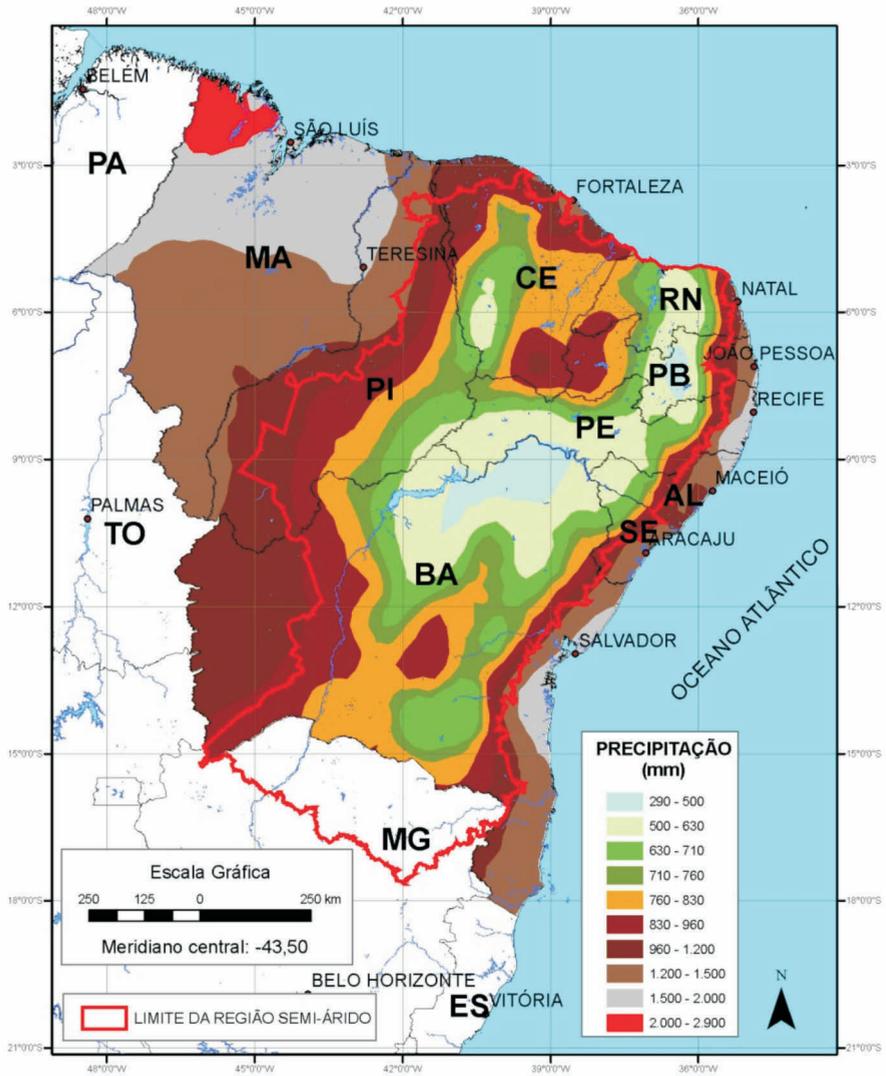


Figura 2. Climatologia da precipitação anual da Região Nordeste do Brasil.

Fonte: Moura et al., (2007)

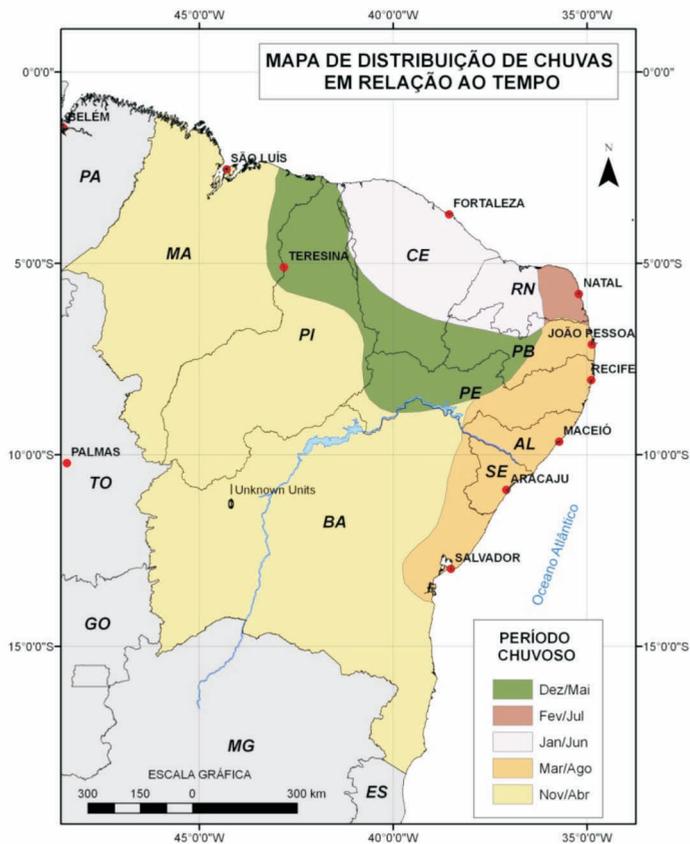


Figura 3. Mapa do início da quadra chuvosa (distribuição de chuvas em relação ao tempo) do Nordeste do Brasil.

Fonte: Adaptado de Rebouças (1972).

Com base em dados medidos e estimados, tem-se observado que, excetuando algumas áreas de maior altitude dos estados do Ceará, Bahia e Pernambuco, onde os valores anuais da temperatura média variam de 20 °C a 24 °C, o Semiárido apresenta elevada temperatura média anual (Figura 4). Com relação ao comportamento mensal da temperatura média, são os meses de maio a agosto os que apresentam valores mais baixos, principalmente na porção central, enquanto que nas proximidades do equador, os valores da temperatura são mais elevados durante todo o ano.

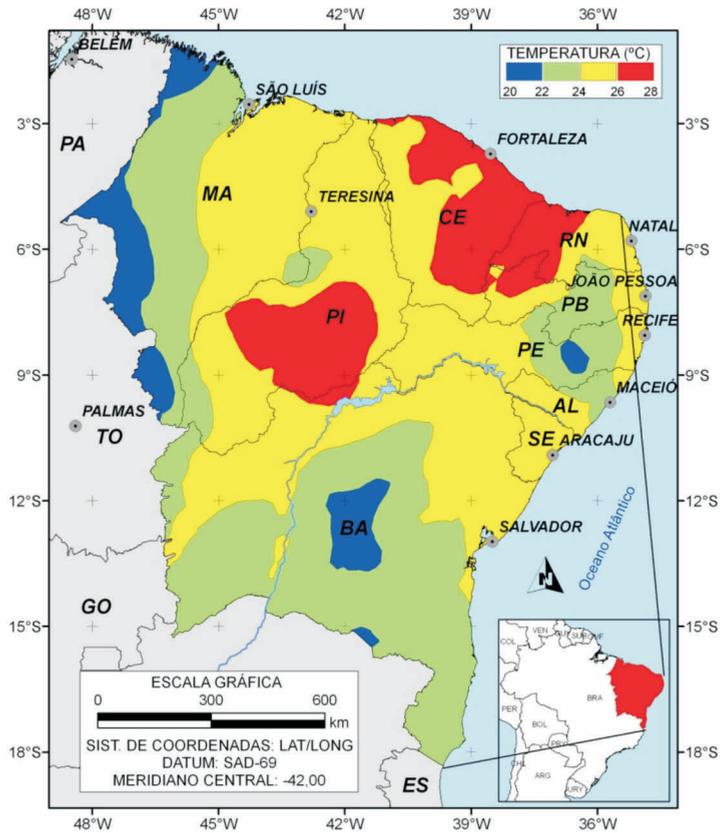


Figura 4. Climatologia da temperatura do ar média anual da Região Nordeste do Brasil.

Elaboração: Magna Soelma Beserra de Moura e Ivan Ighour Silva Sá, 2010.

Em função da reduzida quantidade de estações meteorológicas com instrumentos para medir a umidade relativa do ar ao longo do Semiárido, os mapas com dados especializados encontrados estão disponíveis para visualização no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período de 1961 a 1990. Os dados de umidade relativa do ar são de extrema importância para a realização do zoneamento agroclimático e para a determinação da adaptabilidade de animais e vegetais. A Figura 5 apresenta um mapa da umidade relativa do ar para a Região Nordeste (REBOUÇAS; MARINHO, 1972).

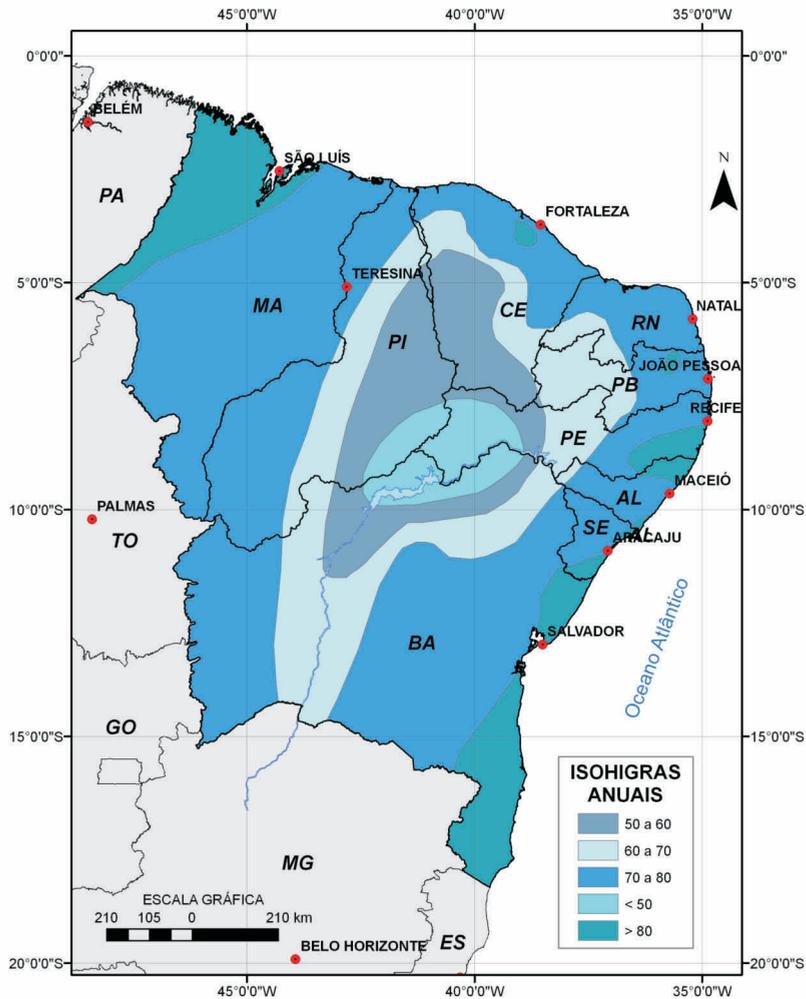


Figura 5. Mapa da Região Nordeste do Brasil com informações sobre a umidade relativa do ar (em %).

Fonte: Adaptado de Rebouças (1972).

Dos elementos que caracterizam o clima, a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento são aqueles que exercem maior efeito sobre a evaporação. Este último parâmetro varia em função da latitude e, ainda, numa mesma latitude, em consequência da altitude e em função da distância do local em relação ao oceano (ALLEN et al., 1998).

No Nordeste, a evaporação varia de 1000 mm.ano⁻¹, no litoral da Bahia e Pernambuco, atingindo 2.000 mm.ano⁻¹ no interior do Semiárido, podendo chegar a 3.000 mm.ano⁻¹ (IICA, 2002) na área do chamado “Cotovelo do São Francisco”, próximo a Petrolina, PE/Juazeiro, BA. Os valores mais elevados ocorrem nos meses de outubro a dezembro e os mínimos, de abril a junho. Na Figura 6, são apresentados os valores mapeados para o Nordeste.

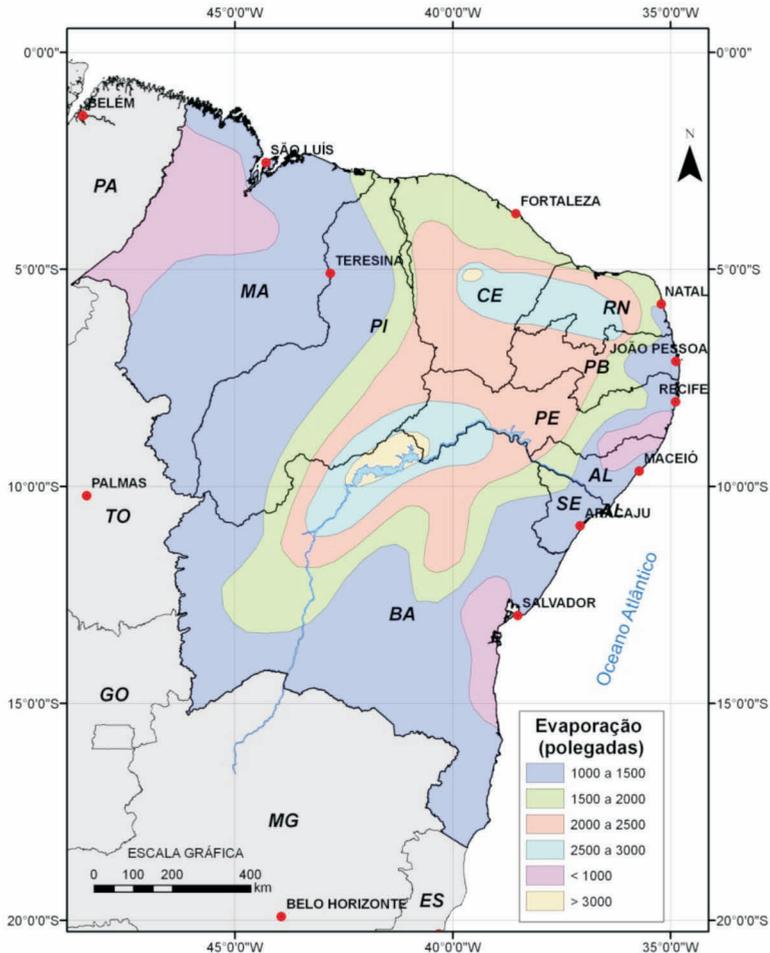


Figura 6. Mapa da Região Nordeste do Brasil com informações sobre a evaporação .

Fonte: Adaptado de Rebouças (1972).

Historicamente, o aproveitamento dos recursos hídricos no Nordeste brasileiro teve início ainda no século 19, a partir de debates sobre a escassez de água em decorrência das secas periódicas, culminando com a criação de instituições diversas e programas governamentais de desenvolvimento. As intervenções públicas na região foram muitas e diversificadas, em sua maioria, voltadas para o enfrentamento dos problemas das secas, quando deveriam ter sido disponibilizadas alternativas permanentes para melhoria da infraestrutura regional. Foi inegável esta contribuição, mas as ações implementadas não foram capazes de superar a vulnerabilidade dos agroecossistemas diante desse fenômeno natural e constituir alternativas de desenvolvimento sustentável.

Neste sentido, destacam-se os estudos do professor José Guimarães Duque, que deu formidável base de conhecimento sobre a realidade regional. Os seus livros contêm os estudos iniciais e mapeamentos edafoclimáticos regionais, que incluem recomendações claras e específicas para o aproveitamento econômico sustentável dos recursos naturais – as bases de um plano de desenvolvimento socioeconômico sustentável para o Semiárido. No livro *Solo e água no Polígono das Secas*, publicado pela primeira vez em 1949, Duque (1973) estabeleceu o enfoque ecológico associado ao desenvolvimento econômico e social, embora, na época, não existisse o conceito de desenvolvimento sustentável com suas dimensões social, econômica e ambiental. É enfatizado neste livro que o atraso do Semiárido se explica por uma complexa articulação entre os condicionantes ambientais, socioeconômicos, políticos e despreparo da população ou desprezo às técnicas. À época, já era recomendado um forte programa de educação com enfoque mais tecnológico, visando fornecer subsídios à população sobre os problemas regionais e suas soluções. Também, foi dada ênfase à necessidade da multidisciplinaridade, como forma de melhor compreender a região e identificar tecnologias sustentáveis, nos conceitos atuais.

A Região Nordeste tem uma realidade complexa, notadamente no que diz respeito à relativa escassez de recursos naturais e, em especial, à variabilidade climática, principalmente no Semiárido, que corresponde a, aproximadamente, 63% de sua área. No tocante aos recursos hídricos, de acordo com o Projeto Áridas (1994), as principais características estão associadas à intermitência dos rios, a secas periódicas, a cheias frequentes e ao

uso predominante da água para abastecimento humano e agropecuário. As águas subterrâneas são limitadas, devido ao fato de 70% do Semiárido estar localizado sob embasamento geológico cristalino, cujos solos são, predominantemente, arenosos ou arenoargilosos e rasos, em função de a rocha que lhes dá origem estar localizada próxima à superfície, dificultando a drenagem. A irregularidade e os baixos valores das precipitações pluviométricas concorrem para as baixas taxas de escoamento superficial, tornando essenciais a construção de açudes e a perfuração de poços, a fim de possibilitar a utilização da água para consumos humano e animal, bem como para produção de alimentos. Os esforços envidados ao longo do tempo, por iniciativas públicas e privadas, para aumentar a infraestrutura hídrica na região, têm se mostrado ainda insuficientes. Com disponibilidade hídrica de mais de 85 bilhões de metros cúbicos de água, dos quais, aproximadamente, 65% encontram-se nos reservatórios de Sobradinho (34,116 bilhões), Itaparica (11,782 bilhões), Xingó (3,800 bilhões), Moxotó (1,226 bilhões) e Boa Esperança (5,085 bilhões), todos localizados na bacia do São Francisco (PROJETO ÁRIDAS, 1994). Porém, devido às dimensões regionais, esse volume só atende às famílias localizadas próximas a esses reservatórios.

Com relação às fontes subterrâneas, embora se perfurem poços na região desde o século passado, somente a partir da década de 1960, com a criação da SUDENE, a água subterrânea no Brasil começou a ser estudada cientificamente. Na época, esta instituição, atuando dentro de sua missão, promoveu estudos pioneiros na Região Nordeste, materializados no Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, constituído por vários volumes e mapas, cujas informações ainda são referências até hoje (SUDENE, 1978). Estima-se, atualmente, que em todo o Nordeste existam por volta de 150.000 poços profundos (CPRM, 2001). Entretanto, devido às características geológicas, com o predomínio das rochas cristalinas, os sistemas aquíferos são do tipo fissural e apresentam baixas vazões, em geral, inferiores a $3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, com elevados teores de sólidos dissolvidos totais, registrando, em média, $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, com predominância de cloretos (LEAL, 1999).

A condição de baixa disponibilidade hídrica nesta região poderá se agravar caso se confirmem os cenários globais das alterações climáticas, indicados no Relatório sobre Mudanças Climáticas do Intergovernmental Panel on Climate

Change (IPCC). Especificamente, no caso do Brasil, os impactos mais severos seriam no Semiárido, que tenderia a ficar mais seco em função de: a) redução de 15% a 20% das chuvas e ocorrência de secas mais intensas; b) significativa redução no nível de água dos reservatórios subterrâneos, com estimativas de até 70% até o ano 2050; c) aumento da temperatura entre 3 °C e 4°C para a segunda metade do século 21, com sérias consequências na redução das vazões do Rio São Francisco (15% a 20%) e aumento nas taxas de evaporação dos reservatórios de águas superficiais, e d) alteração na composição da Caatinga, dando lugar a uma vegetação mais típica de zonas áridas, com predominância de cactáceas (MARENGO, 2006).

Confirmadas estas previsões, com o agravamento da escassez de água, segundo Brown et al. (2000), surgiriam consequências graves na disponibilidade de alimentos, considerando a necessidade média de mil toneladas de água para produção de uma tonelada de grãos. A competição pela água influenciaria, portanto, na escassez de alimentos para a população sempre crescente, principalmente nas regiões que já sofrem com problemas de falta de alimentos e de água, até mesmo para atender o consumo humano.

No contexto do uso da água na agricultura, Falkenmark (2002), citado por Gnadlinger et al. (2007), ressalta que o uso de tecnologias de captação e manejo de água de chuva é indispensável em regiões áridas e semiáridas, pois além de fornecer água para consumo das famílias, possibilita seu uso pelas plantas, denominada de “água verde” ou “água azul”, e para os animais.

Entre essas ações de pesquisas, vale ressaltar importantes contribuições voltadas para a irrigação de pequenas áreas, como potes de barro, cápsulas porosas, mangueiras e xique-xique, ainda hoje utilizadas em várias áreas semiáridas do mundo, bem como aquelas que se prestam às grandes áreas, como irrigação por sulcos, aspersão, microaspersão e gotejamento, entre outras.

Com relação à agricultura de sequeiro, que depende da quantidade, distribuição e intensidade das chuvas, várias instituições de pesquisa e desenvolvimento regional, entre as quais a Embrapa Semiárido, defendem que, para viabilizar essa modalidade de agricultura e a economia regional, deveriam ser introduzidas e difundidas culturas adaptadas às distintas condições edafoclimáticas do Semiárido.

Os conhecimentos acumulados sobre os recursos naturais do Semiárido brasileiro, principalmente no que concerne ao total anual das chuvas ocorridas, permitem concluir que não é a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas sua má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, bem como a falta de políticas públicas para disponibilizar os meios e orientar a população para captar e armazenar a água das chuvas para ser utilizada no período seco. A esses fatores naturais e políticos, está associado o uso inadequado da água nos mais variados setores – agrícola (irrigação), indústria, uso doméstico, entre outros, gerando desperdícios e contaminação. Assim, é essencial o uso racional da água, adotando-se iniciativas para reduzir o consumo e estimular novas atitudes e comportamentos que gerem menos degradação. A sociedade deve pensar e agir com foco no desenvolvimento econômico, porém, preservando os recursos naturais, sobretudo a água. A educação e a conscientização do consumidor são fundamentais para induzir mudanças em seus hábitos, decisivas em regiões com limitações naturais de água.

Diante deste cenário, o maior desafio a ser enfrentado para produzir alimentos, talvez não seja a escassez de água, mas uma gestão integrada e compartilhada com os diferentes usuários dos recursos hídricos, como preconizada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), fortalecida pelo uso de inovações tecnológicas voltadas para captação, armazenamento e uso racional da água de chuva, de forma a reduzir os riscos da produção agrícola.

Vegetação e fauna

O Semiárido brasileiro tem a maior parte de seu território ocupada por uma vegetação adaptada às condições de aridez, de fisionomia variada, denominada Caatinga. Este ecossistema é considerado extremamente importante do ponto de vista biológico, sendo um dos poucos que tem sua distribuição totalmente restrita ao território brasileiro. Estudos recentes, contemplando levantamentos da flora e da fauna, mostram que a Caatinga possui considerável número de espécies endêmicas e, por isso, deve ser considerada um patrimônio biológico de valor incalculável.

A composição florística desse bioma não é uniforme e varia de acordo com o volume das precipitações pluviométricas, da qualidade dos solos, da rede

hidrográfica e da ação antrópica, sendo que essa heterogeneidade, tanto em relação à fisionomia quanto à composição, tem levado alguns autores a utilizar sua denominação no plural – as Caatingas brasileiras (ANDRADE-LIMA, 1981).

De acordo com Giuliatti et al. (2006), foram registradas até o momento cerca de 1.500 espécies para a região, sendo as famílias Leguminosae (18,4%), Convolvulaceae (6,82%) Euphorbiaceae (4,83%), Malpighiaceae (4,7%) e Poaceae (4,37%) consideradas as mais ricas em número de espécies. Esses mesmos autores comentam, ainda, que a vegetação desse bioma pode ser conceituada como um tipo de floresta de porte baixo, com dossel geralmente descontínuo, folhagem decídua na estação seca e árvores com ramificação profusa, comumente armadas com espinhos ou acúleos, sendo frequente a presença de microfilia e características xeromorfas. A presença de espécies endêmicas indica que se trata de um ecossistema rico em biodiversidade, sendo a flora representada por cerca de 20 gêneros e mais de 300 espécies, com destaque para a família Leguminosae, detentora de 80 espécies de distribuição exclusiva nessa região (GIULIATTI et al., 2002).

As árvores e arbustos que compõem a Caatinga apresentam copas que podem atingir de 4 m a 7m, porém algumas espécies se destacam na paisagem, podendo alcançar até 10 m, como, por exemplo, *Anadenanthera colubrina* (Leguminosae) e *Pseudobombax simplicifolius* (Malvaceae). Outra característica dessas plantas é apresentar ramificação muito intensa e lignificação precoce, que resultam em árvores na forma de uma pirâmide invertida, com copas mais abertas.

As espécies suculentas estão presentes tanto no estrato arbustivo-arbóreo quanto no herbáceo-subarbustivo. No primeiro grupo, encontra-se a família Cactaceae, com espécies pertencentes a vários gêneros, destacando-se *Pilosocereus*, *Tacinga*, *Cereus* e *Arrojadoa* como os principais representantes, enquanto que no segundo, destacam-se as portulacáceas, as bromeliáceas e as cactáceas (TAYLOR; ZAPPI, 2004).

Outra estratégia adaptativa encontrada nas espécies da Caatinga é a presença de órgãos armazenadores de água em espécies não suculentas. Tal estrutura pode ser encontrada em troncos bojudos, a exemplo da “barriguda lisa” (*Cavanillesia arborea* - Malvaceae) e da “barriguda de espinho” (*Ceiba glaziovii* - Malvaceae),

nos ramos dilatados das espécies de pinhão (*Jatropha mollissima* e *J. mutabilis* - Euphorbiaceae) e nas raízes tuberosas do umbuzeiro (*Spondia tuberosa* - Anacardiaceae), do mamãozinho-de-veado (*Jacaratia corumbensis* - Caricaceae) e das espécies de maniçoba (*Manihot* spp. - Euphorbiaceae).

Com relação à fauna, esta é diversificada e rica em endemismo, embora haja, de forma geral, informações insuficientes para a maioria dos grupos estudados e, por isso, os números encontrados ainda subestimam a real diversidade desse ecossistema. Porém, assim como as plantas, os animais também desenvolveram adaptações às condições climáticas da região, a exemplo de hábitos noturnos e comportamento migratório.

A heterogeneidade ambiental associada à singularidade de certos locais permite supor a possibilidade de a fauna de invertebrados da Caatinga ser riquíssima em diversidade e endemismo, porém o conhecimento do grupo ainda é pequeno para uma quantificação. Entre os insetos, as abelhas, as formigas e os cupins são os representantes mais estudados, onde a apifauna da Caatinga está representada por cerca de 190 espécies, sendo registrada uma predominância de abelhas raras e elevado percentual de endemismo (ZANELLA; MARTINS, 2003). Tendo em vista que esses himenópteros são o principal grupo de visitantes florais e de polinizadores, sua conservação é de fundamental importância para a garantia da reprodução de plantas nativas e de algumas culturas agrícolas.

A ictiofauna da Caatinga é representada por diferentes grupos neotropicais típicos, que, por estarem distribuídos em bacias interiores e costeiras do nordeste brasileiro, dificultam a caracterização da biota aquática endêmica desse ecossistema. Segundo Rosa et al. (2003), são registradas cerca de 240 espécies de peixes para a Caatinga, das quais, aproximadamente, 57% são endêmicas deste bioma. Porém, os autores comentam que a falta de informações básicas sobre o grupo tem dificultado uma análise mais detalhada, sendo os números hoje registrados considerados reduzidos em relação ao que existia no passado, devido aos processos históricos, às alterações climáticas e a fatores antrópicos que, possivelmente, alteraram a composição original.

O conhecido da herpetofauna da Caatinga também é insuficiente, sendo esta representada por 47 espécies de lagartos, 10 anfisbenídeos, 52 espécies de

serpentes, quatro quelônios, três crocodilos e 48 anfíbios, dos quais cerca de 15% são endêmicas desse ecossistema (BRASIL, 2002). De acordo com Rodrigues (2003), esses animais podem ser agrupados, de acordo com seus padrões de distribuição, em espécies de ampla ocorrência, de distribuição relictual, associadas à região das dunas do Médio do Vale do São Francisco, e estritamente ligadas à malha de drenagem. A recente descoberta da fauna das dunas do São Francisco mostra a importância biológica desse rio para o ecossistema e a existência de vários grupos biológicos associada à sua presença no bioma.

Apesar de a Caatinga ter sido sempre identificada como um importante centro de endemismo para aves sul-americanas, a distribuição, a evolução e a ecologia da avifauna continuam ainda muito pouco investigadas quando comparadas com o esforço feito para outros ecossistemas.

Este grupo é o mais representativo, com cerca de 510 espécies registradas, das quais aproximadamente 92% se reproduzem na região, estimando-se que cerca de 15 espécies e 45 subespécies sejam endêmicas desse bioma (BRASIL, 2002; SILVA et al., 2003). Na literatura há informações afirmando que a avifauna, em resposta à semiaridez da Caatinga, pode apresentar respostas fisiológicas ou comportamentais. No primeiro caso, a ausência de estudos nesse sentido não permite afirmar quais seriam essas respostas, havendo indicações de que essas poderiam estar relacionadas às taxas metabólicas basal e de campo, perda de água evaporada total e circulação de água. No que se refere às respostas comportamentais, o movimento sazonal dos indivíduos para áreas de maior umidade e com oferta abundante de recurso é o mais comum (SILVA et al., 2003).

Por outro lado, as aves são consideradas o grupo mais vulnerável de extinção, sendo listadas até o momento 20 espécies ameaçadas, onde a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*) e a arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*) são consideradas as aves mais ameaçadas do mundo (BRASIL, 2002).

A fauna de mamíferos da Caatinga é composta por 148 espécies, das quais 19 seriam endêmicas desse bioma. Da mastofauna existente, 10 já figuram entre as ameaçadas de extinção, entre elas os mamíferos de topo das cadeias tróficas

(carnívoros), como, por exemplo, os felinos, que das seis espécies registradas, cinco encontram-se ameaçadas (BRASIL, 2002).

Diante da ausência de informações e levando-se em conta essa região ser considerada como o Semiárido mais densamente populoso do mundo, a pressão antrópica tem levado ao uso inadequado e insustentável dos recursos naturais. Assim, a Caatinga é considerada um dos biomas brasileiros mais ameaçados, ainda, insuficientemente conhecido.

Para minimizar esses impactos, é necessário buscar formas alternativas de se utilizar sustentavelmente os recursos naturais da região, para que possamos ter tempo suficiente para descobrir as riquezas e potencialidades que a Caatinga ainda esconde. Nesse sentido, a Embrapa Semiárido, em parceria com outras instituições de ensino e pesquisa, vem desenvolvendo projetos e ações voltados para o uso sustentável dos recursos naturais, que serão detalhados nos capítulos posteriores, e englobam ações voltadas para a caracterização e manejo de espécies nativas e exóticas.

Assim, entende-se que é possível conciliar a conservação e a preservação dos recursos naturais e o uso racional da terra, bem como descobrir e desenvolver métodos não destrutivos de usos dos recursos florestais que sejam aplicáveis à região. Desta forma, torna-se evidente e urgente o conhecimento da flora, da fauna, do solo e do clima, com informações fundamentais para o desenvolvimento de quaisquer estratégias de ações, evidenciando o valor da biodiversidade, que venham a contribuir para um melhor planejamento de manejo, uso e enriquecimento da Caatinga.

Aspectos socioeconômicos

O Semiárido brasileiro, como quase toda a Região Nordeste, apresenta os piores indicadores econômicos e sociais do País. No tocante às atividades econômicas, estas ainda padecem da consequência direta da herança da arcaica estrutura agrária regional com sérios problemas de concentração e desigualdade na distribuição de terras. Em decorrência, ainda predominam os sistemas agrícolas diversificados de base familiar, explorados com baixa eficiência de produção, responsáveis por uma crescente degradação dos recursos naturais.

As maiores limitações para a produção agrícola decorrem da irregularidade das chuvas e da baixa fertilidade natural dos solos. A superfície agrícola útil é outro fator limitante, que potencializa os demais citados. No Nordeste semiárido, cerca de 90% do número de estabelecimentos têm área inferior a 100 ha. Tudo isto, somado a uma condição de apoio em termos de crédito e de assistência técnica ainda bastante precária na maior parte do Semiárido, resulta num baixo desempenho da agropecuária da região. O produto final resume-se a uma limitada e irregular oferta de produtos com pouca inserção no mercado e responsável pelo baixo padrão de vida e de segurança alimentar que caracteriza a maioria das pequenas explorações agrícolas da região.

A vasta concentração de minifúndios revela a existência de grande concentração de trabalhadores e famílias rurais deles dependentes. Esta categoria de estabelecimento, pelas próprias características e dimensões, não assegura uma renda suficiente para garantir um padrão de vida mais digno às famílias.

Com uma economia em crise por causa da desorganização das suas principais atividades econômicas, historicamente vinculadas ao complexo gado-algodão-lavouras alimentares, grande parte da população do Semiárido vive de uma “economia sem produção”, aqui entendida como aquela constituída pelas subvenções sociais e pelas transferências da União para as prefeituras e governos estaduais (GOMES, 2001). As transferências de renda promovidas pelo governo federal chegam a beneficiar mais de 60% das famílias dos municípios com população inferior a 50 mil habitantes, com baixo PIB per capita, e têm melhorado substancialmente as condições de vida das populações (HADDAD, 2007).

Segundo IPEA (2007), a participação setorial da agricultura na formação do PIB do Semiárido, na última década, girou em torno de 15%, com uma perda de importância relativa da ordem de 50% nas últimas três décadas. Conforme Haddad (2007), a maioria dos municípios localizados no Semiárido tem PIB per capita entre 20% e 30% abaixo da média brasileira. A geografia econômica, contudo, permite vislumbrar prosperidade em vários municípios do Semiárido, com PIB muito superior ao daqueles economicamente deprimidos, espalhados pela região, e à média brasileira. Entre esses, destacam-se aqueles onde se deu a

expansão da agricultura irrigada, como, por exemplo, os municípios de Petrolina, PE e Juazeiro, BA. Localizados no Vale do São Francisco, tais municípios aparecem no ranking nacional entre os dez municípios com maior valor de produção agrícola no País e tiveram um crescimento da atividade agrícola assumindo a liderança nacional na produção de uva e de manga irrigadas, contribuindo para o avanço da participação da fruticultura na receita gerada pela agricultura do País (IBGE, 2007).

A manutenção da população rural nesses rincões mais periféricos da economia do país depende de ações que venham acompanhadas de um conjunto de inovações técnicas, econômicas e sociais adaptadas às condições locais e que sejam capazes de valorizar os recursos produtivos em suas diversas combinações. Nesse sentido, o desafio que se coloca para o desenvolvimento da região semiárida é a identificação de oportunidades econômicas que possam se traduzir na geração de emprego e renda para os agentes produtivos locais.

Apesar das dificuldades que passa a economia do Semiárido, uma série de novas atividades começa a engendrar a estruturação de novos espaços econômicos. Há uma grande diversidade de situações que pode ser percebida mediante a constatação da coexistência de áreas com lavouras tradicionais ou estagnadas com áreas de modernização intensa envolvendo práticas agrícolas baseadas em modernas tecnologias nas atividades agropecuárias exploradas em regime de sequeiro ou de irrigação. Sem dúvida, a presença da SUDENE, da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), do Banco do Nordeste, entre outras instituições de desenvolvimento, e as contribuições da Embrapa como instituição de pesquisa, como será descrito mais adiante, tem promovido mudanças estruturadoras no Semiárido brasileiro.

A região semiárida, nas últimas décadas, tem sido palco do desenvolvimento de vários polos agroindustriais que se estruturaram, inicialmente, a partir das potencialidades produtivas proporcionadas pelo desenvolvimento da agricultura irrigada em bases técnicas, especialmente as hortaliças e fruteiras, cujos mercados encontram-se em franca expansão no Brasil e no mundo. Trata-se de produtos incluídos nas cadeias do agronegócio com elevado potencial de geração de emprego, renda e divisas. O Nordeste semiárido, em 2001, contava com 451.300 ha de terras dotadas de infraestrutura de irrigação, dos quais 136.000 eram da iniciativa pública (BRASIL, 2005b).

Nestas áreas dotadas de infraestrutura de irrigação, despontam vários polos agroindustriais, como carros-chefe dos setores dinâmicos da economia regional. Os seis principais polos irrigados localizados na região semiárida (Petrolina, PE/Juazeiro, BA, oeste Baiano, Baixo Jaguaribe, CE, Alto Piranhas, PB, Açucossoró, RN e norte de Minas) concentram 197.816 ha irrigados, que correspondem a 27% da área irrigada do Nordeste (BANCO DO NORDESTE, 2000). Uma área irrigada considerável em breve estará entrando em produção, com a entrada em operação de novos projetos de irrigação públicos em fase de implantação, em sua maioria, concebidos para o estabelecimento de parcerias público-privadas na sua exploração. A pesquisa teve papel importante na geração de conhecimentos e tecnologias para a agricultura irrigada, como uso e manejo de água, uso de fertilizantes, introdução, avaliação e recomendação de variedades de frutas e hortaliças, dentre várias outras contribuições.

Vale ressaltar o crescimento do número de experiências organizacionais e produtivas bem sucedidas, seja em condições de sequeiro, seja em regime de pequenas irrigações, desenvolvidas em torno da agricultura familiar, que vêm superando a vulnerabilidade dos agroecossistemas diante das secas e constituindo alternativas econômicas sustentáveis. Diante da perda progressiva da capacidade das atividades agrícolas tradicionais de gerar renda para os grupos sociais que delas dependem, despontam atividades, agrícolas ou não, que revelam novas oportunidades econômicas no meio rural. São atividades de base local, que passam a constituir um elemento importante na busca de alternativas para a crise da economia da região. Várias delas derivam da dinamização de atividades produtivas tradicionais de reconhecida importância econômica e social, como pecuária de leite, ovinocaprinocultura, apicultura, cotonicultura, fruticultura, dentre outras.

No Semiárido brasileiro, a pecuária registrou um crescimento dos seus três principais efetivos (bovino, caprino e ovino) no período de 1996 a 2007. Em 1996, no Nordeste, existiam 6,9 milhões de caprinos e 7,1 milhões de ovinos, representando, respectivamente, 93,0% e 48,2% dos efetivos do País. Em 2007, esses rebanhos alcançavam 8,6 milhões de caprinos e 9,3 milhões de ovinos, representando, respectivamente, 91,3% e 57,2% dos efetivos do País. Destes, 8,1 milhões de caprinos e 8,7 milhões de ovinos eram criados na região

semiárida nordestina, representando, respectivamente, em torno de 85,8% e 54,0% do referidos rebanhos no País e em torno de 94,0% dos efetivos de caprinos e ovinos existentes na Região Nordeste. No período de 1996 a 2007, os rebanhos de caprinos e ovinos registraram um crescimento de 27,0% e 31,0%, respectivamente.

Com relação ao efetivo bovino, no período de 1996 a 2007, o rebanho nordestino passou de 23,9 milhões para 28,6 milhões de animais, com um crescimento da ordem de 19,8%. Entretanto, o efetivo bovino desta região, que representava 15,1% do rebanho nacional em 1996, reduziu a sua participação para 14,3%, em 2007. O efetivo bovino da parte semiárida aumentou em 13,0%, no período de 1996-2007. Entretanto, a sua participação no rebanho nordestino diminuiu de 78,4%, em 1996, para 74,0%, em 2007, demonstrando, portanto, a perda da importância relativa dessa atividade econômica na região e no cenário nacional.

Ressalta-se que várias outras atividades vêm acontecendo como fruto das mudanças na economia do País. Todavia, essas atividades não se restringem unicamente ao segmento da produção (“dentro da porteira”), mas incluem ações de transformação, valorização e promoção para agregação de valor aos produtos ofertados no mercado. Entre essas, merecem destaque os arranjos produtivos em torno da pecuária leiteira com processamento dos produtos lácteos.

Apesar da importância das atividades agropecuárias na composição da estrutura de renda da população rural, deve-se ressaltar a importância de outras atividades econômicas oferecidas pela valorização da natureza e dos recursos locais, como a produção de bens primários de qualidade, artesanato tradicional, atividades culturais e de lazer, entre outras, que resultam da promoção da imagem de um determinado território. Por exemplo, o turismo se instalando na costa brasileira, passou a demandar uma nova lista de produtos como comidas típicas; os artesanatos de palha, barro e outros; os produtos de algodão (bordados); os queijos de coalho; as carnes de sol e de caprinos e tantos outros.

Algumas dessas iniciativas de sucesso, potencializadas pela ação de organizações da sociedade civil, vêm contribuindo para formar uma nova consciência para o

desenvolvimento do Semiárido, substituindo o conceito de “combate às secas” pelo de “convivência com o Semiárido”, há muito tempo preconizado e defendido pela Embrapa Semiárido.

Considerações finais

O Semiárido brasileiro apresenta uma elevada dependência dos recursos naturais e os mais baixos indicadores sociais do País. No tocante às atividades econômicas, ainda predominam os sistemas agrícolas explorados com baixa eficiência de produção, responsáveis por uma crescente degradação dos seus recursos naturais.

Entende-se que é possível encontrar os meios necessários ao progresso técnico da agricultura e promover maior eficiência da unidade de produção agrícola, a partir da organização dos fatores produtivos de que ela dispõe. Nessa perspectiva, não se trata somente de buscar o aumento da produção e da produtividade dos produtos cultivados, mas, principalmente, o sistema de produção que melhor se adapte a determinadas condições ecológicas e socioeconômicas.

A manutenção da população rural nesses rincões mais periféricos da economia do país depende de ações que venham acompanhadas de um conjunto de inovações técnicas, econômicas e sociais adaptadas às condições locais e que sejam capazes de valorizar os recursos naturais em suas diversas combinações.

Com base nessas inovações, é crescente o número de alternativas e experiências organizacionais e produtivas bem-sucedidas, seja em condições de sequeiro, seja em regime de pequenas irrigações, que vêm superando a vulnerabilidade dos agroecossistemas diante das secas e constituindo alternativas econômicas sustentáveis. A Embrapa Semiárido, em parceria com outras instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento, vem desenvolvendo projetos e ações voltados para o uso sustentável dos recursos naturais do Semiárido, sendo alguns desses resultados apresentados nos capítulos que seguem.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-153, 1981.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Sumário do relatório do estado da arte da irrigação: projeto novo modelo de irrigação**. Fortaleza, 2000. 48 p.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 35, 9 jan. 1997. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=327>>. Acesso em: 15 jul. 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga**. Brasília, DF, 2002. 36 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para a redelimitação do Semi-Árido nordestino e do polígono das secas**. Brasília, DF, 2005a. 1 CD-ROM.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretária de Políticas de Desenvolvimento Regional. **Plano estratégico de desenvolvimento sustentável do Semi-Árido-PDSA. (Versão para discussão)** Brasília, DF: SDR: ADENE, 2005b. 134 p. (Documento de Base, 1).
- BROWN, L.; FLAVIN, C.; FRENCH, H. **Estado mundo 2000**. Salvador: UMA, 2000. 288 p.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Programa de água subterrânea pra a Região Nordeste: programa anual de trabalho**. Brasília, DF, 2001. 35 p. Disponível em: <<ftp://ftp.cprm.gov.br/pub/pdf/dehid/prgaguaregne.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2009.
- CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. 60 p. il. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 211). Disponível em: <http://www.cpsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/SDC211.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2009.
- DNOCS. **O papel do DNOCS no Semi-Árido nordestino**. Fortaleza, 1983. 87 p.
- DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas**. 4. ed. Fortaleza: DNOCS, 1973. 223 p. il. (DNOCS. Publicação, 154-Serie I-A).

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Relatório técnico do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido 1979-1990**. Petrolina, 1993. 175 p.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P. de; BARBOSA, M. R. de V.; NETA, A. L. B.; FIGUEIREDO, M. A. Espécies endêmicas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. **Vegetação e flora da Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2002. cap. 2, p. 11-24.

GIULIETTI, A. M.; CONCEIÇÃO, A.; QUEIROZ, L. P. de (Ed.). **Diversidade e caracterização das fenerógamas do Semi-Árido Brasileiro**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2006. 488 p.

GNADLINGER, J.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. P1 + 2: Programa Uma Terra e Duas Águas para um Semi-árido sustentável. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap. 3, p. 63-77.

GOMES, G. M. **Velhas secas em novos sertões: continuidade e mudanças na economia do Semi-árido e dos Cerrados nordestinos**. Brasília, DF: IPEA, 2001. 294 p. il.

GONDIM, J. G. C. **Reflexões sobre as secas**. Recife: DNOCS, 1984. 72 p.

HADDAD, P. R. O Nordeste que não deu certo. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, mar. 2007. Disponível em: <<http://clipping.planejamento.gov.br/Noticias.asp?NOTCod=344661>>. Acesso em: 22 out. 2007.

IBGE. **Censo demográfico 2000: características da população e dos domicílios - resultados do universo**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home,estatistica/populacao/censo2000/default.shtm>>. Acesso em: 19 fev. 2008.

IBGE. **Contagem da população 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em: 19 fev. 2008.

IBGE. **Produção agrícola municipal 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2006/default.shtm>>. Acesso em: 17 outubro 2007.

IICA. **Projeto Áridas**. Brasília, DF, 2002. Disponível em <<http://www.iica.org.br/2001/projaridas/>>. Acesso em: 10 ago. 2002.

IPEA. **Ipeadata: dados macroeconômicos**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?65370046>>. Acesso em: 22 out. 2007.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS: UFV, 1996. p. 95-133.

LEAL, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In:

- FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília, DF: ANEEL, 1999. p. 139-164.
- MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. il. (Biodiversidade, 26).
- MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semiárido**. Fortaleza: SEMACE, 1997. 108 p. il.
- MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. DE; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. FREIRE da. Clima e água de chuva no semi-árido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap. 2, p. 37-59.
- NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Revista Climanalise**, Cachoeira Paulista, v. 2, n. 1, p. 1-10, dez. 2001. Disponível em: <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/artigo_variabilidade_dez01.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2006.
- NORDESTE sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 35, p. 60-68, 1999.
- OLIVEIRA, C. M. S.; VIANNA, P. J. R. **Desenvolvimento regional: 50 anos do BNB**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2005. 340 p.
- PROJETO ÁRIDAS. **Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste: GT II - Recursos hídricos: relatório consolidado**. Brasília, DF: SEPLAN, 1994. 177 p.
- REBOUÇAS, A. da C.; MARINHO, M. E. **Hidrologia das secas: Nordeste do Brasil**. Recife: SUDENE, 1972. 126 p. (SUDENE. Hidrologia, 40).
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3.ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 748 p.
- RODRIGUES, M. T. Herpetofauna da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: UFPE. 2003. cap. 4, p. 181-236.
- ROSA, R. S.; MENEZES, N. A.; BRITSKI, H. A.; COSTA, W. J. E. M.; GROTH, F. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: UFPE. 2003. cap. 32, p. 135-180.
- SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Matéria orgânica do solo no Bioma Caatinga. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 419-441.

SILVA, F. B. R.; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTE, A. C.; SILVA, A. B.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LEITE, A. P. **Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1993. 325 p. il.

SILVA, J. R. C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS, JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E; SILVA, J. R. C. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000. p. 168-213.

SILVA, J. M. C.; SOUZA, M. A.; BIEBER, A. G. D.; CARLOS, C. J. Aves da caatinga: status, uso do habitat e sensibilidade. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. cap. 5, p. 237-273.

SOUZA, S. S.; TOMASELLA, J.; GARCIA, M. G.; AMORIM, M. C.; MENEZES, P. C. P.; PINTO, C. A. M. O Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real na área de atuação da SUDENE - PROCLIMA. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 25, n. 1, p. 15-24, 2001.

SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. **Inventario hidrogeológico básico do Nordeste**: folhas n. 28 - Bahia NO. Recife, 1978. 199 p. il. (SUDENE. Hidrogeologia, 56).

SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. **Plano de Aproveitamento integrado dos recursos hídricos no Nordeste do Brasil – Fase 1**: estudos climatológicos: texto. Recife, 1980, v.2. il.

TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. **Cacti of Eastern Brazil**. Kew: Royal Botanic Gardens, 2004. 498 p.

ZANELLA, F. C. V.; MARTINS, C. F. Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. cap. 2, p. 75-134.

Principais solos do Semiárido tropical brasileiro:

**caracterização, potencialidades,
limitações, fertilidade e manejo**



Capítulo 2

Tony Jarbas Ferreira Cunha

Vanderlise Giongo Petrere

Davi José Silva

Alessandra Monteiro Salviano Mendes

Roseli Freire de Melo

Manoel Batista de Oliveira Neto

Maria Sônia Lopes da Silva

Ivan André Alvarez

Introdução

Os solos localizados em regiões semiáridas e áridas foram, por muito tempo, considerados inviáveis para agricultura e, conseqüentemente, à margem do aproveitamento econômico. Porém, grande parte da população humana depende do que as terras semiáridas e áridas sejam incorporadas ao processo produtivo. No Brasil, a situação não é diferente - país continental cuja região semiárida perfaz uma área ao redor de 982.563 km², possui 20.870.020 de habitantes, distribuídos em 1.133 municípios em nove Unidades Federativas (BRASIL, 2005), que dependem, direta ou indiretamente, deste ambiente. O Semiárido tropical brasileiro apresenta uma variedade de paisagens e de ambientes que deve ser destacada como uma das características mais marcantes da região, o que dificulta generalizações na discussão de vários temas, incluindo os solos. Diante desta complexidade de paisagens, deve-se considerar que o solo, a vegetação e o clima coexistem num equilíbrio dinâmico, que pode ser alterado pela mudança do uso da terra.

O conhecimento atual do solo é um elemento importante para gerenciar o recurso água, expressar o potencial genético das espécies, minimizar a degradação dos recursos naturais e maximizar o potencial do fator clima, atuando como um componente de transformação, de reorganização e de sustentação das atividades econômicas, sociais e culturais no espaço rural. O solo não se resume apenas às suas partículas minerais, mas sim, a um conjunto composto de minerais, matéria orgânica, organismos vivos, água e ar, cujo equilíbrio é essencial para processos vitais e reflete no potencial produtivo e na sustentabilidade agrícola.

É de fundamental importância elaborar uma descrição dos principais solos do Semiárido, incluindo informações morfológicas, químicas e físicas, abordando aspectos de classificação, potencialidades, limitações e fertilidade. Também, é enfatizado o complexo de causas e efeitos da transformação dos padrões de qualidade do solo influenciado pelo manejo. Diante disso, o solo será considerado a base das unidades de paisagens contidas no Semiárido brasileiro, que, além de servir de suporte para as raízes, desempenha funções essenciais para a funcionalidade e sustentabilidade do ambiente, garantindo a produção de alimentos, fibras, matérias primas diversas e serviços ambientais, sem desconsiderar a gestão do recurso água.

Caracterização sinótica da região semiárida brasileira

Existem grandes diferenças nos diversos ambientes áridos do planeta, principalmente quanto às formas de relevo, solo, fauna, flora e balanço hídrico. Em média, estima-se que a superfície mundial semiárida varia entre 10% e 13% das terras do planeta (RAYA, 1996). Considerando-se apenas o regime pluviométrico de até 800 mm de chuvas anuais, pode-se estimar que estas terras estão distribuídas em cinco continentes abrangendo 49 nações.

As condições de semiaridez do Nordeste brasileiro reportam-se aos fins do período Terciário e ao início do Quaternário, quando alterações bruscas, de origem planetária, provocaram mudanças de grande magnitude, gerando vastos aplainamentos, que deram origem às depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste (MELO FILHO; SOUZA, 2006; AB'SABER, 1977).

A região semiárida do Brasil não é homogênea quanto às condições ambientais e de paisagens, totalizando 17 grandes unidades de paisagens, que, por sua vez, são subdivididas em 105 unidades geoambientais (RODAL; SAMPAIO, 2002), de um total de 172 unidades de todo o Nordeste (SILVA et al., 1993), sendo elevado o número de espécies da vegetação de caatinga nessas unidades geoambientais.

Clima

Na região semiárida, as temperaturas médias anuais variam entre 23 °C e 27 °C, com desvio médio mensal menor que 5 °C e variações diárias entre 5 °C e 10 °C. A umidade relativa média é de 50% e o período de insolação atinge valores de 2.800 h.ano. A evapotranspiração potencial - ETP oscila entre 1.500 mm.ano e 2.000 mm.ano (SUDENE, 1985), sendo esta faixa de variação relativamente estável para todo o Semiárido (MENEZES; SAMPAIO, 2000; SALCEDO; SAMPAIO, 2008).

Nas regiões das caatingas, o tipo climático é o BSh de Köppen, ou seja, Semiárido muito quente, com predomínio de precipitações pluviométricas médias anuais entre 400 mm e 650 mm (JACOMINE; CAVALCANTE, 1989), com chuvas irregulares e concentradas em 2 a 3 meses do ano, ocorrendo, por vezes, chuvas intensas (120 mm a 130 mm) num período de 24 horas. O período seco varia de 6 a 8 meses, podendo atingir até 11 meses sem chuvas nas áreas de

aridez mais acentuadas (JACOMINE, 1996). Em algumas áreas, verifica-se a ocorrência dos tipos climáticos Aw e As, segundo Köppen, podendo também ocorrer precipitações mais elevadas, com médias anuais entre 650 mm e 800 mm ou mais.

Geologia

A geologia no ambiente semiárido é bastante variável, porém com predomínio de rochas cristalinas, seguidas de áreas sedimentares. Em menor proporção, encontram-se áreas de cristalino com cobertura pouco espessa de sedimentos arenosos ou arenoargilosos.

Além do clima, a geologia e o material de origem exercem grande papel na formação dos solos do Semiárido, em função da grande diversidade litológica. Segundo Brasil (1974) e Jacomine (1996), destacam-se na região: áreas do cristalino, com predomínio de gnaisses, granitos, migmatitos e xistos e áreas do cristalino recoberto por materiais arenosos ou argilosos; áreas sedimentares com sedimentos aluviais recentes, relacionados ao período Holoceno; sedimentos predominantemente arenosos e calcários relacionados ao período cretáceo ou mais recente; sedimentos arenosos e arenoargilosos e capeamentos de materiais da mesma natureza relacionados ao Terciário; arenitos e mistura destes com sedimentos mais argilosos relacionados ao Devoniano médio e inferior e ao Siluriano.

Em consequência da diversidade de material de origem, de relevo e da intensidade de aridez do clima, verifica-se a ocorrência de diversas classes de solo, os quais se apresentam em grandes extensões de solos jovens e, também, solos evoluídos e profundos (REBOUÇAS, 1999; CUNHA et al., 2008). Quatro ordens de solo (Latosolos - 19%; Neossolos Litólicos - 19%, Argissolos - 15% e Luvisolos - 13%), de um total de 15 tipos de solo, ocupam 66% das áreas sob caatinga, embora estejam espacialmente fracionadas (SALCEDO; SAMPAIO, 2008).

Relevo

Topograficamente, a região semiárida é bastante variável, caracterizando-se por apresentar relevo variando de plano a forte ondulado. A altitude média varia entre 400 m e 500 m, podendo atingir 1.000 m, como, por exemplo, no planalto

da Borborema. Também, podem ser verificadas outras superfícies de menor extensão, como bacias sedimentares (Jatobá-Tucano) com relevo suave ondulado; superfícies cársticas (Irecê, chapada do Apodi, norte de Minas Gerais e sul da Bahia); superfícies dissecadas (Vale do Rio Gurgueia); tabuleiros costeiros com relevo plano ou suave ondulado; baixadas aluviais, maciços, serras, serrotes e inselbergues dispersos na região (JACOMINE, 1996). Cerca de 37% da área é de encostas com 4% a 12% de declive e 20% das encostas apresentam inclinação maior do que 12%, determinando presença marcante de processos erosivos nas áreas antropizadas (SILVA, 2000).

Vegetação

No Semiárido, os fatores climáticos são mais marcantes que outros fatores ecológicos, na definição da cobertura vegetal (CARVALHO, 1988). Por isso, a vegetação da zona semiárida é composta por espécies xerófilas, lenhosas, decíduais, em geral espinhosas, com ocorrências de plantas suculentas e áfilas, de padrão tanto arbóreo quanto arbustivo. A Caatinga é o tipo de vegetação que cobre a maior parte da região semiárida do Brasil, podendo ser hipoxerófica ou hiperxerófica, de acordo com a maior ou menor disponibilidade hídrica (JACOMINE et al. 1971; 1972; 1973a; 1973b; 1975; 1976; 1977a; 1977b; 1986; 1989; CUNHA et al., 2008).

Principais solos do Semiárido

As informações são baseadas, principalmente, nos trabalhos realizados por Jacomine et al. (1971; 1972; 1973a; 1973b; 1975; 1976; 1977a; 1977b; 1986) e Cunha et al. (2008). Segundo Jacomine (1996), na região semiárida, existe uma grande diversidade de litologias e material originário, relevo e regime de umidade do solo e estes fatores dão como resultados a presença de diversas classes de solos, as quais apresentam diferentes feições morfológicas e posições na paisagem. As principais classes de solo que ocorrem no Semiárido brasileiro são discutidas em seguida.

Latossolos

Constituem solos profundos, bem drenados, porosos a muito porosos, friáveis, com horizonte superficial pouco espesso e com baixos teores de matéria

orgânica. Os Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos apresentam textura predominantemente média a argilosa e uniforme ao longo do perfil e possuem baixa capacidade de troca de cátions (CTC). São, predominantemente, ácidos e quimicamente pobres, ocupando grandes extensões nas chapadas e nas áreas de coberturas. Em virtude da grande profundidade efetiva, com boa retenção e disponibilidade de água e relevo plano ou suave em que ocorrem, podem ser considerados de baixo risco de desertificação (EMBRAPA, 2006; RIBEIRO et al., 2009) (Figura 1).

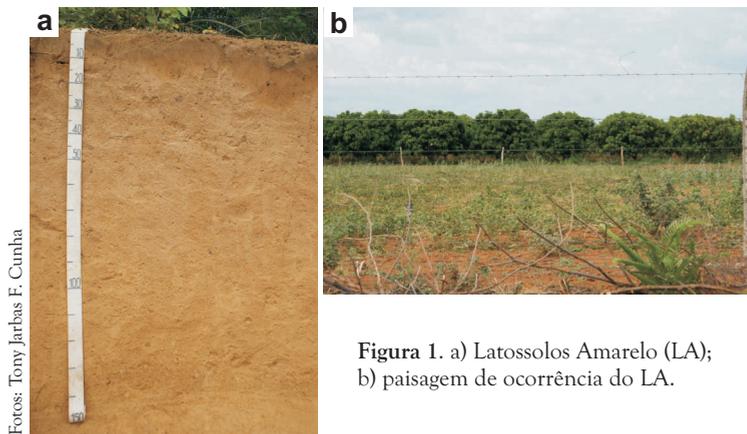


Figura 1. a) Latossolos Amarelo (LA); b) paisagem de ocorrência do LA.

Potencialidades e limitações

Os Latossolos possuem boas condições físicas, as quais, aliadas ao relevo plano ou suave ondulado onde ocorrem, favorecem a sua mecanização e utilização com as mais diversas culturas adaptadas à região. Por serem profundos, porosos ou muito porosos, no caso de solo eutrófico, há condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade (CUNHA et al., 2008).

Sua principal limitação é a baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e a toxicidade por alumínio (Al^{3+}), quando álicos. Nesses casos, praticamente, é impossível obter-se boas produções com baixo nível de manejo. Requerem correção de acidez e fertilização, sempre com base em análises de solos.

Os Latossolos argilosos e muito argilosos possuem melhor aptidão agrícola que os de textura média, tendo em vista que estes são mais pobres e mais suscetíveis à erosão, porém, em contraposição, os argilosos ou muito argilosos podem ser degradados mais facilmente por compactação, quando é feito uso inadequado de equipamentos agrícolas, especialmente quando o teor de areia fina é alto.

Quando ocorrem em relevo plano e suave ondulado, são bastante utilizados com agricultura ou pastagens, principalmente os que não apresentam teores muito elevados de areia. Os de textura média, com grande participação da fração areia, assemelham-se aos Neossolos Quartzarênicos, sendo muito suscetíveis à erosão, além de apresentarem elevada taxa de infiltração de água, requerendo, portanto, ações conservacionistas e adequado manejo da água de irrigação (OLIVEIRA, 2005). Nestes solos de textura média, pode ocorrer, também, deficiência de micronutrientes. Os Latossolos com teor de argila próximo do limite de 15% requerem cuidados especiais quando submetidos ao manejo intensivo, principalmente em sistemas agrícolas irrigados.

Aspectos de fertilidade

Os solos que constituem esta classe apresentam, em grandes extensões, reação variando de moderadamente ácida a fortemente ácida, com pH em água variando de 4,0 a 5,5. São quimicamente pobres, com saturação por bases baixa ($V < 50\%$), sendo, portanto, distróficos e álicos (JACOMINE, 1996). Em alguns casos, o pH diminui com a profundidade e o teor de alumínio trocável se eleva, sendo classificados como endoálicos. Ocorrem também solos eutróficos com saturação por bases alta ($V \geq 50\%$) e com pH em água variando de 5,5, a 6,0 (JACOMINE, 1996).

Em geral, para os Latossolos distróficos, os valores para soma de bases (SB) e saturação por bases (V) são bastante baixos, variando, no horizonte superficial, entre $0,3 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e $3,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e entre $3,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e $12,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ para SB e capacidade de troca de cátion (CTC), respectivamente. Estes valores diminuem no horizonte subsuperficial para $0,3 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a $1,5 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e $2,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a $5,0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, respectivamente. Consequentemente, o valor V situa-se entre 5% e 30%, podendo, raramente, alcançar maiores percentagens na camada superficial de alguns solos (JACOMINE et al., 1973).

Nos Latossolos eutróficos, os valores observados para SB variam entre 1,5 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e 3,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ no horizonte superficial, sendo menores nos horizontes subsuperficiais. Apesar de a SB também ser bastante baixa, nesses solos, o valor V é mais elevado, devido, principalmente, à menor CTC, que varia de 3,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a 5,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ para todo o perfil.

Em geral, os teores de Al trocável encontrados com maior frequência variam entre 0,1 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e 1,5 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e entre 0,5 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e 1,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, respectivamente, para os horizontes superficial e subsuperficial.

O teor de fósforo (P) assimilável também é normalmente baixo, variando entre 1 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ e 4 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$, decrescendo com a profundidade.

Suscetibilidade à erosão

Quanto à suscetibilidade à erosão, em condições naturais ou quando bem manejados, os Latossolos são bastante resistentes, em razão de suas características como permeabilidade, grau de flocculação e porosidade elevadas. Quando submetidos a cultivos intensivos com uso de máquinas pesadas, sofrem compactação interna, geralmente entre 6 cm e 10 cm, formando o conhecido “pé de grade”, que aumenta consideravelmente a suscetibilidade à erosão e diminui a produtividade agrícola. Em condições de uso inadequado e ausência de técnicas adequadas de conservação de solo, desenvolvem-se, facilmente, sucros e pequenas voçorocas.

Áreas de ocorrência

Ocorrem em grandes extensões nas chapadas do sul do Piauí, sertões de Pernambuco e Bahia, ao sul de Irecê-BA e parte norte de Minas Gerais. Ocupam, aproximadamente, 156.727 km^2 , ou 21% da área do Semiárido. São os solos utilizados, preferencialmente, para agricultura irrigada, devido ao relevo suave ondulado ou plano. Também, são bastante utilizados com agricultura de sequeiro (JACOMINE, 1996; CUNHA, 2008).

Argissolos

São solos medianamente profundos a profundos, moderadamente a bem drenados, tendo horizonte B textural com textura média a argilosa, de cores

vermelhas a amarelas, abaixo de um horizonte A ou E, de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica. Apresentam argila de atividade baixa e saturação por bases variável. Desenvolvem-se a partir de diversos materiais de origem, em áreas de relevo plano a montanhoso. A maioria dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila, com ou sem decréscimo, do horizonte B para baixo no perfil. A transição entre os horizontes A e Bt é, usualmente, clara, abrupta ou gradual (EMBRAPA, 2006) (Figura 2).

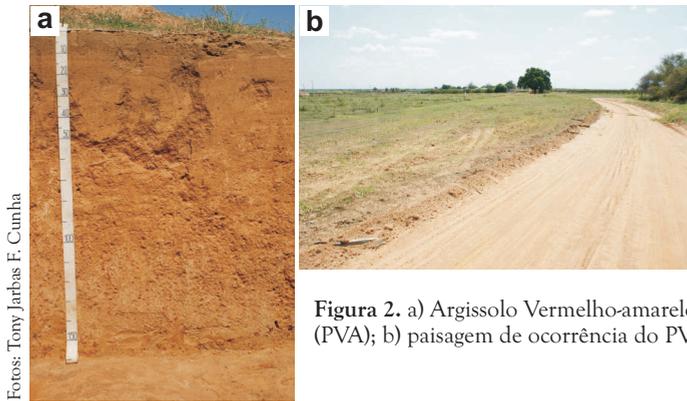


Figura 2. a) Argissolo Vermelho-amarelo (PVA); b) paisagem de ocorrência do PVA.

Principais potencialidades e limitações ao uso agrícola

Quando localizados em áreas de relevo plano e suave ondulado, estes solos podem ser usados para exploração de diversas culturas, desde que sejam feitas correções de acidez e de adubação, principalmente quando se tratar de solos distróficos ou álicos. Em face da grande suscetibilidade à erosão, mesmo em relevo suave ondulado, práticas de conservação de solos são recomendáveis.

A baixa fertilidade natural constitui fator que limita sua utilização para a agricultura, além das limitações decorrentes do relevo, quando é mais acidentado, e da pedregosidade superficial e interna que ocorre em algumas áreas. Os solos eutróficos, desde que não abruptos, usualmente, apresentam como principal restrição as condições de relevo. Se distróficos, haverá baixo potencial nutricional no horizonte B.

Os Argissolos intermediários para Latossolos apresentam aptidão para uso mais intensivo, mesmo apresentando baixa fertilidade natural, vez que são profundos. A exploração com culturas perenes é uma alternativa para esses solos, principalmente os mais profundos.

As alternativas de uso destes solos variam muito, em decorrência da variação das suas características e da ampla distribuição por toda a região semiárida, sob diversas condições de relevo e aridez mais ou menos acentuada. Quando a textura do horizonte A é arenosa, haverá baixo teor de água disponível para as plantas, estando sujeitos à compactação se o horizonte A for especialmente de textura média ou mais argilosa.

Aspectos de fertilidade

Os solos que constituem esta classe apresentam reação ácida, com pH em água variando de 4,0 a 6,0 na camada superficial e de 4,5, a 5,0 nos horizontes B_t e C. Os teores de carbono estão entre 22,6 g.kg⁻¹ e 7,0 g.kg⁻¹ na camada superficial, decrescendo com a profundidade (JACOMINE et al., 1973).

Os valores para soma de bases e saturação por bases são mais altos na parte superficial dos perfis. Os valores observados para SB variaram de 0,5 cmol_c.kg⁻¹ a 4,3 cmol_c.kg⁻¹ na parte superficial do perfil, enquanto no horizonte B_t tem-se os valores de 0,6 cmol_c.kg⁻¹ a 1,8 cmol_c.kg⁻¹; nos solos eutróficos, os valores de SB são de 4,2 cmol_c.kg⁻¹ a 8,9 cmol_c.kg⁻¹ na parte superficial do perfil, enquanto, nas camadas subsuperficiais, tem-se os valores de 2,3 cmol_c.kg⁻¹ a 4,6 cmol_c.kg⁻¹.

Os valores da saturação por bases situam-se entre 14% e 40% no A e 30% a 40% no B_t. Os solos eutróficos apresentam saturação por bases de média a alta, sendo os seus valores mais ou menos uniformes em todo o perfil, com valores mais altos nos horizontes inferiores, com cerca de 50% a 80 %, enquanto, no horizonte A, são da ordem de 40% e 68 %.

A capacidade de troca de cátions decresce de 6,1 cmol_c.kg⁻¹ a 10,0 cmol_c.kg⁻¹ no horizonte superficial, para 3,0 cmol_c.kg⁻¹ a 10,1 cmol_c.kg⁻¹, nos subsuperficiais. Os solos eutróficos apresentam valores de CTC mais altos na superfície, compreendidos entre 8,7 cmol_c.kg⁻¹ e 13,4 cmol_c.kg⁻¹ no horizonte A, decrescendo com a profundidade, de 7,1 cmol_c.kg⁻¹ a 4,5 cmol_c.kg⁻¹.

O fósforo assimilável fica ao redor de 1 mg.kg^{-1} no horizonte A e valores menores que 1 mg.kg^{-1} para os demais horizontes.

Suscetibilidade à erosão

Os aspectos inerentes aos Argissolos contribuem para que o processo erosivo se constitua no fator mais limitante nesta classe de solo, pois o mesmo apresenta gradiente textural geralmente alto, especialmente se ocorrer o caráter abrupto, ou seja, se o teor de argila do horizonte B for muito maior do que o do horizonte A. De maneira geral, pode-se dizer que os Argissolos são solos bastante suscetíveis à erosão, sobretudo quando há maior diferença de textura do horizonte A para o horizonte B (solos que apresentam mudança textural abrupta), presença de cascalhos e relevo mais movimentado, com fortes declividades. Neste caso, não são recomendáveis para agricultura, prestando-se para pastagem e reflorestamento ou preservação da flora e da fauna.

Áreas de ocorrência

Sua maior ocorrência é nos Estados do Ceará, Bahia, Rio Grande do Norte e Paraíba. As áreas onde predominam estes solos perfazem um total de 110.000 km^2 e constituem 14,7% da região (JACOMINE, 1996).

Luvissolos

São solos rasos a pouco profundos, com horizonte B textural de cores vivas e argila de atividade alta, apresentando horizonte A fraco, de cor clara, pouco espesso, maciço ou com estrutura fracamente desenvolvida. São moderadamente ácidos a neutros, com elevada saturação por bases. Apresentam, frequentemente, revestimento pedregoso na superfície (pavimento desértico) ou na massa do solo e, normalmente, possuem uma crosta superficial de 5 mm a 10 mm de espessura, além de altos teores de silte. São altamente suscetíveis aos processos erosivos, em virtude da grande diferença textural entre o horizonte A e o horizonte Bt (EMBRAPA, 2006; RIBEIRO et al., 2009), e da atividade das argilas

Nas áreas cristalinas do sertão nordestino, onde é frequente a presença de pavimento desértico (revestimento pedregoso) na superfície do solo ou dentro do horizonte A, estes solos ocupam grande extensão e estão relacionados,

principalmente, com os biotita-gnaíse e biotita-xisto, em áreas de relevo suave ondulado, em condições de drenagem livre (JACOMINE, 1996). São conhecidos, popularmente, como “vermelhos do sertão” pelos agricultores locais (CUNHA et al., 2008) (Figura 3).

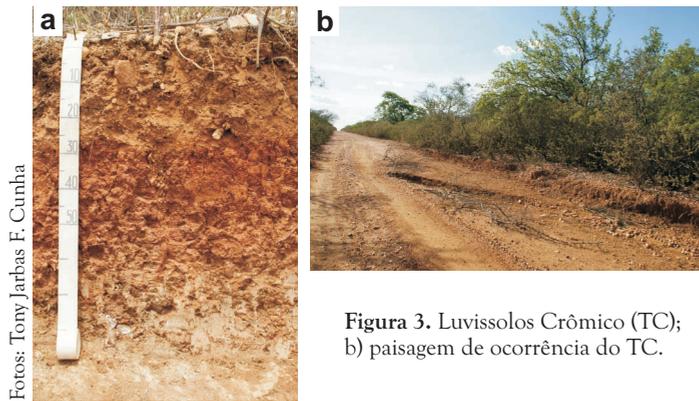


Figura 3. Luvisolos Crômico (TC);
b) paisagem de ocorrência do TC.

Principais potencialidades e limitações ao uso agrícola

Os Luvisolos são de elevado potencial nutricional, decorrente das altas quantidades de nutrientes disponíveis às plantas e de minerais primários facilmente intemperizáveis, e são ricos em bases trocáveis, especialmente o potássio. Ocorrem em relevo suave ondulado, o que facilita o emprego de máquinas agrícolas, podendo também ocorrer em relevo mais movimentado e chegar a forte ondulado.

As áreas onde estes solos ocorrem são bastante deficientes em água, sendo este o principal fator limitante para o uso agrícola destes solos. Outras limitações decorrem da presença frequente de calhaus e até mesmo matacões que se espalham na superfície do solo e na camada superficial; consistência muito dura a extremamente dura, o que dificulta o desenvolvimento do sistema radicular das culturas; alta erodibilidade, mesmo quando situados em relevo suave ondulado como consequência da coesão e consistência do horizonte superficial

e da expressiva mudança textural para o horizonte Bt (OLIVEIRA et al., 1992).

São bastante utilizados com pecuária extensiva, palma forrageira e agricultura de sequeiro (milho e feijão). A irrigação, quando necessária, deve ser utilizada nas áreas dos solos menos rasos e de relevo plano a suave ondulado. Na região do Vale do São Francisco, estes solos têm sido utilizados com as culturas de cebola, manga, pastagens, entre outras (CUNHA et al., 2008).

Aspectos de fertilidade

Estes solos variam de moderadamente ácidos a neutros, com pH em água usualmente entre 6,0 e 7,0, com alta saturação por bases ($V > 75\%$ na maioria dos perfis) e ausência de Al trocável (JACOMINE, 1996). Nos Luvisolos vérticos, os valores predominantes de saturação de bases são da ordem de 100% em todos os horizontes.

Nos Luvisolos planossólicos, o pH, de modo geral, aumenta com a profundidade, variando de 5,8 a 7,0 no horizonte superficial e podendo chegar próximo a 8,0 no horizonte C; os teores de carbono orgânico (CO) variam de 6,0 g.kg⁻¹ a 10,0 g.kg⁻¹ no horizonte superficial, decrescendo com a profundidade para 3,7 g.kg⁻¹ a 9,9 g.kg⁻¹ no horizonte B_t e de 1,0 g.kg⁻¹ a 4,0 g.kg⁻¹ no C. A SB é alta em todos os horizontes, quase sempre crescente com a profundidade no perfil, variando de 8,0 cmol_c.kg⁻¹ a 19,0 cmol_c.kg⁻¹ no horizonte superficial, enquanto nos horizontes subsuperficiais, observam-se valores de 22 cmol_c.kg⁻¹ a 27 cmol_c.kg⁻¹. A CTC varia de 7,6 cmol_c.kg⁻¹ a 20,0 cmol_c.kg⁻¹, no horizonte superficial, e de 16,0 cmol_c.kg⁻¹ a 36,0 cmol_c.kg⁻¹, nos subsuperficiais (JACOMINE et al., 1973).

Já nos Luvisolos vérticos, o pH também varia de 5,9 a 8,0, podendo ser maior no horizonte superficial (A) ou no subsuperficial (C); os teores de carbono orgânico (CO) são normalmente baixos em todos os horizontes e variam de 5,0 g.kg⁻¹ a 10 g.kg⁻¹ no horizonte superficial e de 2,3 a 5,8 nos subsuperficiais. A SB é alta em todos os horizontes, quase sempre crescente com a profundidade no perfil, variando de 5,8 cmol_c.kg⁻¹ a 9,0 cmol_c.kg⁻¹ no horizonte superficial, enquanto, nos horizontes subsuperficiais, encontram-se valores de 18,5 cmol_c.kg⁻¹ a 29,6 cmol_c.kg⁻¹. A CTC varia de 6,6 cmol_c.kg⁻¹ a 10,2 cmol_c.kg⁻¹ no

horizonte superficial e de 22,1 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a 30,8 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ nos horizontes subsuperficiais.

O P assimilável é, normalmente, baixo, com teores da ordem de 4 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ a 10 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ no horizonte superficial e de 7 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ até valores menores que 1 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ nos horizontes subsuperficiais. Todavia, nos Luvisolos de caráter planossólico e vértico, o P assimilável pode chegar a 45 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ no horizonte superficial.

Suscetibilidade à erosão

São solos altamente suscetíveis à erosão, mesmo quando situados em relevo suave ondulado, como consequência da coesão e consistência do horizonte superficial e da expressiva mudança textural para o horizonte Bt (OLIVEIRA et al., 1992). Nas áreas em que estes solos são mal manejados, podem ser observados sulcos profundos e até mesmo voçorocas.

Áreas de ocorrência

Estes solos ocupam grandes extensões nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. As áreas onde são predominantes perfazem um total de 98.938 km^2 e constituem 13,3% da região semiárida (JACOMINE, 1996).

Planossolos

Ocorrem tipicamente em áreas de cotas baixas, planas a suave onduladas. São, geralmente, pouco profundos, com horizonte superficial de cores claras e textura arenosa ou média (leve), seguido de um horizonte B plânico, de textura média, argilosa ou muito argilosa, adensado, pouco permeável, com cores de redução, decorrente de drenagem imperfeita, e responsável pela formação de lençol suspenso temporário. Geralmente, apresentam alta CTC, elevada saturação por bases e sorção de sódio (Na), com percentagem de sódio trocável (PST), comumente entre 8% e 20%, nos horizontes B ou C. Ocorrem, muitas vezes, com componentes secundários em muitas áreas de Luvisolos (EMBRAPA, 2006; CUNHA et al., 2008) (Figura 4).

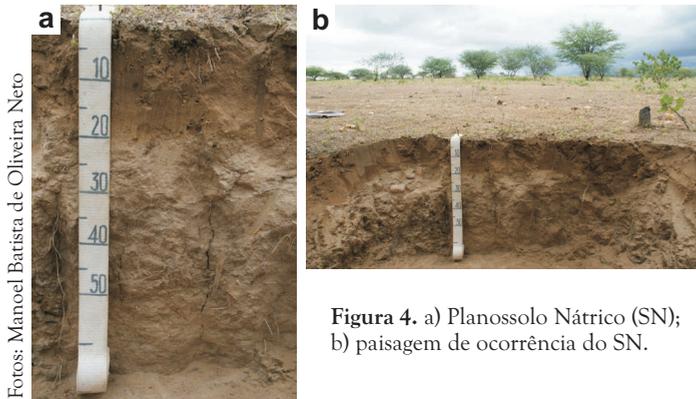


Figura 4. a) Planossolo Nátrico (SN);
b) paisagem de ocorrência do SN.

Principais potencialidades e limitações ao uso agrícola

Estes solos apresentam elevados valores de soma de bases e de saturação por bases e, também, grandes quantidades de minerais primários facilmente intemperizáveis, o que lhes confere grande capacidade de fornecer nutrientes às plantas. Devido ao relevo plano ou suave ondulado, não existe empecilho à motomecanização agrícola, exceto quando as áreas com estes solos encontram-se encharcadas.

As principais limitações ao uso agrícola decorrem da drenagem má ou imperfeita, alta densidade aparente e permeabilidade lenta no horizonte B plânico. Nos Planossolos com característica solódica (saturação por sódio variando de 6% a < 15%), além das limitações decorrentes das propriedades físicas mencionadas, há restrições ao uso em função do teor médio de sódio trocável no horizonte B plânico e/ou C. Deve-se salientar que no Semiárido brasileiro, estes solos estão sujeitos a períodos de encharcamento, alternados com períodos secos, durante os quais os solos tornam-se duros a extremamente duros e, usualmente, fendilham-se no horizonte B.

As suas propriedades físicas são os maiores empecilhos ao uso agrícola. O horizonte B plânico, quando em solo pouco profundo, por ser extremamente duro, muito firme e, muitas vezes, muito plástico e muito pegajoso, dificulta o

preparo do solo. O adensamento pode limitar a drenagem interna da água, criando condições de ambiente redutor durante boa parte do ano, como, também, pode ser limitante ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas, dificultando a sua penetração (JACOMINE, 1996).

Aspectos de fertilidade

Os solos que constituem esta classe apresentam reação desde moderadamente ácida até levemente neutra, com valores de pH em água variando de 5,5 a 7,5, sendo, normalmente, mais elevados com a profundidade (JACOMINE et al., 1973).

Os teores de CO são baixos e apresentam valores de 5,0 g.kg⁻¹ a 8,0 g.kg⁻¹ no horizonte superficial, decrescendo com a profundidade para 1,5 g.kg⁻¹ a 5,5 g.kg.

A SB também é crescente com a profundidade, variando de 2,0 cmol_c.kg⁻¹ a 9,0 cmol_c.kg⁻¹ no horizonte superficial e de 12 cmol_c.kg⁻¹ a 28 cmol_c.kg⁻¹ nos horizontes superficiais.

Normalmente, possuem alta CTC, variando de 4,0 cmol_c.kg⁻¹ a 10,0 cmol_c.kg⁻¹ no horizonte superficial e de 10,0 cmol_c.kg⁻¹ a 30,0 cmol_c.kg⁻¹ nos horizontes subsuperficiais, onde é sempre mais alta. Os valores de V variam de 40% a 100% no horizonte superficial e de 60% a 100% nos horizontes subsuperficiais. Nos Planossolos Nátricos, os valores, geralmente, são maiores que 60% no horizonte superficial e estão acima de 80% nos horizontes subsuperficiais.

A saturação por sódio (100.Na/T) varia de 6% a 10% nos horizontes subsuperficiais e a condutividade elétrica do extrato da pasta de saturação (CEes) varia de 1,0 dS.m⁻¹ a 2,0 dS.m⁻¹ nos horizontes A e B_t e de 1,0 dS.m⁻¹ a 5,0 dS.m⁻¹ no horizonte C. Nos Planossolos Nátricos, a saturação por sódio é baixa no horizonte superficial, porém aumenta nos horizontes subsuperficiais, onde atingem valores elevados, da ordem de 15% a 30%, sendo as maiores percentagens no horizonte C.

O P assimilável varia de baixo a alto, com teores da ordem de 1 mg.kg⁻¹ a 30 mg.kg⁻¹. Nos solos com A moderado, o P assimilável varia 1 mg.kg⁻¹ a 8 mg.kg⁻¹, porém, em alguns perfis, os teores podem chegar a 120 mg.dm⁻³ no horizonte C.

Suscetibilidade à erosão

São solos, do ponto de vista morfológico, muito propensos aos processos erosivos, particularmente aqueles de ação superficial (erosão laminar, por exemplo.). A presença de horizonte B textural de muita baixa permeabilidade e a mudança textural abrupta são os principais condicionantes de sua elevada erodibilidade. Entretanto, há de se ressaltar que a sua ocorrência em locais planos e abaciados, com tendência à acumulação de água e sedimentos, de certa forma ameniza o problema.

Áreas de ocorrência

Ocupam grandes extensões na região, sobretudo na zona do Agreste de Pernambuco e áreas de clima similar ao dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Bahia, Sergipe e Paraíba. As áreas onde predominam estes solos perfazem um total de 78.500 km² e constituem 10,5% da região semiárida (JACOMINE, 1996).

Neossolos

São solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, com pequena expressão dos processos pedogenéticos, em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram, ainda, as modificações expressivas do material originário, de características do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos (EMBRAPA, 2006).

A classe dos Neossolos é subdividida em: Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Regolíticos.

Neossolos Flúvicos

Os Neossolos Flúvicos são solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre um horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si. São pouco evoluídos, desenvolvidos de camadas de sedimentos aluviais recentes. Em geral as camadas apresentam espessura e granulometria bastante diversificadas, tanto no sentido vertical quanto no horizontal dos perfis de solo, decorrente da heterogeneidade

de deposição do material originário. Todavia, existe situação pouco nítida, sobretudo quando as camadas são muito espessas. Compreendem os solos anteriormente classificados como Solos Aluviais, (EMBRAPA, 2006) (Figura 5).

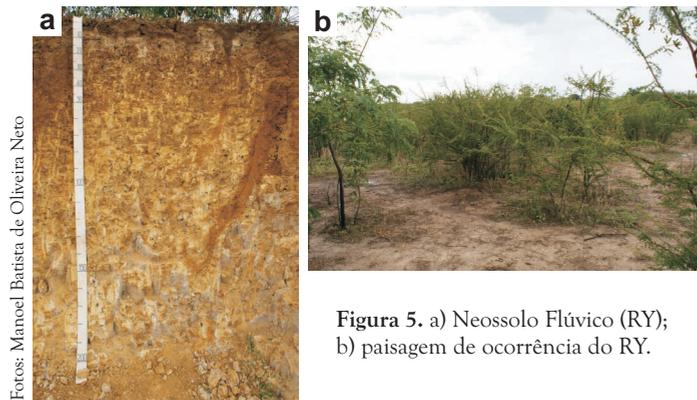


Figura 5. a) Neossolo Flúvico (RY);
b) paisagem de ocorrência do RY.

São solos que ocorrem nas várzeas, planícies aluviais e terraços aluvionares relacionados ao Holoceno. A drenagem destes solos varia de excessivamente drenados, nos mais arenosos, a imperfeitamente drenados nos mais argilosos (CUNHA et al., 2008).

Principais potencialidades e limitações ao uso agrícola

Os Neossolos Flúvicos são considerados de grande potencialidade agrícola, mesmo aqueles com baixa saturação por bases, em função da posição que ocupam na paisagem, ou seja, áreas de várzea, pouco ou não sujeitas à erosão, onde a motomecanização agrícola pode ser praticada intensivamente. Os solos que apresentam muito silte na composição textural requerem atenção especial quanto a problemas de compactação.

Devido à sua origem, são muito heterogêneos quanto à textura e outras propriedades físicas e químicas, que influenciam grandemente no seu uso agrícola. Os solos de textura média, eutróficos, são mais produtivos e mais

utilizados com agricultura. Já os de textura mais argilosa, com alguma restrição de drenagem, possuem limitação ao uso agrícola e são mais aproveitados com culturas de subsistência, pastagens e cana-de-açúcar por pequenos agricultores ribeirinhos. A principal limitação destes solos é devida ao risco de inundação a que podem ser submetidos, podendo ocorrer problemas de salinização e sodicidade.

Aspectos de fertilidade

Há grandes variações nas suas características químicas, ocorrendo solos desde moderadamente ácidos até alcalinos (valores de pH em água variando de 5,0 a 7,7), com V predominantemente alta (eutróficos), ocorrendo também baixa (distróficos) (JACOMINE et al., 1973; JACOMINE, 1996).

Os teores de CO diminuem com a profundidade, de 5 a 15 g.kg⁻¹, no horizonte superficial, para 1 a 2 g.kg⁻¹, nas camadas subjacentes; nos eutróficos, os teores de CO oscilam de 15 a 17 g.kg⁻¹, no horizonte superficial, diminuindo para 2,5 g.kg⁻¹ a 6,0 g.kg⁻¹ nas camadas subjacentes.

A SB oscila, geralmente, de 0,8 cmol_c.kg⁻¹ a 2,1 cmol_c.kg⁻¹ (nos eutróficos, de 18 cmol_c.kg⁻¹ a 26 cmol_c.kg⁻¹) no horizonte A, reduzindo-se à metade nos horizontes subjacentes, de 0,5 cmol_c.kg⁻¹ a 1,3 cmol_c.kg⁻¹. A CTC apresenta valores de 4,5 cmol_c.kg⁻¹ a 6,0 cmol_c.kg⁻¹ e de 3,1 cmol_c.kg⁻¹ a 5,7 cmol_c.kg⁻¹, respectivamente, nos horizontes A e subsuperficiais, o que implica num valor de V entre 10 % e 45%. Nos solos eutróficos, a CTC pode ser aumentada em até 3 cmol_c.kg⁻¹ em relação a SB. Neste caso, V pode atingir desde 50% até 100%.

O P assimilável é normalmente baixo, com teores obtidos pelo extrator Bray 1, da ordem de 0,3 mg.kg⁻¹ a 3,1 mg.kg⁻¹, estando os maiores valores na parte superficial.

Suscetibilidade à erosão

São solos de alta vulnerabilidade à erosão laminar, por quase sempre apresentarem camadas de diferentes permeabilidades. Quanto à erosão em profundidade, são muito suscetíveis, por terem camadas descontínuas e distintas entre si. Este aspecto é atenuado porque os solos situam-se em áreas de

várzeas e terraços. O maior problema destes solos é a erosão por desbarrancamento às margens dos rios, principalmente quando é retirada a vegetação ciliar.

Áreas de ocorrência

Estes solos ocorrem em toda a região das caatingas ao longo de cursos d'água, destacando-se as áreas ribeirinhas dos rios São Francisco, Jaguaribe, Gurgueia, Canindé, Piauí, Acaraú e Açu. As áreas de dominância destes solos perfazem um total de 15.937 km² e constituem 2,0% da região semiárida (JACOMINE, 1996).

Neossolos Litólicos

Ocorrem em toda a região semiárida, principalmente nas áreas mais acidentadas, onde são encontrados afloramentos rochosos. São muito pouco desenvolvidos, rasos, não hidromórficos, apresentando horizonte A diretamente sobre a rocha ou horizonte C de pequena espessura. São, normalmente, pedregosos e/ou rochosos, moderadamente a excessivamente drenados, com horizonte A pouco espesso, cascalhento, de textura predominantemente média, podendo, também, ocorrer solos de textura arenosa, siltosa ou argilosa. Podem ser distróficos ou eutróficos, ocorrendo, geralmente, em áreas de relevo suave ondulado a montanhoso (EMBRAPA, 2006; RIBEIRO et al., 2009). Correspondem à classe de solos anteriormente denominada de Solos Litólicos (Figura 6).

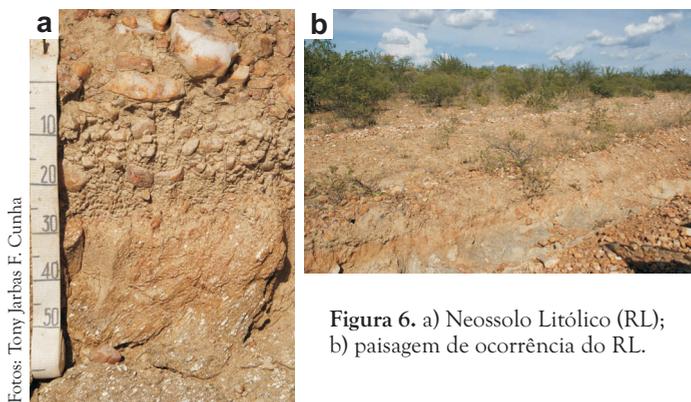


Figura 6. a) Neossolo Litólico (RL);
b) paisagem de ocorrência do RL.

Principais potencialidades e limitações ao uso agrícola

Apresentam poucas alternativas de uso por se tratar de solos rasos ou muito rasos e, usualmente, rochosos e pedregosos. Situam-se em áreas acidentadas de serras e encostas íngremes, normalmente com problemas de erosão laminar e em sulcos, severa ou muito severa.

A pequena espessura do solo, com frequente ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil, grande suscetibilidade à erosão, mormente nas áreas de relevo acidentado, onde estes solos ocorrem com maior frequência, são as limitações mais comuns para este tipo de solo. Nos solos distróficos e álicos, há o problema da baixa fertilidade natural.

Aspectos de fertilidade

Possuem o valor de V variando desde alto até baixo, podendo ser, portanto, eutróficos ou distróficos, englobando solos álicos (JACOMINE, 1996). Quando eutróficos, apresentam pH em água, normalmente, entre 5,0 e 6,5, SB e V de média a alta. No Estado de Pernambuco, encontram-se solos dessa classe, classificados como eutróficos, com pH em água igual a 7,0, ausência de Al trocável, valor de SB variando de médio a alto (entre 4,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e 8,5 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$), CTC de 5,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a 13,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e V de 60% a 90%, teor de CO no horizonte superficial variando de 5,0 a 20,0 $\text{g}.\text{kg}^{-1}$. Os teores de P assimilável variam de baixo a alto, com valores de 3 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ a 30 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ (JACOMINE et al., 1973).

Quando distróficos, possuem pH em água variando de 4,5 a 5,2 e V baixa (JACOMINE et al., 1973). Em Neossolos Litólicos distróficos encontrados em Pernambuco, o teor de CO no horizonte superficial atinge 11,0 $\text{g}.\text{kg}^{-1}$. Os valores para SB são baixos, da ordem de 1,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, a CTC 6,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ devido aos teores de Al + H trocáveis, respectivamente, com 1,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e 4,0 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$. O valor V, portanto, é baixo, da ordem de 10% a 20%. Os teores de P assimilável são muito baixos, constatando-se cerca de 2 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$.

Suscetibilidade à erosão

A suscetibilidade à erosão é muito alta em qualquer dos casos, determinada, basicamente, pela ocorrência do substrato rochoso a pequena profundidade, principalmente quando é removida a vegetação original.

Áreas de ocorrência

Distribuem-se por toda a zona semiárida, usualmente em áreas mais acidentadas, em maiores extensões contendo afloramentos de rocha. As áreas onde predominam estes solos perfazem um total de 143.374 km² e constituem 19,2% da região semiárida (JACOMINE, 1996).

Neossolos Quartzarênicos

São solos profundos, de textura arenosa, quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo) e excessivamente drenados, apresentando cores claras e baixa fertilidade natural. Normalmente, ocorrem em relevo plano e são desenvolvidos de materiais de origens sedimentares. Segundo Ribeiro et al (2009), apesar da baixa fertilidade natural e da baixa retenção e disponibilidade de água, as altas taxas de infiltração e o relevo suave onde ocorrem, tornam estes solos pouco suscetíveis à erosão (Figura 7).

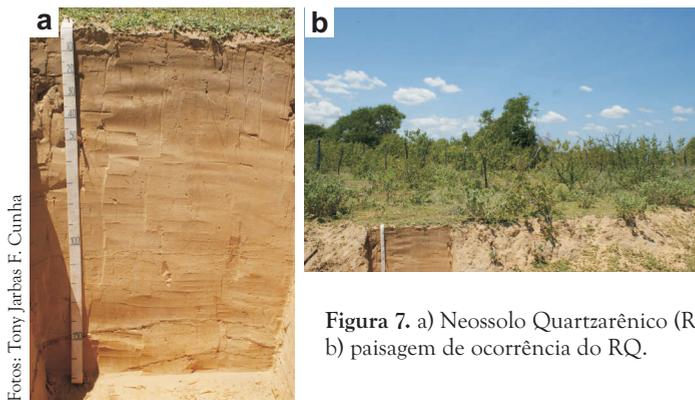


Figura 7. a) Neossolo Quartzarênico (RQ);
b) paisagem de ocorrência do RQ.

Em consequência da textura grosseira, são muito porosos e com elevada permeabilidade. Tal atributo, juntamente com a baixa capacidade adsortiva, caracteriza-os como material pouco adequado para receber efluentes que contenham produtos prejudiciais às plantas, aos animais e ao homem, e para

aterros sanitários, lagoas de decantação e outros usos correlatos, por causa da facilidade de contaminação dos aquíferos. Durante o período seco, podem apresentar limitações quanto à trafegabilidade. São usados como fonte de areia para construção civil.

Nos Neossolos Quartzarênicos típicos e nos Neossolos Quartzarênicos latossólicos, a disponibilidade de água e drenagem melhora um pouco. Nos solos hidromórficos, o problema é amenizado, mas quando localizados em várzeas encharcadas, necessitam de drenagem.

Os Neossolos Quartzarênicos não hidromórficos podem ser usados para culturas e reflorestamento com espécies pouco exigentes em nutrientes. Entretanto, no Submédio do Vale do São Francisco, estes solos vêm sendo utilizados em cultivos de videira e mangueira, sendo o seu sucesso relacionado à irrigação localizada e à fertirrigação.

Principais potencialidades e limitações ao uso agrícola

Os Neossolos Quartzarênicos são considerados solos de baixa aptidão agrícola (VIEIRA, 1987). O uso de culturas anuais pode levá-los rapidamente à degradação (SILVA et al., 1993). Práticas de manejo que mantenham ou aumentem os teores de matéria orgânica podem reduzir esses problemas. Quando cultivados com culturas perenes, requerem manejo adequado e cuidados intensivos no controle da erosão, da adubação (principalmente N, P e K) e da irrigação, principalmente no que diz respeito ao uso racional da água. Caso contrário, ocorrerá queda significativa na produtividade das culturas.

Os Neossolos Quartzarênicos que ocorrem junto aos mananciais devem ser destinados à preservação dos recursos hídricos, da fauna e da flora, pois quando ocupam as cabeceiras de drenagem, em geral, dão origem a grandes voçorocas (CORREIA et al., 2004).

Aspectos de fertilidade

São solos ácidos ou muito ácidos, pH em água, normalmente, variando de 4,5 a 5,5 e são de baixa fertilidade natural. São pobres, praticamente sem reserva de minerais primários, pouco resistentes ao intemperismo que possam constituir fonte de nutrientes para os vegetais (JACOMINE et al., 1973; JACOMINE, 1996).

O teor de CO é baixo, situado entre $2,5 \text{ g.kg}^{-1}$ e $4,0 \text{ g.kg}^{-1}$, diminuindo com a profundidade, a até $0,7 \text{ g.kg}^{-1}$ a $2,4 \text{ g.kg}^{-1}$ no horizonte C; A SB é baixa, com valores de $0,5 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a $2,1 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ no horizonte superficial e $0,3 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a $0,8 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ no horizonte C. A CTC varia de $0,8 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a $3,9 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ em todo o perfil e a saturação por base varia de 48% a 61% no horizonte superficial, decrescendo nos horizontes subjacentes para valores de 20% a 39%. O teor de Al trocável varia de $0,2 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a $0,6 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$.

Suscetibilidade à erosão

São bastante suscetíveis à erosão, em razão de sua constituição arenosa, com grãos soltos, que possibilitam o fácil desbarrancamento. A erosão superficial também pode ocorrer devido à presença de compactação superficial.

Áreas de ocorrência

Ocupam maiores extensões nos estados do Piauí, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará. As áreas onde predominam estes solos perfazem um total de 69.625 km^2 e constituem 9,3% da região semiárida (JACOMINE, 1996).

Neossolos Regolíticos

Solos pouco desenvolvidos, não hidromórficos, pouco profundos a profundos, tendo sequência de horizontes A e C, com teores médios a altos em minerais primários menos resistentes ao intemperismo. Podem ser arenosos ou não, de cores acinzentadas e claras; excessivamente drenados, com ou sem horizonte pan. Possuem saturação por bases baixa a alta, podendo ser distróficos ou eutróficos, com pH em água entre 5,0 e 6,0 (EMBRAPA, 2006). Podem ocorrer solos álicos como os constatados na zona do agreste de Pernambuco (JACOMINE, 1996) (Figura 8).

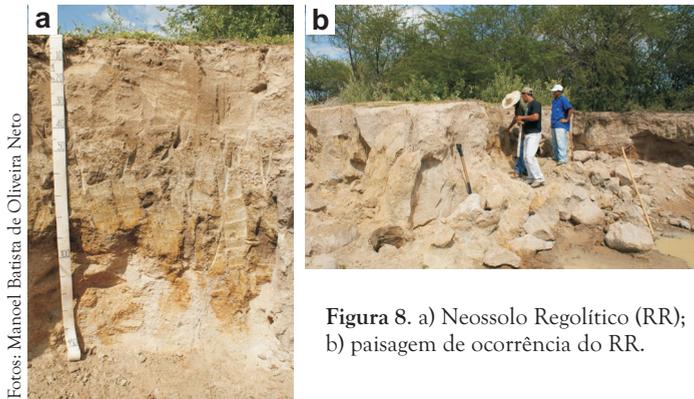


Figura 8. a) Neossolo Regolítico (RR);
b) paisagem de ocorrência do RR.

Principais potencialidades e limitações ao uso agrícola

Mesmo sendo arenosos, estes solos têm sido utilizados com agricultura, por apresentarem boa reserva de minerais primários menos resistentes ao intemperismo, principalmente feldspatos. Devido à textura arenosa, têm baixos conteúdos de matéria orgânica e de nitrogênio, que decrescem com o uso. Segundo Jacomine (1996), as fortes ou muito fortes limitações pela falta de água são atenuadas nestes solos, devido à maior profundidade da maioria dos perfis, principalmente nos que apresentam horizonte pan (horizonte endurecido), onde a umidade permanece por mais tempo. O uso destes solos requer a aplicação de práticas conservacionistas com vistas ao controle da erosão e o uso de adubação organomineral.

Aspectos de fertilidade

São solos moderadamente ácidos, com pH em água entre 5,0 e 6,5 no horizonte superficial, passando a fortemente ácidos (pH 4,3 a 5,3) no horizonte C (JACOMINE et al., 1973). A SB está entre 0,2 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e 0,8 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ nos distróficos e 0,7 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ e 2,2 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ nos eutróficos. Já a CTC varia de 1,3 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a 5,7 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ nos distróficos e de 1,5 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a 3,5 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ nos eutróficos. São solos com V baixo a alto, sendo, portanto, distróficos ou eutróficos, apresentando valores baixos nos distróficos (12% a 25%) e médios nos eutróficos, da ordem de 60% a 70% no horizonte superficial e de 30% a

65% no horizonte subsuperficial (C). São muito pobres em CO, com teores de $3,5 \text{ g.kg}^{-1}$ a $6,5 \text{ g.kg}^{-1}$ no horizonte superficial, diminuindo para $0,8 \text{ g.kg}^{-1}$ a $2,0 \text{ g.kg}^{-1}$ no horizonte C. O Al trocável pode estar presente ou não, variando de $0 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a $0,7 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$, enquanto o hidrogênio trocável participa com $0,4 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ a $1,7 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$. O P assimilável é normalmente baixo, com teores da ordem de 1 mg.kg^{-1} a 4 mg.kg^{-1} , estando os maiores valores no horizonte superficial.

Suscetibilidade à erosão

São solos relativamente suscetíveis aos processos erosivos, particularmente os pouco profundos, mesmo em relevo pouco movimentado.

Áreas de ocorrência

Estes solos ocorrem em todos os estados do Nordeste sob vegetação de Caatinga, porém as maiores extensões são observadas nos estados da Bahia, Alagoas e Pernambuco. As áreas onde predominam estes solos perfazem um total de 32.750 km^2 e constituem 4,4,% da região (JACOMINE, 1996).

Cambissolos

São solos constituídos por material mineral, com horizonte Bi. Por causa da heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro (Figura 9).

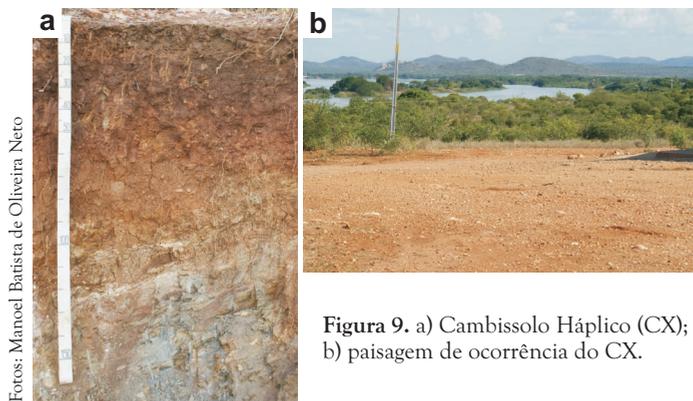


Figura 9. a) Cambissolo Háplico (CX);
b) paisagem de ocorrência do CX.

Fotos: Manoel Batista de Oliveira Neto

São solos que variam de fortemente até imperfeitamente drenados, rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal. O horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco-arenosa ou mais argilosa e o *solum*, geralmente, apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do horizonte A para o Bi. A estrutura do horizonte Bi pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos, também, de solos com ausência de agregados, com grãos simples ou maciços.

Os Cambissolos Hápicos ocorrem em relevos diversos e são oriundos dos mais diversificados tipos de materiais de origem. Os Cambissolos Flúvicos ocorrem em relevo plano e são oriundos da alteração de sedimentos aluvionares do quaternário. Em muitos casos, apresentam elevados teores de saturação por sódio, levando à ocorrência de solos sódicos.

Principais potencialidades e limitações ao uso agrícola

Os Cambissolos apresentam espessura, no mínimo, mediana (50 cm a 100 cm de profundidade) e sem restrição de drenagem, em relevo pouco movimentado, eutróficos ou distróficos, com bom potencial agrícola. Quando situados em planícies aluviais, estão sujeitos a inundações, que, se frequentes e de média a longa duração, são fatores limitantes ao pleno uso agrícola desses solos.

Nos cambissolos saprolíticos, o saprolito ocorre à profundidade inferior a 100 cm. Por se tratar de rocha parcialmente alterada, é comum a ocorrência de significativos teores de minerais facilmente intemperizáveis, os quais disponibilizam nutrientes para as plantas, principalmente o K^+ . O saprolito, apesar de ocorrer relativamente a pouca profundidade, em geral, não chega a constituir impedimento ao enraizamento das plantas, devido à sua consistência relativamente branda.

Os Cambissolos líticos ou lépticos apresentam contato lítico, respectivamente, dentro de 50 cm e entre 50 cm e 100 cm de profundidade. Isso indica presença de material subjacente, com consistência de tal ordem que impede o aprofundamento do sistema radicular das culturas, especialmente o sistema radicular pivotante e profundo, como a mangueira.

Aspectos de fertilidade

São solos que variam de moderadamente ácidos a neutros, pH em água variando de 5,0 a 7,5. Nos solos que apresentam carbonatos, o pH pode chegar até a 8,5 (JACOMINE et al., 1973). Os derivados de calcário são de alta fertilidade natural (JACOMINE, 1996). Os teores de CO são da ordem de 4,4 g.kg⁻¹ a 12,3 g.kg⁻¹ no horizonte superficial, decrescendo nos horizontes subjacentes, chegando a 1,1 g.kg⁻¹ a 3,8 g.kg⁻¹ no horizonte subsuperficial.

A SB apresenta valores variando de 5,3 cmol_c.kg⁻¹ a 7,6 cmol_c.kg⁻¹ no horizonte superficial e de 2,4 cmol_c.kg⁻¹ a 4,7 cmol_c.kg⁻¹ no subsuperficial. A CTC apresenta valores mais altos na superfície, compreendidos entre 7,0 cmol_c.kg⁻¹ e 11,3 cmol_c.kg⁻¹ no horizonte superficial, decrescendo com a profundidade, de 4,6 cmol_c.kg⁻¹ a 5,7 cmol_c.kg⁻¹ no horizonte subsuperficial. Saturação por bases com valores mais ou menos uniformes em todo o perfil, sendo os mais altos nos horizontes inferiores, com cerca de 55% a 85%. O P assimilável é muito baixo, com teores da ordem de 2 mg.kg⁻¹.

Suscetibilidade à erosão

No que diz respeito à suscetibilidade à erosão, estes solos possuem erodibilidade bastante variável em razão da diversidade de textura, profundidade, permeabilidade, etc. Sulcos e ravinas são muito comuns nestes solos, daí a necessidade de implantação de práticas conservacionistas. Os solos mais rasos apresentam maior suscetibilidade à erosão do que os de maior profundidade. Quando situados próximos aos rios, como no caso dos Cambissolos Flúvicos, em função da retirada da vegetação original, estes solos podem estar sujeitos a processos erosivos superficiais (erosão laminar).

Áreas de ocorrência

Ocorrem na Bahia, sobretudo na região de Irecê e municípios vizinhos e no extremo sul, nos municípios de Malhada e Palmas de Monte Alto, além de outras distribuídas pelo estado. Outra grande extensão destes solos está localizada na chapada do Apodi, compreendendo partes do Ceará e do Rio Grande do Norte. Nos demais estados do Nordeste, ocorrem esparsamente. As áreas onde predominam estes solos perfazem um total de 27.500 km² e constituem 3,6% da região semiárida (JACOMINE, 1996).

Vertissolos

São solos minerais com séria restrição temporária à percolação de água, com 30% ou mais de argila ao longo do perfil, que apresentam pronunciada mudança de volume, de acordo com a variação do teor de umidade. Têm como características morfológicas a presença de fendas de retração largas e profundas, que se abrem desde o topo do perfil, nos períodos secos, superfícies de fricção (slickensides) em seções mais internas do perfil portadoras de unidades estruturais grandes e inclinadas em relação ao prumo do perfil (OLIVEIRA et al., 1992) (Figura 10).

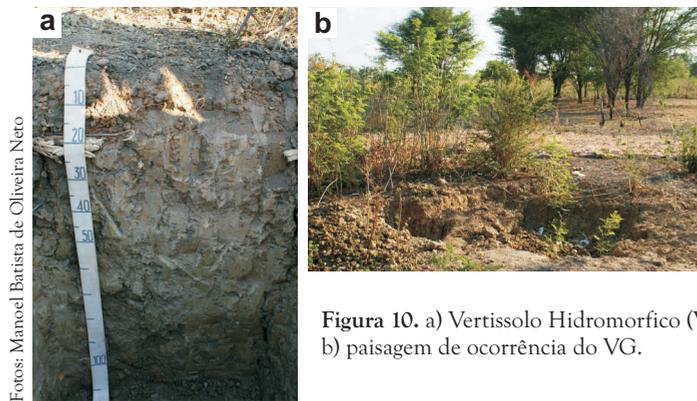


Figura 10. a) Vertissolo Hidromorfo (VG);
b) paisagem de ocorrência do VG.

São solos rasos a profundos, moderada a imperfeitamente drenados, de permeabilidade lenta ou muito lenta, baixa condutividade hidráulica e horizonte superficial pouco desenvolvido, com baixos teores de matéria orgânica.

Principais potencialidades e limitações ao uso agrícola

Os Vertissolos, devido aos elevados valores de soma de bases e de capacidade de troca de cátions, associados à presença frequente de grandes quantidades de minerais facilmente intemperizáveis, apresentam elevado potencial nutricional para as plantas. Em grandes áreas, durante o período em que ocorrem boas condições de umidade, o preparo do solo é dificultado por causa da textura muito argilosa. Por outro lado, a elevada pegajosidade, quando molhados, e a

alta dureza, quando secos, demandam um esforço de tração grande, limitando a utilização desses solos na exploração agrícola.

Os Vertissolos são pouco permeáveis, o que restringe a sua drenagem. A infiltração, apesar de lenta, é geralmente melhor nos solos com estrutura superficial granular, que pode ser mantida e mesmo melhorada por meio de rotação de culturas, emprego de resíduos das colheitas e uso com pastagem (OLIVEIRA et al., 1992).

Nas áreas onde a precipitação pluviométrica não é muito baixa (600 mm a 700 mm), como no Agreste, são cultivadas culturas de sequeiro, como milho, sorgo, feijão, sisal e pastagens. Nas áreas mais secas, como no Sertão (precipitações em torno de 400 mm a 550 mm), somente culturas bastante resistentes à seca, como: palma forrageira, algodão arbóreo e sorgo são cultivados nestes solos, porque a disponibilidade de água se restringe a um curto período (JACOMINE, 1996). Entretanto, na região de Juazeiro, BA, estes solos são bastante cultivados sob irrigação, com as culturas da cana-de-açúcar, manga, banana, goiaba, acerola etc.

Aspectos de fertilidade

Os solos que constituem esta classe apresentam reação de moderadamente ácida a moderadamente alcalina, com pH em água variando de 5,8 a 8,5 (principalmente entre 6,0 e 8,0), podendo chegar a 9,0 na camada subsuperficial de alguns deles (JACOMINE, 1996; JACOMINE et al., 1973). Os teores de CO encontram-se entre 3 g.kg⁻¹ e 15 g.kg⁻¹ no horizonte superficial, diminuindo com a profundidade, variando de 1 g.kg⁻¹ a 6 g.kg⁻¹, no horizonte subsuperficial (C).

Os valores observados para SB são muito altos, quase sempre com um pequeno aumento com a profundidade, normalmente de 20 cmol.kg⁻¹ a 50 cmol.kg⁻¹, com predominância de cálcio. A CTC pode apresentar valores iguais aos da SB ou ser maior em cerca de 3 cmol.kg⁻¹. Disto, resulta, com maior frequência, V de 100 %, ou um pouco menor. O P assimilável apresenta valores de baixos a altos, com teores da ordem de 1 mg.kg⁻¹ a 10 mg.kg⁻¹ no horizonte superficial e de 1 mg.kg⁻¹ a 30 mg.kg⁻¹ no horizonte subsuperficial.

Suscetibilidade à erosão

Em decorrência de suas características, os Vertissolos são muito suscetíveis à erosão e requerem manejo cuidadoso, com práticas de conservação dos solos. É importante se ter em mente que, se utilizados intensivamente, surgirão problemas de erosão laminar.

Áreas de ocorrência

Estes solos ocorrem em áreas planas, suavemente onduladas, depressões e locais de antigas lagoas. No Semiárido brasileiro, destacam-se as áreas de Juazeiro e Baixio de Irecê, na Bahia, Souza, na Paraíba, e outras distribuídas esparsamente por vários Estados. As áreas onde predominam estes solos perfazem um total de 10.187 km² e constituem 1,3% da região semiárida (JACOMINE, 1996).

Outros solos de ocorrência no Semiárido brasileiro

Outros solos, como os Chernossolos e Plintossolos, também ocorrem na região semiárida, porém em menores proporções. Os Chernossolos apresentam como características boa drenagem e profundidade média a rasa e têm pouca ocorrência em termos de extensão, ocupando apenas as partes centrais do Ceará, Piauí e Bahia, aproximadamente 1.312 km², que constituem 0,2% da área total. As alternativas de uso são limitadas, não só pela falta de água, como, também, pelo relevo na maior parte da área onde ocorrem.

Os Plintossolos são formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário do excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentarem expressiva plintitização com ou sem petroplintita ou horizonte litoplíntico. Estão, usualmente, relacionados a terrenos de várzea, áreas com relevo plano ou suave ondulado, e também nos terços inferiores de vertentes, OLIVEIRA (2005) e em áreas com cobertura sedimentar.

Em pequena expressão, em algumas várzeas úmidas, podem ocorrer os Gleissolos, que apresentam excesso de água durante grande parte do ano. A condição de drenagem interna má a muito má é, portanto, geral para todos os solos desta classe. A grande maioria apresenta lençol freático elevado durante grande parte do ano, conferindo grandes restrições ao uso agrícola.

Considerações sobre o manejo dos solos no Semiárido

O manejo dos solos do Semiárido deve levar em consideração a combinação das condições climáticas, geomorfológicas, pedológicas, de uso e cobertura vegetal. Estes fatores interferem na produção agrícola e nos sistemas de manejo das culturas de forma sustentável. Desta maneira, deve-se considerar que:

a) Os solos que ocorrem em ambientes de baixa fragilidade ambiental e são propícios à motomecanização agrícola (Latosolos, Argissolos, por exemplo), englobando solos situados em posição mais elevada na paisagem, em relevo plano ou suave ondulado (0% a 8% de declive), são recomendados para uso com agricultura intensiva. Estes solos apresentam apenas ligeiras limitações para utilização agrícola, exclusivamente pela moderada fertilidade natural e consequente reserva limitada de nutrientes para as plantas. Todavia, em face da baixa fragilidade ambiental e aos sistemas de produção normalmente adotados para a produção intensiva, a limitação de fertilidade é facilmente corrigível. Vale ressaltar que, como na maioria dos solos brasileiros, os teores de fósforo assimilável são baixos, o que requer maiores cuidados na adubação, para que seja possível atingir produtividades satisfatórias.

b) Solos que apresentam moderadas limitações à motomecanização e que ocorrem nas partes altas da paisagem do Semiárido, em relevo ondulado (8% a 20% de declive), com moderada fragilidade ambiental e restrição no máximo moderada de fertilidade, são recomendados para utilização com agricultura semi-intensiva. Estes solos, quando ocorrem em baixadas, apresentam moderada restrição de drenagem. São áreas que apresentam limitações mais acentuadas para agricultura tecnificada. A principal limitação destes solos é a sua moderada fragilidade ambiental, condicionada, basicamente, pelo maior comprimento de rampa, que torna estes solos moderadamente suscetíveis à erosão. Embora apresentem nível de fertilidade natural moderado, os teores de fósforo assimilável são relativamente baixos, assim como na maior parte dos solos do Brasil, requerendo-se maiores cuidados na adubação, para que se possa atingir produtividades superiores. Por causa da sua moderada fragilidade ambiental, associada à menor retenção de umidade, estes solos são mais recomendados para utilização com lavouras semi-intensivas e silvicultura, embora também seja possível e sustentável sua utilização com pastagens.

c) Os solos que apresentam restrições devido ao relevo declivoso ou baixa capacidade de retenção de água não são adequados para usos mais intensivos (moderada a forte fragilidade ambiental). Quando situados nas porções mais elevadas da paisagem, com relevo forte ondulado e eventualmente ondulado (quando ocorre maior restrição de solo), são indicados para utilização com espécies forrageiras protetoras do solo. Nestes solos, o uso de mecanização deve ser restrito a algumas práticas culturais e utilização de implementos de tração animal. Deve-se ressaltar que não existe impeditivo técnico/ambiental de se utilizar pastagens em zonas mais intensivas, quando estas estiverem associadas à perspectiva de maior rentabilidade, como o atendimento de nichos de mercado, podendo-se citar, nesse caso, a criação de reprodutores e matrizes.

d) Os solos que se caracterizam por apresentarem restrições devido à condição de drenagem, não são adequados para uso mais intensivo. Estes solos, que, normalmente, estão localizados em baixadas, são indicados para utilização com espécies forrageiras adaptadas a restrições de drenagem interna, risco de inundação e presença de elementos tóxicos às plantas, tais como sódio ou outros sais (EMBRAPA, 2003). Especialmente, estas terras podem ser utilizadas com culturas adaptadas às condições de inundação, como é o caso do arroz.

e) Solos que apresentam elevada fragilidade ambiental (sem vocação para o uso agrícola), que constituem áreas especiais (unidades de conservação e áreas de preservação permanente) que se encontram ainda preservadas, são indicados para conservação dos recursos naturais. Pode-se citar como exemplos as áreas de Planossolos, Neossolos litólicos, etc. São solos recomendados para preservação dos recursos naturais, devido, principalmente, à sua elevada fragilidade ambiental, determinada pelas características do próprio solo, relevo e existência da vegetação natural, além daquelas representadas pelas restrições legais vigentes. Estes solos devem ser, prioritariamente, destinados à conservação da flora e da fauna. Não devem ser utilizados para qualquer tipo de exploração antrópica, pois podem, facilmente, ser degradados.

f) Os solos que apresentam elevada fragilidade ambiental e/ou constituem áreas especiais (unidades de conservação e áreas de preservação permanente), que estão sendo indevidamente utilizadas com exploração agrícola e que se encontram em diferentes estágios de degradação, são indicados para

recuperação ambiental. Como exemplo, citam-se as áreas ripárias, onde ocorrem os Neossolos e Cambissolos flúvicos. Normalmente, apresentam fortes limitações condicionadas pela elevada fragilidade ambiental, onde se faz necessária a recomposição da vegetação original (matas ciliares). Estes solos são indicados para reflorestamento com espécies nativas, protetoras do solo, de preferência que contemplem espécies com possibilidade de retorno econômico direto, visando reduzir o custo de sua implantação e manutenção. São solos mais propícios para serem incorporadas à reserva legal da propriedade, por serem os que apresentam as maiores restrições de utilização. Também, são considerados aqui os solos originalmente cobertos por vegetação de caatinga, que não apresentam vocação agrícola, onde a vegetação natural foi suprimida para dar lugar à utilização com pastagens.

Do ponto de vista técnico e econômico, a recuperação da vegetação natural é uma das principais opções e, à luz da legislação federal (Código Florestal - Lei Nº 4.771, Art.2º), um imperativo legal. Realizá-la de modo sustentável irá fornecer subsídios técnicos para recuperação de áreas degradadas, conciliando conservação de recursos naturais com geração de renda e aumento da qualidade de vida.

De modo geral, como em todas as regiões do Brasil, a utilização de práticas conservacionistas nas atividades agropecuárias da região semiárida, além de promover a preservação da terra e a manutenção da sua capacidade produtiva, também contribuirá para a diminuição dos problemas de assoreamento, evitando o carreamento das partículas de solo até os cursos d'água. Dentre as práticas de manejo e conservação do solo, podem ser recomendadas: aração mínima, rotação de culturas, cultivos em faixas, cobertura morta, cultivos em contornos e pastoreio controlado. Em casos extremos de erosão do solo, podem ser utilizadas práticas mais complexas, como: terraço em nível, terraço em patamar, interceptores e controle de voçorocas.

Considerações finais

Uma das principais características do Semiárido Tropical brasileiro, no que diz respeito à sua cobertura pedológica, é a heterogeneidade das condições de ambientes e de paisagens. Existe uma grande diversidade de litologias e material

originário, relevo e regime de umidade do solo e estes fatores resultam na presença de diversas classes de solos, as quais apresentam diferentes feições morfológicas e posições na paisagem.

O Brasil possui suas fronteiras científicas e tecnológicas solidificadas no cenário mundial. Com isso, nas últimas décadas, tem contribuído, por meio de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), com tecnologias próprias para seu desenvolvimento e de outras nações. Neste contexto, a Embrapa foi e é responsável pela geração de tecnologias e conhecimentos relacionados ao sistema solo, que colaboraram para o desenvolvimento do agronegócio nacional, podendo citar como exemplos: o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação, os Zoneamentos Agroecológicos realizados no território nacional e aumentos de produtividade focando questões de manejo e fertilidade. Por sua vez, a Embrapa Semiárido e a Embrapa Solos têm desenvolvido pesquisas para contextualizar o solo no ambiente semiárido, disponibilizando tecnologias, processos e conhecimentos que fortalecem o “convívio com o Semiárido e que possam reduzir os processos de desertificação e mitigar a degradação promovida pela mudança no uso da terra”.

Referências

- AB'SABER, A. **Problemática da desertificação e da salinização no Brasil intertropical:** geomorfologia. São Paulo: USP, 1977. 19 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial no. 1, de 9 de março de 2005. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 11 mar. 2005. Seção 1, p. 41.
- BRASIL. Ministério do Interior. **Mapa geológico**. Brasília, DF: Sudene-Divisão de Solos-DRN, 1974. Escala 1:25.000.000.
- CARVALHO, O. de. **A economia política do Nordeste:** secas, irrigação e desenvolvimento. Rio de Janeiro: Campus, 1988.
- CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e manejo. In: SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 29-61.
- CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco:** potencialidades e limitações para uso agrícola. Petrolina: Embrapa Semiárido,

2008. 60 p. il. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 211).
- EMBRAPA. **Rede Nacional de Agrometeorologia**: precipitação média do Semiárido baiano. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 15 dez. 2003.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- JACOMINE, P. K. T.; SILVA, F. B. R.; FORMIGA, R. A. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, 1971. 531 p. (DNPEA-DPP. Boletim Técnico, 21 – SUDENE-DRN. Série Pedologia, 9).
- JACOMINE, P. K. T.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro, 1972. 683 p. (EPE-EPFS. Boletim Técnico, 15. SUDENE-DRN. Série Pedologia, 8).
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA, S. C. P.; SILVEIRA, C. O. da. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: DNPEA: SUDENE-DRN, 1973a. 713 p. (Boletim Técnico, 26).
- JACOMINE, P. K. T.; ALMEIDA, J. C.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife, 1973b. 301 p. (DNPEA-DPP. Boletim Técnico, 28. SUDENE-DRN. Série Pedologia, 16).
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTE, A. C.; PESSOA, S. C. P. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas**. Recife, 1975. 532 p. (EMBRAPA-CPP. Boletim Técnico, 35 –SUDENE-DRN. Série Recurso de Solos, 16).
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTE, A. C.; RIBEIRO, M. R. **Levantamento exploratório-reconhecimento da margem esquerda do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife, 1976. 404 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 38. SUDENE-DRN. Série Recurso de Solos, 7).
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTE, A. C.; SILVA, F. B. R. **Levantamento exploratório-reconhecimento da margem direita do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife, 1977a. 404 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 52. SUDENE/DRN. Série Recurso de Solos, 10).
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, E. B. R. **Levantamento exploratório-reconhecimento da margem direita do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife, 1977b. v. 2. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 52. SUDENE-DRN. Série Recurso de Solos, 10).
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTE, A. C.; PESSOA, S. C. P. **Levantamento exploratório-reconhecimento dos solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro, 1986. v. 1. (EMBRAPA-SNLCS-SUDENE-DRN. Boletim Técnico, 36).
- JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTE, A. C. Guia de Excursão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22., 1989, Recife. [Anais...]. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS: SBSCS, 1989. p. 1-72

JACOMINE, P. K. T. Solos sob Caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS, 1996. p. 95-133.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V. O manejo e a conservação do solo no Semiárido baiano: desafios para a sustentabilidade. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 3, p. 50-60, nov. 2006.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. de S. B. Agricultura sustentável no Semiárido nordestino. In: OLIVEIRA, T. S. de.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o Semi-Árido brasileiro**. Fortaleza: SBCS; UFC, 2000. p. 20-46.

OLIVIERA, J. B.; JACOMINE, P. K.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 574 p.

RAYA, A. M. Degradación de tierras en regiones semiáridas. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO. 13., 1996. Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia**: EMBRAPA, 1996. 1 CD-ROM.

REBOUÇAS, A. Potencialidade de água subterrânea no Semiárido brasileiro. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999 [Petrolina]. **Anais... Petrolina**, 1999.

RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALINDO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no Semiárido brasileiro. **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa, MG, n. 6, p. 319-412, 2009.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. A vegetação do bioma caatinga. In: SAAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA ROJAS, C. F. L. (Ed.). **Vegetação e flora da Caatinga**. Recife: APNE: CNIP, 2002. p. 11-24.

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Matéria Orgânica do Solo no Bioma Caatinga. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 419-441.

SILVA, F. B. R.; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTE, A. C.; SILVA, A. B.; ARAUJO FILHO, J. C.; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1993, 325 p.

SILVA, J. R. C. Erosão e produtividade do solo no Semi-árido. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o Semiárido**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará: SBCS, 2000. p. 168-213.

SILVA, P. C. G. da; CORREIA, R. C. Caracterização social e econômica da videira. In: LEÃO, P. C. de S.; SOARES, J. M. (Ed.). *A viticultura no Semi-Árido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. cap. 2, p. 19-32.

SUDENE. *Recursos naturais do Nordeste: investigação e potencial (sumário das atividades)*. Recife, 1985. 183 p.

VIEIRA, M. J. *Solos de baixa aptidão agrícola: opções de uso e técnicas de manejo e conservação*. Londrina: IAPAR, 1987. 68 p. (IAPAR. Circular, 51).

Recursos genéticos e aproveitamento da biodiversidade do Semiárido brasileiro



Capítulo 3

**Visêlido Ribeiro de Oliveira
Francisco Pinheiro de Araújo
Marcos Antônio Drumond
José Nilton Moreira
Lúcia Helena Piedade Kiill
Márcia de Fátima Ribeiro
Alineaurea Florentino Silva
Ana Valéria de Souza**

Introdução

A Caatinga é um dos biomas brasileiros mais alterados pelas atividades humanas, com mais de 45% de sua área alterada, sendo ultrapassado apenas pela Mata Atlântica e o Cerrado (CAPOBIANCO, 2002; CASTELETTI et al., 2004). Em um estudo realizado recentemente, sobre a vegetação e uso do solo, verificou-se que a área de cobertura vegetal da Caatinga é de 518.635 km², equivalendo a 62,69% de remanescentes (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2008).

A biodiversidade é a referência fundamental para a conservação dos recursos genéticos e estes são definidos como espécies de plantas, animais e microorganismos de valor atual ou potencial. São considerados como um patrimônio da humanidade de valor incalculável e compreende toda a organização física da biodiversidade. De acordo com Goedert (2007), os recursos genéticos vegetais representam a variabilidade genética entre e dentro de grupos de espécies de plantas de interesse agrícola para as suas regiões de origem e seu uso, como fonte para a criação de novas variedades. São fatores de fundamental importância para a obtenção de produtividades mais elevadas e para transformações tecnológicas verificadas no processo de modernização do agronegócio.

Por outro lado, o termo biodiversidade foi definido pela Convenção sobre a Diversidade Biológica como “a variabilidade entre os seres vivos de todas as origens, dos quais fazem parte àqueles pertencentes aos ecossistemas terrestres, marítimos, outros de origem aquática e os complexos ecológicos onde se considera a diversidade dentro e entre espécies, e entre espécies e ecossistemas”. Segundo Gaston (2000), a biodiversidade também pode ser subdividida em: a) diversidade genética ou diversidade de genes; b) diversidade específica ou diversidade de espécies animais e vegetais e c) diversidade dos ecossistemas presentes no planeta e essa, pode ser valorizada nos aspectos de conservação dos recursos genéticos e do uso atual ou potencial dos mesmos.

Uma informação importante que deve ser considerada é o acesso aos recursos genéticos que se inicia com a coleta, caracterização, avaliação e conservação dos mesmos. À partir dessas etapas, outras atividades poderão ser direcionadas com base no aproveitamento da variabilidade genética encontrada no germoplasma

avaliado e o seu uso no desenvolvimento de programas de melhoramento genético.

A conservação da diversidade genética é importante para a sobrevivência das espécies à longo prazo devido à manutenção do conjunto gênico com suficiente variabilidade, necessário para a adaptação das espécies às mudanças de ambiente (LANDE, 1995; AYALA, 1997; MEFFE; CARROLL, 1997).

Experiências da Embrapa Semiárido com espécies nativas

A Caatinga é o tipo de formação vegetal mais representativo do Semiárido, caracterizada pela presença de plantas xerófilas, com potenciais de diferentes usos que, se manejadas de forma adequada, poderiam ser uma alternativa para o desenvolvimento sustentável dessa região. A valorização das potencialidades da flora nativa é um dos novos paradigmas para pesquisas em recursos naturais e, diante deste fato, pesquisas desenvolvidas nesse sentido são fundamentais para o desenvolvimento de tecnologias para a agropecuária dependente de chuva, buscando sistemas de produção que possibilitem a estabilidade da produção e o aumento da produtividade. Todo esse processo que atinge a agricultura familiar precisa ser revisto e novos conhecimentos e tecnologias envolvendo produtos, igualmente importantes ou potencialmente promissores, devem ser disponibilizados como alternativas para essa região (ARAÚJO, 2004).

Espécies nativas de potencial frutífero

Os estudos com fruteiras nativas do Semiárido ainda são pouco comuns e, quando existem, quase sempre estão voltados para o aproveitamento de forma extrativista. A existência de uma diversidade de plantas frutíferas de ocorrência no bioma Caatinga e/ou adaptadas às condições de sequeiro, de sabores diferenciados, de grande interesse entre as principais tendências atuais de consumo de produtos naturais, o que reforça a ideia da coleta, caracterização e cultivo em escala comercial dessas fruteiras (ARAÚJO, 2008).

Das espécies nativas que produzem frutos comestíveis, o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda -Anacardiaceae) é a de maior importância. Considerada como a árvore sagrada do sertão, essa anacardiácea é uma espécie endêmica da Caatinga e apresenta diferentes estratégias para manutenção do seu equilíbrio hídrico, como por exemplo, o sistema radicular especializado, com o desenvolvimento

de xilopódios, órgãos importantes para o armazenamento de água. Na época seca, esse equilíbrio é mantido por essas reservas, associado à baixa densidade foliar e, na época chuvosa, a planta mantém um balanço hídrico interno favorável pelo ajustamento osmótico (LIMA-FILHO, 2001). No período das chuvas, a condutância estomática apresenta-se alta, sucedendo, assim, um controle eficiente de abertura e fechamento dos estômatos para economia de água (ARAÚJO, 1999).

O umbuzeiro está presente em todo Semiárido, e com ocorrência limitada pela Mata Atlântica, pelo Cerrado e pela região Pré-Amazônica, apresentando uma densidade de três a cinco plantas por hectare (DRUMOND et al., 1982). Seu extrativismo é praticado nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia e na parte semiárida de Minas Gerais e partes do Maranhão, o que vem contribuindo para a redução de suas populações naturais (ANDRADE LIMA, 1970; LIMA et al., 1978; DRUMOND et al., 1982; PRADO; GIBBS, 1993; ALBUQUERQUE; BANDEIRA, 1995; SANTOS, 1997). Pela dimensão territorial a Bahia se destaca com a maior produção de frutos de umbuzeiro.

Dentre as várias causas que vem contribuindo o desaparecimento do umbuzeiro podem ser destacadas: a) formação de pastagens; b) implantação de projetos de irrigação; c) uso na produção de energia para atividades diversas como padarias, olarias e calcinadoras e d) queimadas (QUEIROZ et al., 1993). Outro fator de pressão sobre os umbuzeiros é a pecuária extensiva praticada na região, que tem dificultado o recrutamento natural das populações, com a presença das plantas adultas e a ausência de novos indivíduos. Essas causas, em conjunto ou isoladamente, têm contribuído não só para a diminuição da coleta do umbu, como também para o desaparecimento gradativo dessa espécie.

Com o objetivo de conservar o umbuzeiro, a Embrapa Semiárido realizou coletas por todo o Semiárido, resultando no estabelecimento da única coleção de germoplasma (NASCIMENTO et al., 1995, 1999, 2002; OLIVEIRA et al., 2008) formada, atualmente, por 79 acessos. Essas coletas se basearam no Zoneamento Agroecológico do Nordeste (SILVA et al., 1993) e em prospecção genética do umbuzeiro, onde foram identificados indivíduos excêntricos, entre os quais, um com mais de 25 frutos dispostos em um cacho compacto. Também

foram identificadas quatro árvores com o peso médio do fruto acima de 85g e outras duas com o peso médio do fruto acima de 75g. Esses tipos foram clonados por método de enxertia de garfagem (NASCIMENTO et al., 1993, 2000), sendo mantidas em uma coleção de campo na Estação Experimental da Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE. Está sendo realizado um estudo sobre competição de clones com maior peso de frutos, incluindo as procedências BGU 30-96, 37-96, 44-96, 48-96, 52-96, 55-96 e 68-96, está sendo conduzido em dois ambientes na região de Petrolina, PE, desde 1997, visando disponibilizar informações futuras sobre a interação genótipo x ambiente na produção e na expressão do tamanho do fruto, bem como na recomendação de variedades para o cultivo sistemático (SANTOS et al., 2005).

Em levantamento da produção de xilopódios em plantas de umbuzeiro, Cavalcanti et al. (2002) observaram a ocorrência de 367,25 xilopódios por planta com peso médio de 1,92 kg por xilopódio. Considerando-se que os xilopódios são raízes modificadas com reservas nutritivas de cálcio, magnésio, fósforo, potássio, água e outros nutrientes, essas estruturas garantem a sobrevivência e a produção do umbuzeiro no período de verão. Trabalhos pioneiros podem resultar no mapeamento e clonagem de genes associados com caracteres relacionados ao xerofitismo, como os xilopódios no umbuzeiro. A introdução desses genes em outras espécies de interesse do agronegócio pode resultar na ampliação do potencial de fruticultura da região semiárida.

Quanto ao processo de diminuição de plantas decorrente da falta de regeneração natural este começa a ser revisto e novos conhecimentos sobre o aumento da densidade de plantas de umbuzeiro em estado natural já estão sendo divulgados. De acordo com Araújo et al. (2001), pode-se aumentar a densidade em até 50 plantas/ha, por meio do enriquecimento da área, abrindo-se trilhas na Caatinga e mantendo a área sem pastejo.

A multiplicação dessa espécie pode ser realizada por sementes ou por via vegetativa, sendo a primeira recomendada para a produção de porta-enxertos, pela facilidade de formar o xilopódio, como também para os estudos básicos de genética (NASCIMENTO et al., 2000; ARAÚJO et al., 2001). A propagação vegetativa dessa anacardiácea e outras espécies do gênero *Spondias* por meio de estacas grandes do tamanho de uma estaca de cerca, plantadas diretamente no

campo foi relatada com insucesso por Souza e Araújo (1999). Por outro lado, a multiplicação do umbuzeiro pode ser realizada em qualquer época do ano, utilizando-se os métodos de garfagens em fenda cheia independentemente do estágio fenológico da planta matriz (ARAÚJO, 1999). Esses resultados ampliam a época de enxertia, haja vista que, anteriormente, a retirada de garfos para realização desse processo era limitada após o período de dormência vegetativa da planta matriz. Dessa maneira, foi colocado à disposição dos viveiristas um maior período para coleta de garfos, ampliando a produção e a oferta de mudas de umbuzeiro.

Visando contribuir para conservação da espécie, a Embrapa Semiárido distribuiu para as Secretarias de Agricultura Estaduais, ONGs, Associações de Agricultores e Sindicatos Rurais, nos últimos seis anos, mais de 30.000 mudas de umbuzeiro enxertado, sendo o estado da Bahia quem recebeu maior quantidade.

Considerando o expressivo valor comercial do umbu para o mercado interno e, de forma particular, para industrialização em pequenas fábricas caseiras, esta espécie representa um potencial a ser explorado comercialmente, além de servir de porta-enxerto para outras espécies do mesmo gênero que não apresentam xerofitismo (ARAÚJO et al., 2006; SANTOS; LIMA FILHO, 2008).

Para Santos et al. (2002), a possibilidade de utilização do umbuzeiro como porta-enxerto de outras *Spondias* poderá viabilizar uma fruticultura competitiva e diversificada em condições de sequeiro ou com algumas irrigações. Esses autores verificaram que não houve nenhum sinal de incompatibilidade aos cinco anos e observaram que os enxertos de cajaraneira (*S. cytherea* Sonn.) e cirigueleira (*S. purpurea* L.) frutificaram após 2 anos. No caso do umbu-cajazeira (*Spondias* sp.), as plantas enxertadas sobre porta-enxerto de umbuzeiro também iniciaram a produção a partir do segundo ano de transplantadas para o campo (ARAÚJO et al., 2006). Outra técnica testada foi a transferência ou a substituição de copa do umbuzeiro com enxertos de umbu-cajazeira, cirigueleira e cajaraneira, sendo obtidos percentuais 66%, 65% e 41%, de pegamento, respectivamente e registro de produção de frutos após dois anos (ARAÚJO et al., 2000; ARAÚJO; SANTOS, 2004).

Além do umbuzeiro, outras espécies frutíferas já em estudo na Embrapa Semiárido compõe um conjunto de alternativas para os agricultores familiares, podendo citar entre elas o maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast. - Passifloraceae) com 32 acessos já coletados; os araticuns (*Anona* sp. - Annonaceae) com sete espécies listadas no Nordeste; o murici (*Byrsonima* spp. - Malpighiaceae), presente nas dunas às margens do Rio São Francisco; o mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC. - Cactaceae) e outras cactáceas; o cambuí (*Eugenia crenata* Vel.), a goiabinha ou araçá (*Psidium* spp. - Myrtaceae) e o crotá (*Bromelia corata* Linn. - Bromeliaceae). Todas elas apresentam como característica comum a tolerância à seca e a comercialização em feiras livres nas regiões onde ocorrem de forma espontânea na vegetação nativa.

O maracujá-do-mato é uma espécie de ocorrência espontânea na Caatinga, capaz de produzir frutos nos mais diversos tipos de solo, porém ainda é explorado apenas de forma extrativista. Estudos realizados pela Embrapa Semiárido visam mudar esta realidade, mostrando que essa Passifloraceae pode ocupar áreas de cultivo em escala comercial em condições de sequeiro. Com esse objetivo, expedições de coleta e avaliação agromorfológica do maracujá do mato vem sendo realizadas, com a recomendação do acesso 18-D0542 indicado como o mais divergente e também o mais produtivo (Figura 1) para cultivos experimentais em áreas de produtores, assim como para compor futuros programas de intercruzamentos (ARAÚJO et al., 2008).



Francisco Pinheiro de Araújo

Figura 1. Produção de frutos do acesso 18-D0542 recomendado para cultivos experimentais.

O araçazeiro é outra espécie que poderá ser uma promissora fonte de resistência à nematoide quando utilizados como porta-enxerto da goiabeira ou quando explorado para consumo in natura dos seus frutos. Resultados obtidos por Araújo et al. (2008) indicaram que a espécie estudada mostrou-se desfavorável à multiplicação do nematoide quando comparado com as variedades Paluma e Pedro Sato. Além disso, a qualidade dos frutos produzidos incentiva à busca de mercado para os mesmos e que poderia se tornar uma alternativa de cultivo em áreas infestadas pelo nematoide da goiabeira.

No contexto da fruticultura de sequeiro, os araticunzeiros têm despertado interesse, quando explorados para consumo in natura dos seus frutos ou quando utilizados como porta-enxerto de outras espécies do mesmo gênero pela ocorrência de formação de raízes modificadas do tipo xilopódios (ARAÚJO et al., 2002). Se, por um lado, essas estruturas são vantajosas para a espécie se desenvolver em regiões semiáridas ou ainda permitirem o seu uso como porta-enxerto de outras espécies do mesmo gênero (*Anona* spp.), por outro lado, as plantas possuem um desenvolvimento lento provavelmente, porque toda a produção de energia seja destinada a formação dessas estruturas em sua fase inicial.

Com relação ao aproveitamento dos frutos de algumas espécies nativas para produção de doces, geleias, pickles, compotas, entre outros derivados, destacam-se estudos feitos com o umbuzeiro e maracujá do mato. De acordo com Cavalcanti e Resende (2004), os agricultores das comunidades de Conceição, Fazendinha, Favela, Barracão e Várzea no Município de Jaguarari, BA, na safra do umbuzeiro de 2002, obtiveram uma renda média de R\$ 334,44 em 61 dias de colheita, equivalente a 1,95 salários mínimos vigente na época. Trabalhos desenvolvidos pelo Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA) e da Embrapa Semiárido têm resultado na semi-industrialização familiar e/ou comunitária dos frutos do umbuzeiro e, mais recentemente, do maracujá do mato, em regiões dos municípios de Uauá e Casa Nova, BA. Técnicas simplificadas para produção de geleias, doces, compotas e suco têm sido adaptadas às condições das comunidades, utilizando um equipamento que produz suco por meio de vapor d'água saturado, sem a necessidade de energia elétrica (ANJOS, 1999). Estima-se que a renda agregada com a semi-

industrialização dos frutos do umbuzeiro promove uma receita da ordem de R\$ 6,0 milhões nas comunidades trabalhadas pelo IRPAA e pela Embrapa Semiárido.

Espécies florestais potenciais para produção madeireira

Com o objetivo de avaliar quantitativa e qualitativamente o potencial florestal da região, trabalhos foram realizados pela Embrapa Semiárido, voltados para diferentes áreas. Os inventários realizados demonstraram que o estoque madeireiro da Caatinga é baixo, podendo variar conforme as condições edafoclimáticas locais, de $7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (TAVARES et al., 1970; CARVALHO, 1971; LIMA et al., 1978; DRUMOND et al., 2002), nos municípios pernambucanos de São José do Belmonte, Floresta, Salgueiro, Parnamirim, Ouricuri, Bodocó, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina.

Algumas espécies são de grande importância econômica, especialmente, para os agricultores da região, como é o caso do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), aroeira (*Myracrodruon urundeuwa* Allemão), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), pau d'arco (*Handroanthus impetiginosus* (Mart.) ex DC.) Mattos, umburana de cambão (*Bursera leptophloeos* (Mart) J.B. Gillett), umburana de cheiro (*Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm.), consideradas espécies nobres. Dentre estas, a baraúna e aroeira já se encontram de alguma forma protegidas, portanto proibidas de exploração para fins energéticos pelo Código Florestal brasileiro, para evitar sua extinção (Portaria do IBAMA n.º 37, de 3 de abril de 1992).

De acordo com Longhi (1980), a análise estrutural de uma vegetação se baseia no levantamento e na interpretação de critérios exatamente mensuráveis que permitem comparar diferentes tipos de florestas e árvores. Drumond et al. (1982), analisando a sociabilidade das espécies florestais da Caatinga, em Santa Maria da Boa Vista, PE, concluíram que as espécies que caracterizam a vegetação são angico (*A. colubrina*), jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), jurema vermelha (*Mimosa arenosa* (Willd. Poir.), maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & K. Hoffm) e piranheira (*Pisonia* sp.).

Nessa região, os métodos tradicionais de manejo e a exploração intensiva da vegetação arbóreo-arbustiva, tanto para a obtenção de madeiras para uso nobres, lenha, carvão, implantação de culturas irrigadas e pastagens, aliados às precariedades climáticas, vêm contribuindo de forma significativa para uma ampla degradação ambiental e conseqüentemente a perda da diversidade biológica do Bioma Caatinga. Muitas espécies, tal como o angico, pelo elevado valor energético, pela grande concentração de tanino nas suas cascas, foram exploradas de modo significativo no passado e, atualmente, com a procura de produtos naturais para curtição e produção do couro orgânico, esta situação de exploração da espécie, vem se agravando e reforçando a preocupação da ameaça de erosão genética desse patrimônio vegetal.

Desde a década de 1980, a Embrapa Semiárido vem desenvolvendo estudos sobre o comportamento silvicultural dessas espécies em áreas plantadas, sobre a determinação dos índices de qualidade das madeiras e ainda o estoque de madeira dessas espécies no seu ambiente natural (LIMA et al., 1978; DRUMOND et al., 1982, 1984; DRUMOND, 1992; LIMA et al., 1996). Neste tópico será dada ênfase em algumas espécies consideradas potenciais, por se destacarem em crescimento e uso em relação às demais espécies da Caatinga.

O angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan - Mimosaceae) é uma árvore com porte mediano (Figura 2), atingindo até 15m de altura, dependendo da região, com casca grossa e muito rugosa. As folhas são compostas bipinadas e pequenas, com 10-25 pinas com 20 a 80 folíolos. As flores são alvas, dispostas em capítulos globosos, axilares e os frutos são vagens achatadas, finas, compridas e de cor escura. As folhas são tóxicas ao gado, porém quando fenadas ou secas juntamente com os ramos novos, constituem em excelente forragem para bovinos, caprinos e ovinos. A resina exudada dos troncos é hemostática, depurativa, adstringente, sendo utilizada na medicina caseira em infusão e em xarope. A casca, muito rica em tanino, é utilizada na indústria do curtume, e na medicina popular como expectorante (chá) ou cicatrizante (infusão). A madeira serve para estacas, mourões, lenha e carvão de elevado poder calorífico. Segundo Drumond (1992), aos 8 anos de idade, o angico, a aroeira e o sabiá, apresentaram alturas média de 3,7 m; 3,9 m e 5,8 m e diâmetros a altura do peito de 4,7 cm; 4,1 cm e 7,7 cm com um incremento médio anual de $1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$; $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ e $4,9 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de altura, diâmetro (DAP), volume de madeira, incremento médio anual (IMA) e sobrevivência de algumas espécies arbóreas no município de Petrolina, PE.

Espécie	Idade (ano)	Altura (m)	DAP (cm)	Volume (m ³ ha ⁻¹)	IMA (m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹)	Sobrev. (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	8	3,7	4,7	9	1,1	93
<i>Myracrodruon urundeuwa</i>	8	3,9	4,1	12	1,5	89
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	8	5,8	7,5	39	4,9	92

Fonte: Drumond (1992).



Figura 2. Experimentação com o angico aos 28 anos de idade e detalhe do tronco.

A aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuwa* Allemão - Anacardiaceae) (Figura 3) apresenta porte mediano chegando a atingir 10 m de altura e 30 cm de diâmetro, fuste linheiro, madeira dura de cor bege-roseado quando verde e roxo escuro quando seco. A casca é castanho escura, subdivididas em placas escamiformes, rica em tanino (cerca de 15%), que são utilizadas na indústria do curtume e na medicina popular. As folhas, quando maduras, servem como forrageiras e, a resina exsudada dos troncos é utilizada no preparo da goma arábica. A madeira serve para obras externas, mourões, vigas, construções rurais, estacas, dormentes e carvão de elevado poder calorífico. De acordo com Drumond et al. (1984), a densidade básica da madeira é superior a 0,66g/cm³, o rendimento gravimétrico de carbonização é 38,4% a 420±20°C, o teor de carbono é de 72%, teor de cinza é de 4,8, obtidos por meio da análise química imediata do carvão em base seca (Tabela 2).



Figura 3. Experimentação com a aroeira aos 28 anos de idade e detalhe do tronco.

Tabela 2. Densidade básica da madeira (g/cm^3), rendimento gravimétrico de carbonização (%) a $420 \pm 20^\circ\text{C}$, teor de carbono, teor de cinza através da análise química imediata do carvão (base seca).

Espécies	Densidade (g/cm^3)	Carvão (%)	Carbono (%)	Cinza (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0,78	42,2	70	5,8
<i>Myracrodouon urundeuva</i>	0,66	38,4	72	4,8
<i>Mimosa tenuiflora</i>	0,83	41,9	72	1,7
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	0,86	41,1	73	1,8

Fonte: Drumond et al. (1984).

A baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl. - Anacardiaceae) é uma espécie típica do sertão nordestino (Figura 4), geralmente, encontrada em agrupamentos em certas áreas e desaparecendo em outras. A árvore apresenta porte mediano chegando a atingir 12 m de altura e 30 cm de diâmetro. A casca é escura, rugosa e também rica em tanino, utilizada na indústria do curtume e, na medicina popular, como analgésica e digestiva. As folhas são verdes e permanecem durante quase todo ano, podendo ser usada no tratamento da gripe e pressão alta. A resina exsudada dos troncos é utilizada no preparo da goma arábica. A

madeira é muito dura e de elevada densidade (LIMA et al., 1996), servindo ainda para obras internas, pilão esteios, vigas, estacas, mourões, lenha e carvão de elevado poder calorífico. Lima et al. (1978) apresentaram os dados de crescimento dessa espécie aos 3 anos de idade (1,46m de altura, 1,55cm de diâmetro e 55,7% de sobrevivência).



Fotos: Marcos Antônio Drumond

Figura 4. Vista geral de uma árvore de baráúna (a) e do detalhe do seu tronco (b).

A jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret - Mimosaceae) é uma árvore de pequeno porte de até 7m de altura (Figura 5), com acúleos esparsos nas partes mais novas, as vezes, podendo ser encontrada inermes naturalmente na Caatinga. As folhas são compostas, alternas e bipinadas, sendo consideradas como forrageiras para os caprinos e bovinos. As flores são alvas, dispostas em espigas e apresentam potencial apícola. As cascas são sedativas, narcóticas, adstringentes e amargas, sendo utilizadas como cicatrizantes, digestivas e na curtição de couro. A madeira serve para estacas, lenha e carvão de elevado poder calorífico.

Segundo Drumond e Oliveira (1998), aos 4 anos de idade, as plantas de *M. tenuiflora* plantadas em área localizada no Município de Petrolina alcançaram altura média de 2,6 m e diâmetro de 2,3 cm, com uma sobrevivência de 96%, enquanto aos 8 anos elas mediram 3,7 m de altura e 3,4 cm de diâmetro a altura do peito, com 81% de sobrevivência (DRUMOND et al., 2008).

Nessa mesma área a *M. tenuiflora* acumulou, em média, 57,2% da biomassa no tronco. Na copa a biomassa representa 42,8% do total, sendo que 36,5% são de galhos, justificando o elevado número de bifurcações e galhos que é característica específica de espécies nativas da Caatinga (DRUMOND et al., 2008). Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Drumond e Oliveira (1998) com esta espécie, destacando-se sua capacidade de adaptação, em comparação com as espécies introduzidas que sobrevivem nas condições inóspitas da região semiárida.



Fotos: Marcos Antônio Drumond

Figura 5. Árvore de jurema preta e detalhe do tronco.

Já o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. - Mimosaceae), ocorre naturalmente nos estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará, parte do Maranhão e de Pernambuco, e na Chapada do Araripe, divisa com o Ceará. Foi introduzida com êxito em regiões úmidas dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, sendo que nesses locais a espécie é conhecida como sansão-do-campo (RIBASKI et al., 2008). É uma árvore de pequeno porte que pode atingir, em fase adulta, até 8m de altura e cerca de 20 cm de diâmetro à altura do peito (MENDES, 1989). Seu tronco apresenta acúleos que desaparecem com a idade, enquanto os ramos, quando jovens, mantêm esta característica.

Esta espécie tem crescimento cespitoso, ou seja, de um mesmo ponto na base da planta partem vários fustes (Figura 6). Ocorre preferencialmente em solos profundos e férteis, sendo que a partir do terceiro ao quarto ano, já pode fornecer estacas para cercas. Tem apresentado bom desenvolvimento também em solos mais pobres, porém, nesses casos, é importante suprir as plantas, por meio de adubação orgânica ou química.



Figura 6. Plantio experimental de sabiá aos 14 anos de idade em Petrolina, PE.

Essa espécie se destaca como uma das principais fontes de estacas para cercas no Nordeste, em especial no Estado do Ceará. A madeira também é utilizada para energia, apresentando peso específico em torno de $0,87\text{gcm}^{-3}$ e um teor de carbono de aproximadamente 73% (Tabela 2). Estas características qualificam a espécie como uma boa opção para a produção de lenha e carvão. Atualmente, nas áreas irrigadas do Vale do Rio São Francisco, no Semiárido nordestino, as estacas têm sido amplamente comercializadas e distribuídas (Figura 7) sendo utilizadas, principalmente, como tutores para apoio e sustentação de videiras.

Para as condições do Semiárido brasileiro, é considerada uma espécie de rápido crescimento, com incremento médio de um metro de altura por ano. Segundo Drumond (1992), o sabiá, com sobrevivência de 92% aos 8 anos de idade, apresentou altura média de 5,8 m e diâmetros a altura do peito de 7,7cm,

traduzindo em um incremento médio anual (IMA) de $4,9 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Tabela 1). No Nordeste, em região subúmida, obteve-se um volume médio de $46,5 \text{ m}^3$ por ha em plantações com 6 anos de idade, com espaçamento de $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$, apresentado um IMA em torno de $7,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Estes dados mostram que a produção de madeira varia em função da zona ecológica em que a espécie é plantada.



Fotos: Marcos Antônio Drummond

Figura 7. Estacas de sabiá prontas para comercialização.

Potencial da flora apícola e das abelhas nativas

A flora apícola de uma região é composta de espécies com diferentes graus de importância, determinados por fatores diversos que vão desde o número de plantas existentes, até concentrações diferentes de açúcares no néctar e/ou proteínas no pólen. Além disso, o estudo dessa flora é importante para fornecer subsídios para a apicultura e meliponicultura. Assim, o pasto apícola é influenciado pelo tamanho, densidade, diversidade e distribuição das plantas, como também o tipo de recurso oferecido e o período de floração, que determinará a capacidade suporte do apiário ou meliponário.

Como uma determinada espécie vegetal pode apresentar características diferenciadas no fornecimento de recursos florais (pólen, néctar, resina, óleo) para as abelhas, conforme às condições edafoclimáticas, o inventário do pasto apícola deve ser regional, uma vez que as espécies consideradas excelentes produtoras de algum destes recursos em uma região podem não o ser em outra. Neste sentido, o conhecimento da flora de uma região é uma etapa importante

para a exploração racional das abelhas e programas de conservação, facilitando as operações de manejo, como também, possibilitando a identificação, preservação e multiplicação das espécies vegetais que tenham esta finalidade. Freitas (1996) salienta que a frequência e densidade de espécies vegetais da Caatinga variam entre diferentes localidades, influenciando diretamente o fluxo de pólen e néctar que entra na colmeia e por sua vez, na composição do mel.

De modo geral, as abelhas são dependentes das flores para obtenção de pólen, néctar, óleos, resinas, fragrâncias e outros recursos utilizados tanto para alimentação de adultos quanto de larvas, além de alguns recursos serem importantes materiais de construção de ninhos. Os recursos florais são obtidos por diferentes grupos de visitantes que forrageiam em horários diferentes e/ou concentram-se em certas espécies de plantas. Além disso, algumas abelhas também utilizam as flores como local de abrigo, repouso ou acasalamento (PEDRO; CAMARGO, 1991 citado por MACEDO; MARTINS, 1999).

Desta forma, para que a apicultura e a meliponicultura sejam produtivas em uma determinada região, é fundamental que o apicultor/meliponicultor tenha conhecimento sobre o comportamento dos fluxos de néctar e pólen de sua região, assim como das variações nas chuvas e temperaturas e como estes fatores podem influenciar a flora e, conseqüentemente, no aproveitamento desses recursos pelas abelhas.

Com a finalidade de subsidiar a apicultura no Semiárido, a flora da Caatinga vem sendo inventariada de forma quantitativa e qualitativa, com o objetivo de maximizar sua utilização como pasto apícola e, visando incrementar a produtividade das abelhas. Para a região de Petrolina, PE, Santos et al. (2006) identificaram 51 espécies vegetais, pertencentes a 42 gêneros e 25 famílias botânicas sendo visitadas por *A. mellifera*, onde as famílias Leguminosae (15,68%), Anacardiaceae (7,85%), Convolvulaceae (7,85%), Rubiaceae (7,85%) e Sterculiaceae (7,85%) se destacaram, apresentando maior número de espécies. Com relação ao hábito da planta, os autores observaram que, entre as espécies visitadas pelas abelhas melíferas, 41,17% eram plantas herbáceas, indicando a importância desse estrato como fonte alimentar.

Quanto ao recurso floral forrageado, os autores verificaram que 73% das plantas eram nectaríferas, destacando-se entre as herbáceas ervanço em bola (*Spermacoce verticillata* L. -Rubiaceae), ervanço preto (*Diodia teres* Walt. - Rubiaceae), malva prateada (*Waltheria rotundifolia* Schranck - Sterculiaceae), jetirana peluda (*Merremia aegyptia* (L.) Urb. -Convolvulaceae), jetirana da flor branca (*Jaquemontia confusa* Meisn. - Convolvulaceae), barriguda (*Hyptis salzmanni* (Benth.) Hanley - Lamiaceae) como fontes de néctar para o período chuvoso.

Entre as arbóreas, Santos et al. (2006) e Kiill (2008) destacam o juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), a aroeira (*Myracrodruon urundeuwa* Allemão), a barauna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), a umburana de cheiro (*Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm.) e a quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium* Humb. Ex. Roem. Schult.) T.D. Penn., que por apresentarem floração durante o período seco, são consideradas como importantes fontes de alimento para as abelhas no período em que a Caatinga apresenta pouca oferta de recursos tróficos.

Kiill et al. (2000) também registraram visitas de abelhas melíferas em espécies nativas, como beton (*Raphiodon echinus* Nees & Mart.) Schauer - Lamiaceae), malva rasteira (*Herissanthia crispa* (L.) Brizicky - Malvaceae), maracujá de estalo (*Passiflora foetida* L. - Passifloraceae), ervanço branco (*Richardia grandiflora* - Rubiaceae) e begô (*Tribulus cistoides* - Zygophylaceae) em áreas cultivadas, onde estas plantas ocorriam de forma espontânea. Esses resultados confirmaram a importância dessas plantas como pasto apícola, sendo consideradas como alternativas de manejo de colmeias durante a estação seca, quando a vegetação nativa oferece poucos recursos.

Em relação às abelhas, além da atividade de apicultura, há alguns produtores dedicando-se à meliponicultura, principalmente nos centros urbanos de Petrolina, PE e Juazeiro BA. A principal espécie criada por eles é a mandaçaia (*Melipona mandacaia*, Smith), que tem grande potencial para a produção de mel na região. Alguns produtores chegam a ter mais de 150 caixas e/ou cortiços em seus quintais. Surpreendentemente estas abelhas conseguem sobreviver com o pasto apícola presente nas cidades, pois normalmente estas abelhas não são alimentadas artificialmente. Parte importante de pesquisas futuras no eixo Petrolina-Juazeiro será a investigação do nicho trófico explorado pelas abelhas

nessas cidades. Em relação aos locais naturais para nidificação, os resultados mostraram que há pouquíssimas árvores com ocos e, inclusive, sugere-se que em futuros planos de arborização das duas cidades sejam incluídas árvores, de preferência nativas, que formem ocos ao longo de seu desenvolvimento (RIBEIRO et al., 2009a).

Durante muito tempo a mandaçaia foi referida como muito abundante na região nas áreas rurais. Isso foi confirmado recentemente em levantamentos realizados na região de Petrolina, PE e Juazeiro, BA: em áreas preservadas esta foi a espécie com maior abundância. Além disso, a mandaçaia encontra-se intimamente associada à presença de umburanas de cambão (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett - Burseraceae), uma vez que preferencialmente alojam-se nos ocos dos troncos e galhos destas árvores. Dessa forma, com o desaparecimento das umburanas por diversas razões (desmatamento, uso em cercas, artesanato e até mesmo na manufatura de caixas racionais para abelhas), pode-se compreender o desaparecimento da mandaçaia nos últimos anos, além das outras razões que também contribuíram para isso (como a ação de meleiros, e a excessiva ação antrópica, destruindo a Caatinga e expandindo áreas agrícolas e agropecuárias). A preferência das abelhas por certas árvores para alojar seus ninhos foi mencionada anteriormente por Martins et al. (2004) que inclusive identificaram a umburana de cambão como sendo a segunda espécie mais utilizada (-34%) pelas abelhas sem ferrão para nidificar na região do Seridó (PB) e João Câmara (RN).

Entre as outras espécies encontradas nas zonas rurais, pode-se considerar com potencial para meliponicultura a abelha branca (*Frieseomelitta doederleini* Ihering) - para produção de pólen e resina, e a manduri (*Melipona asilvai* Moure) - para produção de mel. Além disso, destacam-se ainda a mosquito (*Plebeia* sp. Schwarz), a irapuá (*Trigona spinipes* Fabricius) e o sanharol (*Trigona fuscipennis* Friese) que podem ser citadas como potenciais para utilização em serviços de polinização. Embora estas duas últimas abelhas sejam muitas vezes mencionadas como pragas pelos produtores por destruírem partes de flores e frutos de plantas cultivadas, dada a sua abundância e presença maciça em diversas espécies vegetais, acredita-se que sejam importantes como polinizadoras também (RIBEIRO et al., 2009b).

Recursos forrageiros nativos da Caatinga

As áreas de Caatinga do Nordeste apresentam um regime de chuvas cuja deficiência hídrica ocorre na maior parte do ano e sua área abrange centenas de milhares de quilômetros quadrados, apresentando grande heterogeneidade espacial e temporal (MENEZES; SAMPAIO, 2000). A zona semiárida que ocupa aproximadamente 60% a 65% da área total do Nordeste (LIRA et al., 1990), apresenta irregularidade de distribuição de chuvas e altas taxas de evapotranspiração, o que influenciam de forma significativa a disponibilidade e qualidade da forragem nessas áreas. Essa região, apesar de possuir solos com fertilidade natural média a alta, tem como principal fator limitante do crescimento das forrageiras um acentuado déficit hídrico na maioria dos meses do ano. Sob tais condições ocorre uma marcante estacionalidade na produção de forragem (RANGEL et al., 2001).

A criação de ruminantes no Semiárido especialmente de ovinos e caprinos tem sido realizada quase sempre extensivamente na Caatinga, tendo como fonte alimentar a forragem oriunda da vegetação nativa, e, na maioria das vezes, em condições de superpastejo. Essa prática é apontada por muitos estudiosos como um dos principais fatores de degradação do bioma em grande parte do semiárido (PEREIRA et al., 2007). Diante disso, o que deve ser proposto, para a região, são sistemas de produção competitivos e sustentáveis para esses animais domesticados.

Apesar de, em muitas situações, a base da alimentação dos rebanhos ser a vegetação nativa da Caatinga, em algumas delas essa vegetação nativa é substituída por forrageiras cultivadas como capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Daudy), capim-pangolão (*Digitaria pentzii* Stent), além das palmas forrageiras (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). A presença de leguminosas forrageiras nativas a exemplo de espécies dos gêneros *Stylosanthes*, *Macroptilium*, *Desmanthus*, dentre outros, melhora a qualidade da dieta dos ruminantes, especialmente na época seca, além de contribuir com a fixação biológica de nitrogênio atmosférico.

Em alguns poucos sítios ecológicos da Caatinga, por haver predominância de forrageiras anuais do estrato herbáceo, que apresentam um crescimento rápido,

é comum, durante o período chuvoso, se observar excesso de forragem (SILVA et al., 1999). Entretanto, na maior parte do Semiárido a vegetação da Caatinga caracteriza-se pela predominância de um estrato arbustivo-arbóreo, composto por plantas de baixo potencial forrageiro, com baixa capacidade de suporte, resultando em um baixo rendimento animal (LIMA, 1984). Guimarães Filho et al. (1995) relataram valores de 12 ha/UA/ano a 15 ha/UA/ano para a capacidade de suporte da Caatinga. Considerando-se apenas a época chuvosa do ano, a capacidade de suporte dessa vegetação oscila de 4 ha/UA/ano a 5 ha/UA/ano.

Se em termos quantitativos a Caatinga apresenta uma disponibilidade de fitomassa relativamente baixa, estudos realizados por Silva et al. (1997) no Sertão de Pernambuco com base em aspectos qualitativos, constataram que, em termos de proteína, por exemplo, a dieta de bovinos alimentados na Caatinga está quase sempre acima do nível mínimo necessário, em qualquer época do ano. Nessa mesma região, valores semelhantes foram observados por Moreira (2005), que encontrou uma disponibilidade de fitomassa da ordem de 2.780 kg/ha. Quanto à qualidade, especialmente relacionada à proteína bruta, apesar de se observar valores relativamente altos, o seu aproveitamento pelo animal é discutível visto que percentuais elevados dessa proteína encontram-se ligados à FDA, por consequência, indisponível.

Diversos estudos têm revelado que mais de 70% das espécies botânicas da Caatinga participam significativamente da composição da dieta dos ruminantes domésticos. De acordo com Araújo Filho e Crispim (2002), durante a estação das chuvas, a maior parte da forragem é proporcionada pelo estrato herbáceo, com baixa participação da folhagem de árvores e arbustos. No entanto, à medida que a estação seca se pronuncia, a folhagem das espécies lenhosas, passa a constituir a principal fonte de forragem para os animais.

O potencial forrageiro de espécies nativas da Caatinga tem sido pouco estudado ao longo dos anos, optando-se por utilizar recursos exóticos a selecionar e melhorar as espécies nativas. Há um determinado consenso, de que as gramíneas nativas são muito inferiores, em potencial produtivo, às africanas, mas há muito pouca comparação científica e quase nenhuma tentativa de melhoramento dessas espécies. Acredita-se que as leguminosas nativas têm um

grande potencial forrageiro, mas sua quantificação é incipiente. Sobre as forrageiras de outras famílias, há pouco mais que listagens parciais (PEREIRA et al., 2007).

De acordo com Drumond et al. (2004), entre as diversas espécies da Caatinga com potencial forrageiro, pode-se destacar a maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & K. Hoffm.), o angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), o pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart), a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul), a catingueira rasteira (*Caesalpinia microphylla* Mart), a favela (*Cnidocolobium quercifolium* Pax & K. Hoff.), a canafistula (*Senna spectabilis* (DC.) Irwin et Barn), o marizeiro (*Geoffroea spinosa* Jacq.) o mororó (*Bauhinia* sp.), o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), o rompe gibão (*Pithecolobium avaremotemo* Mart.), o juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), a jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Willd), o engorda-magro (*Desmodium* sp.), a marmelada de cavalo (*Desmodium* sp.), o feijão bravo (*Phaseolus firmulus* Mart), a camaratuba (*Cratylia mollis* Mart), o mata pasto (*Senna* sp.) e as urinárias (*Zornia* spp.), entre as espécies arbóreas, arbustivas e semi-arbustivas. Destacam-se ainda as cactáceas forrageiras como, por exemplo, o facheiro (*Pilosocereus pachycladus* Ritter) e o mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.).

Nesse capítulo foram destacadas as espécies mais trabalhadas pela Embrapa Semiárido, descrevendo suas principais características. A jureminha (*Desmanthus virgatus* Mart. ex Benth) é uma leguminosa arbustiva, perene, pertencente a sub-família Mimosoideae, constituída por 60 gêneros e aproximadamente 2.500 espécies de ampla distribuição geográfica. Tem ampla ocorrência na Região Nordeste, especialmente em solos de alta fertilidade natural. Sua rusticidade, agressividade e persistência permitem o pastejo direto, podendo ser utilizada também para formação de banco de proteínas ou em consórcio com gramíneas. É uma espécie rica em minerais e proteínas, não apresentando princípio tóxico para os animais (FIGUEIREDO et al., 2000). É usada para forragem e pasto, possui alta palatabilidade, elevada taxa de crescimento e resiste ao corte e pastejo, possibilitando até quatro cortes por ano. Além disso, dispõe de alta taxa de produção de sementes, sendo tolerante às regiões semiáridas adaptando-se a índices pluviométricos entre 250 mm e 1.500 mm. Cultivada nas condições de sequeiro, em Petrolina, PE, produziu cerca de 1.275kg/ha ano⁻¹ (OLIVEIRA; SILVA, 1988).

O feijão bravo (*Capparis flexuosa* (L.) L. é uma planta de porte arbustivo-arbóreo, apresentando folhas perenes, que se desenvolve em muitas áreas da região semiárida e que caracteriza-se por apresentar produção durante o período seco, independentemente do ciclo das chuvas. Nesse período, principalmente, é bastante apreciada pelos animais que ramoneiam a Caatinga, quando normalmente não há disponibilidade de forragem verde de outras espécies (SOARES, 1989). Esse mesmo autor trabalhando com a fenologia do feijão-bravo e utilizando diferentes densidades de plantio, observou que no tratamento de maior densidade as produções de matéria seca foram constituídas de aproximadamente 50% de cada componente (folhas e frutos). Quanto à qualidade da forragem produzida foram observados valores médios de 52,75%; 18,79%; 34,31%; 5,31%; 30,45% e 10,80%, para os teores de MS, PB, FB, EE, ENN e MM, respectivamente.

Uma outra espécie estudada pela Embrapa Semiárido é a camaratuba (*Cratylia mollis* Mart. ex Benth), arbusto pertencente à família, Papilionoideae, subfamília Faboideae, de ocorrência na América do Sul. De acordo com Silva e Souza (1986) é uma forrageira perene de grande resistência à seca abundante na maioria dos estados do Nordeste e que tem se constituído num valioso recurso para a alimentação dos rebanhos tanto no período chuvoso como no período seco. Em avaliação realizada em Petrolina, PE, Oliveira e Silva (1988) obtiveram cerca de 1700 kg de MS/ha com 20% de PB e 50% de DIVMS. De acordo com Araújo et al. (2003) esta é a forrageira arbustiva mais promissora em termos de fontes potenciais de proteína, entre as espécies nativas.

A pustumeira (*Gomphrena elegans* var. *elegans* Mart.) é uma espécie perene da família Amaranthaceae, que ocorre de forma espontânea nas Caatingas, em capoeiras e Cerrados e que apresenta um grande potencial forrageiro. A espécie é altamente palatável e bastante rústica (ARAÚJO, F. et al., 2003). As características da arquitetura da planta, como ramos finos e tenros, e seus valores nutritivos expressam o valor forrageiro desta espécie. Araújo, G. et al. (2003), em estudo com a pustumeira, realizado sob condições de sequeiro, encontrou valores médios de PB da folha e PB do caule iguais a 22,6% e 13% respectivamente, e DIVMS de 56,3% e 32,5%, para folhas e caule, respectivamente. Já Aragão et al. (2008), também em cultivo de sequeiro,

observaram uma concentração de proteína na fração folha, cujos valores observados foram de 17,0%, 9,4% e 13,1%, para folha, haste e planta inteira, respectivamente.

As maniçobas ou mandiocas bravas (*Manihot* spp.) são nativas da Caatinga e, na maioria das vezes, tem sido subutilizadas em relação ao potencial alimentar, forrageiro e energético que apresenta. Assim, a Embrapa Semiárido e parceiros vem desenvolvendo estudos voltados para a avaliação dessas plantas na suplementação alimentar do rebanho caprino-ovino, dada a importância dessa atividade na economia regional.

Diante da diversidade de espécies do gênero *Manihot* e de variedades da espécie mais cultivada (*Manihot esculenta* Cranz), surgiram híbridos naturais identificados na região como potenciais tanto na alimentação humana como animal. Esses híbridos naturais, ocorrentes entre as diferentes espécies do gênero *Manihot*, são chamados regionalmente de pornunça, pornona, mandioca de jardim ou mandioca de sete anos. A pornunça é um híbrido que surgiu naturalmente entre plantas do gênero *Manihot* (cultivadas e silvestres) e apresenta características das duas progenitoras. O formato das folhas e os frutos da pornunça são semelhantes aos da mandioca, enquanto que os caules apresentam predominância de espaços lisos com apenas alguns pontos com protuberâncias, similares aos das maniçobas. Com isso, a pornunça apresenta qualidades forrageiras e de rusticidade de espécies bem adaptadas ao ambiente da Caatinga.

Dantas et al. (2006) constataram adequado processo de fermentação em função da redução do pH nos períodos de incubação da pornunça, o que viabiliza o processo de ensilagem da planta. Além disso, essa espécie apresenta valor nutritivo próximo ao da maniçoba, porém maior produtividade, principalmente se submetida a diversas podas ao ano (SILVA; SANTANA, 2005). Com isso, tanto a pornunça como a maniçoba, são recomendadas para uso na alimentação de caprinos e ovinos, apresentando teores de nutrientes essenciais a este rebanho, principalmente proteína, compatíveis com uma dieta adequada aos animais criados no Semiárido (FERREIRA et al., 2009).

Considerações finais

Diante do desafio que se apresenta para o novo milênio, de melhorar a qualidade de vida sem alterar, de forma irreversível, os ecossistemas naturais, a busca por formas sustentáveis de uso dos recursos naturais tem se tornado cada vez mais urgente. Para o Semiárido, a utilização desses recursos se apresenta não só como uma alternativa viável, mas também como uma forma para estimular a permanência da população na região. Ações participativas acompanhadas de um conjunto de inovações técnicas, econômicas e sociais adaptadas e suas diversas combinações valorizam os arranjos produtivos locais. Nesse sentido, o desafio que se coloca para o desenvolvimento da região é a consolidação dos potenciais já existentes e a identificação de novas oportunidades econômicas, traduzidas na geração de emprego e renda para os agentes locais.

Assim, entende-se que é possível conciliar a conservação e a preservação dos recursos naturais e o uso racional da terra, bem como descobrir e desenvolver métodos e tecnologias não destrutivos de usos dos recursos florestais que sejam aplicáveis à região. Desta forma, torna-se evidente a necessidade do conhecimento da flora, fauna, solo e clima, com informações fundamentais para o desenvolvimento de quaisquer estratégias de ações, evidenciando o valor da biodiversidade, que venham a contribuir para um melhor planejamento de manejo, uso e enriquecimento da Caatinga.

Algumas estratégias para o uso sustentável da Caatinga vêm sendo utilizadas, embora haja a necessidade de se discutir novas propostas mais adequadas às condições regionais, bem como que venham subsidiar o preenchimento das lacunas existentes.

No que se refere ao potencial apícola, os estudos mostram que a importância da flora nativa para a exploração apicultura/meliponicultura é indiscutível, apontando as várias regiões fitoecológicas, a diversificação das espécies botânicas e o comportamento fenológico diferenciado como alguns dos fatores que contribuem para esse mérito. Por outro lado, os estudos alertam para o fato de que o desmatamento vem prejudicando a atividade de criação de abelhas.

A retirada de componentes do estrato arbóreo é destacada, uma vez que as espécies que o compõem fornecem alimento para as abelhas no período crítico

de escassez de alimento. Da mesma forma, estudos apontam que a retirada de espécies vegetais também pode afetar drasticamente a disponibilidade de locais para nidificação. Como alternativas, sugere-se o desenvolvimento de programas específicos com o estímulo e preservação da vegetação, o enriquecimento do pasto apícola e a conscientização dos produtores sobre a necessidade da conservação do meio ambiente e repovoamento das espécies vegetais ameaçadas de extinção.

Algumas espécies de abelhas sem ferrão oferecem alternativas (meliponicultura) e possuem potencial para a produção de mel ou pólen e resina. Entretanto, somente estudos detalhados sobre o manejo e extração de produtos apícolas poderão concretizar esta potencialidade. Outro fato importante seria o investimento em cursos de capacitação para os produtores, tanto em relação à criação e manejo destas abelhas, como nas boas práticas de extração e beneficiamento de seus produtos.

A prospecção de espécies nativas da Caatinga com potencial medicinal e cosmético, para o desenvolvimento de produtos diferenciados e com alto valor agregado para exploração de novos segmentos de mercado, seria uma alternativa para a região, buscando identificar não só a variabilidade genética e química, como também o desenvolvimento de metodologias para produção e conservação. A formação de Bancos Ativos de Germoplasma permitirá que acessos possam ser multiplicados para recompor áreas, amenizando a redução das populações naturais e o risco de erosão genética de importantes genótipos, assim como serem utilizados em estudos futuros de genética e melhoramento.

A valorização e o interesse crescente da indústria farmacêutica e de cosméticos pelo desenvolvimento de medicamentos e produtos a partir das espécies nativas, é uma realidade, e a geração de tecnologias que possibilite sua exploração sustentável poderá ser uma opção de renda aos agricultores familiares da região semiárida, a partir do fornecimento de matérias primas para este segmento de mercado.

Referências

- ALBUQUERQUE, S. G. de.; BANDEIRA, G. R. L. Effect of thinning and slashing on foragephytomass from a caatinga 01 Petrolina, Pernambuco, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 6, p. 885-891, jun. 1995.
- ANDRADE-LIMA, D. de. **Recursos vegetais de Pernambuco**. Recife: IPA, 1970. 32 p. (IPA. Boletim Técnico, 41. CONDEPE. Agricultura, 1).
- ANJOS, J. B. dos. **Extrator de sucos vegetais a vapor**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1999. 3 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 85).
- ARAGÃO, A. S. L.; ARAÚJO, F. P.; PEREIRA, L. G. R.; COSTA, C. T. F.; MOREIRA, J. N.; BRANDÃO, W. N.; AZEVEDO, S. G. Relação caule/folha e composição bromatológica da Pustumeira submetida a diferentes espaçamentos e adubação. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. 1 CD-ROM.
- ARAÚJO, F. P. de. **Métodos de enxertia na propagação do umbuzeiro** (Spondias tuberosa A.Cam.) em diferentes épocas do ano. 1999. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.
- ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F.; MOREIRA, J. N.; CAVALCANTI, N. de B. **Avaliação do índice de pegamento de enxertos de espécies de Spondias em plantas adultas de umbuzeiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Arido, 2000. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Pesquisa em Andamento, 100).
- ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F.; CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de. Influência do período de armazenamento das sementes de umbuzeiro na sua germinação e no desenvolvimento da plântula. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 36-39, 2001.
- ARAÚJO, F. P. de; SILVA, G. C. da; SANTOS, C. A. F. dos. Formação de raízes modificadas, tipo xilopódios em araticum (*Annona coriacea* Mart). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53.; REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 25., 2002, Recife. **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora brasileira: resumos**. Recife: Sociedade Botânica do Brasil: Universidade Federal Rural de Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 2002. p. 104.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de; CRISPIM, S. M. A. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, 1., 2002. Disponível em: <www.conferencia.uncnet.br/pantanal/index.php?lin=pt>. Acesso em: 27 nov. 2009.
- ARAÚJO, G. G. L.; HOLANDA JÚNIOR., E. V.; OLIVEIRA, M. C. Alternativas atuais e potenciais de alimentação de caprinos e ovinos nos períodos secos no semi-árido brasileiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2., 2003, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: EMEPA, 2003. v. 1, p.553-564.

ARAÚJO, F. P. de; ARAÚJO, G. G. L. de; MELO, N. F. de. Pustumeira (*Gromphrena elegans* Mart. var. *elegans*): uma nova e boa opção forrageira para áreas de sequeiro. In : CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 54.; REUNIÃO DE BOTÂNICOS DA AMAZÔNIA, 3., 2003, Belém, PA. **Resumos...** Belém, PA: SBB, 2003. 1CD-ROM.

ARAÚJO, F. P. de; MELO, N. F. de; LIMA, M. A. C.; CASTRO, J. M. da C. Produção, qualidade dos frutos e uso do araçazeiro como porta-enxerto da goiabeira em áreas infestadas com nematóides. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória. **Frutas para todos: estratégias, tecnologias e visão sustentável: anais.** Vitória: INCAPER: SBF, 2008. 1 DVD.

ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F. Substituição de copa do umbuzeiro por algumas espécies do gênero *Spondias*. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 27., 2004, Petrolina. [Anais...]. Petrolina: SBB, 2004. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, F. P. de. Potencialidades de fruteiras da caatinga. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 27., 2004, Petrolina. [Anais...]. Petrolina: SBB, 2004. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de. **Fruticultura de sequeiro: uma alternativa para o desenvolvimento sustentável.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. Não paginado. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, 73).

ARAÚJO, F. P. de. Algumas considerações sobre as bases tecnológicas para o fortalecimento da fruticultura de sequeiro. In: ENCONTRO DA REDE DE RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS DO ESTADO DA BAHIA, 3.; SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS DE PLANTAS CULTIVADAS NO NORDESTE BRASILEIRO, 2., 2008, Vitória da Conquista. **Resumos expandidos...** Vitória da Conquista: UESB, 2008. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, F. P. de; SILVA, N. da; QUEIROZ, M. A. de. Divergência genética entre acessos de *Passiflora cincinnata* Mast com base em descritores morfoagronômicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 723-730, set. 2008.

AYALA, F. J. M. Molecular genetics and evolution. In: AYALA F. J. (Ed.). **Molecular evolution.** Massachusetts: Sinauer Associates, 1997. p. 1-20

CAPOBIANCO, J. P. R. Artigo base sobre biomas brasileiros In: CAMARGO, A.; CAPOBIANCO, J. P. R.; OLIVEIRA, J. A. P. de (Org.). **Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92.** São Paulo: Estação Liberdade: Instituto Socioambiental; Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. p. 117-155.

CARVALHO, G. H. de. Contribuição para a determinação da reserva madeireira do Sertão Central do Estado de Pernambuco. **Boletim de Recursos Naturais**, Recife, v. 9, p. 289-312, jan/fev. 1971.

CASTELLETTI, C. H. M.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: SILVA, J. M. TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (Org.) **Biodiversidade da Caatinga: áreas prioritárias para preservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: UFP, 2004. p. 91-100.

CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. A colheita de frutos do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) pelos agricultores da região semi-árida do Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SOBER, 2004. 1 CD-ROM.

CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. de L. Levantamento da produção de xilopódios e os efeitos de sua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de imbuzeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 927-942, set./out., 2002.

DANTAS, F. R., ARAÚJO, G. G. L. de; BARROSO, D. D.; MEDINA, F. T.; TOSTO, M. S. L.; CHAGAS, E. C. de O.; ALVES, M. J.; VASCONCELOS, M. A. X.; SÁ, M. R. A. de. Qualidade das silagens de maniçoba "*Manihot pseudoglaziovii*" e pornunça "*Manihot spp*" sob diferentes épocas de abertura dos silos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ: UFPB, 2006. 1 CD-ROM.

DRUMOND, M. A. Reflorestamento na região Semi-árida do Nordeste brasileiro. In: NOVAES, A. B. de; SAO JOSÉ, A. R.; BARBOSA, A. de A.; SOUZA, I. V. B. (Ed.). **Reflorestamento no Brasil**. Vitória da Conquista: UESB, 1992. p. 28-64.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. Introducción y selección de especies arbóreas forrajeras en el área Semiárida del Estado de Pernambuco, Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO IUFRO. EL MANEJO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS FLORESTALES, DESAFIO DEL SIGLO TEMA 4, 1., 1998, Valdivia. **Anais...** Valdivia: IUFRO: CONAF, 1998. 1 CD-ROM.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C. de; OLIVEIRA, V. R. de; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. de S. Estratégias de uso sustentável da biodiversidade da caatinga. In: Silva, J. M. C.; TABARELLI, M.; Lins, L. V. (Org.). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: UFPE, 2004. p. 329-340.

DRUMOND, M. A.; PIRES, I. E.; OLIVEIRA, V. R. de; OLIVEIRA, A. R. de; ALVAREZ, I. A. Produção e distribuição de biomassa de espécies arbóreas no Semi-Árido brasileiro. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 04, p. 665-669, jul./ago. 2008.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; NASCIMENTO, C. E. de S. Inventário e sociabilidade de espécies arbóreas e arbustivas da Caatinga na região de Petrolina, PE. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, n. 74, p. 37-43, 2002.

DRUMOND, M. A.; LIMA, P. C. F.; SOUZA, S. M. de; LIMA, J. L. S. de. Sociabilidade das espécies florestais da Caatinga em Santa Maria da Boa Vista-PE. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 4, p. 47-59, jun. 1982.

- DRUMOND, M. A.; PIRES, I. E.; BRITO, J. O. Algarobeira: uma alternativa para preservar as espécies nativas do Nordeste semi-árido. In: SEMINÁRIO SOBRE POTENCIALIDADE FLORESTAL DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1., 1984, João Pessoa. **Silvicultura**. São Paulo: SBS, 1984. v. 37. p. 51-52.
- FERREIRA, A. L.; SILVA, A. F.; PEREIRA, L. G. R.; BRAGA, L. G. T.; MORAES, S. A. de; ARAÚJO, G. G. L. de. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 1, p. 983-990, jan/mar, 2009. Disponível em: <<http://www.rbspa.ufba.br>>. Acesso em: 15 dez. 2009.
- FIGUEIREDO, M. V.; GUIM, A.; PIMENTA FILHO, E. C.; SARMENTO, J. L. R.; ANDRADE, M. V. M.; PINTO, M. S. C.; LIMA, J. A. Avaliação da composição bromatológica e digestibilidade "in vitro" do feno de *Desmanthus virgatus*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000. Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000. p. 29.
- FREITAS, B. M. Caracterização e fluxo de pólen e néctar na Caatinga do Nordeste In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996. p. 181-185.
- GASTON, K. J. Global pattern in biodiversity. *Nature*, [S.l.], n. 405, p. 220-227, 2000.
- GOEDERT, C. O. Histórico e avanços em recursos genéticos no Brasil. In: NASS, L. L. (Ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 24-60.
- GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G. G.; RICÉ, G. R. **Sistema caatinga-buffel-leucena para produção de bovinos no Semi-árido**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1995. 39 p. (Embrapa-CPATSA. Circular Técnica, 34).
- KILL, L. H. P.; HAJI, F. N. P.; LIMA, P. C. F. Visitantes florais de plantas invasoras de áreas com fruteiras irrigadas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 575-580, jul./set. 2000.
- KILL, L. H. P. (Coord.). **Plantas da caatinga ameaçadas de extinção: estudos preliminares e manejo - relatório final**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido: 2008. 302 p. il.
- LANDE, R. Mutation and conservation. **Conservation Biology**, [Hoboken], n. 9, p. 782-791, 1995.
- LIMA FILHO, J. M. P. Internal water relations of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 518-521, 2001.
- LIMA, G. F. C. **Determinação de fitomassa aérea disponível ao acesso animal em Caatinga pastejada - região de Ouricuri-PE**. 1984. 244 f. Dissertação (Mestrado em nutrição animal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LIMA, J. L. S. de; SERPA, F. da G.; SÁ, I. B.; MENDONCA, A. L.; DUARTE, E. S. **Características físico-mecânicas e energéticas de madeiras do Trópico Semi-Árido do Nordeste do Brasil.** Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1996. 12 p. (Embrapa-CPATSA. Comunicado Técnico, 63).

LIMA, P. C. F.; DRUMOND, M. A.; SOUZA, S. M. de; LIMA, J. L. S. de. Inventário florestal da Fazenda Canaã. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. **Silvicultura**, São Paulo, n. 14, p. 398-399. Edição especial. Anais.

LIRA, M. de A.; FARIAS, I.; SANTOS, M. V. F. dos. Alimentação de bovinos no Nordeste: experimentação com forrageiras e pastagens. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 1990, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SNPA: UFPB, 1990. p. 108-133.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de Araucaria angustifolia (Bert). O. Ktze no Sul do Brasil.** 1980. 198 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACEDO, J. F.; MARTINS, R. P. A estrutura da guida de abelhas e vespas visitantes florais de *Walteria americana* L. (Sterculiaceae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 4, p. 617-633, 1999.

MARTINS, C. F.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; KOEDAM, D.; IMPERATIZ-FONSECA, V. L. Espécies arbóreas utilizadas para nidificação por abelhas sem ferrão na Caatinga (Seridó, PB; João Câmara, RN). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 4, n. 2, 2004. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?article+BN00104022004>>. Acesso em: 15 mar. 2007.

MEFFEG, K.; CARROL, C. R. Genetics: conservation of diversity within species. In: MEFFE, G. K.; CARROL, C. R. (Ed.). **Principles of conservation biology.** Massachusetts: Sinauer Associates, 1997. p. 161-202.

MENDES, B. V. **Sabiá** (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.): valiosa forrageira arbórea e produtora de madeira das caatingas. Mossoró: ESAM, 1989. 31 p. il. (ESAM. Coleção Mossoroense. Série B, 660).

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Agricultura sustentável no Semi-árido nordestino In: OLIVEIRA, T. S.; ROMERO, R. E.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; SILVA, J. R. C. S. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o Semi-árido.** Fortaleza: SBCS: UFC, 2000. p. 20-46.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga:** relatório final. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteúdo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3813&idConteúdo=5979>>. Acesso em: 11 jan. 2008.

- MOREIRA, J. N. **Produção de leite de vacas Guzerá e Girolando utilizando a caatinga, no período chuvoso e pasto de capim buffel diferido, no período seco, no Sertão de Pernambuco.** 2005. 91 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- NASCIMENTO, C. E. de S.; SANTOS, C. A. F.; CAMPOS, C. de O. Banco de germoplasma de umbuzeiro. In: WORKSHOP PARA CURADORES DE BANCOS DE GERMOPLASMA DE ESPECIES FRUTIFERAS, 1997, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. p. 180-184.
- NASCIMENTO C. E. de S.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de. **Produção de mudas enxertadas de umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arruda). Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. 14 p. il. (Embrapa Semiárido. Circular Técnica, 48).
- NASCIMENTO, C. E. de S.; SANTOS, C. A. F.; CAMPOS, C. de O. Caracterização e avaliação preliminar de árvores nativas de umbuzeiro para a formação de banco de germoplasma. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 11., 1995, Natal. **Resumos...** Natal: UFRN: SBG, 1995. p. 74.
- NASCIMENTO, C. E. de S.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de; DRUMOND, M. A. Banco de germoplasma do umbuzeiro: novos acessos e avaliações preliminares aos oito anos de idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBF, 2002. 1 CD-ROM.
- NASCIMENTO, C. E. de; OLIVEIRA, V. R. de; NUNES, R. F. de M.; ALBUQUERQUE, T. C. S. de. Propagação vegetativa do umbuzeiro. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Floresta para o desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado: anais**: São Paulo: SBS: SBEF, 1993. v 2, p. 454-456.
- OLIVEIRA, M. C. de; SILVA, C. M. M. de S. **Comportamento de algumas leguminosas para forrageiras para pastejo direto e produção de feno na região semiárida do Nordeste.** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 6 p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 24).
- OLIVEIRA, V. R. de; SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, C. E. de S.; ARAÚJO, F. P. de; DIAS, R. de C. S.; DRUMOND, M. A.; SOUZA, R. N. C. de. Caracterização preliminar de acessos do banco de germoplasma de umbuzeiro da Embrapa Semiárido. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2008, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. p. 159.
- PEREIRA, L. G. R.; ARAÚJO, G. G. L. de; VOLTOLINI, T. V.; BARREIROS, D. C. Manejo nutricional de ovinos e caprinos em regiões semi-áridas. In: SEMINÁRIO NORDESTINO DE PECUÁRIA, 11., 2007, Fortaleza. **Repensando o agronegócio da pecuária: novos caminhos.** Fortaleza: FAEC, 2007. 14 p.
- PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 80, p. 902-927, 1993.

QUEIROZ, M. A. de; NASCIMENTO, C. E. de S.; SILVA, C. M. M. de S.; LIMA, J. L. dos S. Fruteiras nativas do Semi-árido do Nordeste brasileiro: algumas reflexões sobre seus recursos genéticos. In: CONGRESSO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF: SBF, 1993. p. 87-92.

RANGEL, J. H. de A.; CARVALHO FILHO, O. M.; ALMEIDA, S.A. Experiências com o uso da *Gliricidia sepium* na alimentação animal no Nordeste brasileiro. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. da C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. cap. 7, p.139-152.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R de; DRUMOND, M. A. **Sabiá** (*Mimosa caesalpiniaefolia*): árvore de múltiplo uso no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 104).

RIBEIRO, M. de F.; RODRIGUES, F.; FERNANDES, N. de S. Ocorrência de ninhos de abelhas sem ferrão (*Hymenoptera*, Apoidea) em centros urbanos e áreas rurais do Pólo Petrolina (PE) - Juazeiro (BA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 6.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2., 2009, Curitiba. **Anais: agricultura familiar e camponesa: experiências passadas e presentes construindo um futuro sustentável.** Curitiba: ABA: SOCLA, 2009a. 1 CD-ROM.

RIBEIRO, M. de F.; RODRIGUES, F.; FERNANDES, N. de S. Abelha Irapuá (*Trigona spinipes*): uma potencial polinizadora da romã (*Punica granatum*)? **Magistra**, Cruz das Almas, v. 21, p. 82, nov. 2009b. Número especial. Edição dos Resumos do I Congresso Nordestino de Apicultura e Meliponicultura e Feira da Cadeia Apícola, Salvador, nov. 2009.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. de; NASCIMENTO, C. E. de S.; LIMA FILHO, J. M. P. Umbuzeiro como porta-enxerto de outras *Spondias* em condições de sequeiro: avaliações aos cinco anos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. 1 CD-ROM.

SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no Semi-árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, p. 923-930, 1997.

SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P. de; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; LIMA FILHO, J. M. P.; OLIVEIRA, V. R. de; KIILL, L. H. P.; MELO N. F. Potencial das fruteiras nativas para a inclusão social e a sustentabilidade do agronegócio irrigado no semi-árido brasileiro. In: Romão, R. L.; RAMOS, S. R. R. (Org.). **Recursos genéticos vegetais no Estado da Bahia.** Feira de Santana: UEFS, 2005. p. 33-47.

SANTOS, R. F.; KIILL, L. H. P.; ARAÚJO, J. L. P. Levantamento da flora melífera de interesse apícola no município de Petrolina-PE. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 221-227, jul./set. 2006.

- SANTOS, C. A. F.; LIMA FILHO, J. M. P. **Avaliação do umbuzeiro como porta-enxerto de outras *Spondias* cultivadas sob condições de sequeiro em Petrolina**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. 20 p. (Embrapa Semi-Árido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 76).
- SILVA, A. F.; SANTANA, L. M. de. Crescimento de mandioca, maniçoba e pornunça conduzidas sob podas em épocas distintas na região Semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., 2005, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: Governo do Estado de Mato Grosso do Sul : Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 1 CD-ROM.
- SILVA, N. L. da; ARAÚJO FILHO, J. A. de; SOUZA, F. B. de; ARAÚJO, M. R. A. Pastoreio de curta duração com ovinos em caatinga raleada no sertão cearense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 135-140, jan. 1999.
- SILVA, V. M. da; ARAUJO FILHO, J. A.; REGO, M. C.; GADELHA, J. A.; SILVA, M. J. A.; PEREIRA, V. L. A. Comportamento dietético de bovinos em caatinga com diferentes níveis de manipulação. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 10, p. 117-124, jan/dez. 1997. Número especial.
- SILVA, F. B. R. e; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C. de; BRITO, L. T. de L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, A. B. da; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA-CNPS, 1993. 1 mapa. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 80).
- SILVA, C. M. M. de S.; SOUZA, S. M. de. **Como produzir mudas de camaratuba**. Petrolina : EMBRAPA-CPATSA, 1986. 2 p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 16)
- SOARES, J. G. G. **Avaliação do feijão-bravo (*Capparis flexuosa* L.) em condições de cultivo para produção de forragem**. Petrolina: EMPRAPA-CPATSA, 1989, 4 p. (EMBRAPA-CPATSA. Pesquisa em Andamento, 58).
- SOUZA, F. X. de; ARAUJO, C. A. T. **Avaliação dos métodos de propagação de algumas *Spondias* agroindustriais**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1999. 4 p.(EMBRAPA-CNPAT. Comunicado Técnico, 31).
- TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. de S.; CARVALHO, G. H. de; LIMA, J. L. S. de. Inventário florestal de Pernambuco: estudo preliminar das matas remanescentes dos municípios de Ouricuri, Bodocó, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina. **Boletim de Recursos Naturais**, Recife, v. 8, n. 1/2, p. 149-194, 1970.

Processos de desertificação no Semiárido brasileiro



Capítulo 4

**Iêdo Bezerra Sá
Tony Jarbas Ferreira Cunha
Antonio Heriberto de Castro Teixeira
Francislene Angelotti
Marcos Antonio Drumond**

Introdução

A região semiárida do Brasil apresenta condições climáticas adversas, com ciclos de secas acentuadas e atividades voltadas para sistemas agropastoris, resultando em processos de desertificação com elevada severidade, principalmente nas áreas mais secas, onde os recursos naturais são mais vulneráveis. Os trabalhos já realizados na região demonstram esta realidade sobre os solos, cujos processos erosivos constituem os indícios mais marcantes da desertificação, e sobre a vegetação natural, cuja diversidade sofre uma forte pauperização.

É reconhecido que as regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas dispõem de um potencial suficiente para o desenvolvimento sustentável de suas populações (PAN BRASIL, 2004). Entretanto, alguns resultados pouco animadores, principalmente no que concerne aos elevados custos sociais e à pressão sobre os recursos naturais, com consequências nos próprios modelos de crescimento, repetem-se e indicam a necessidade, cada vez maior, de reflexão e reformulação na conceituação básica do desenvolvimento.

Neste capítulo, buscou-se aportar uma parcela de conhecimento sobre as áreas que se encontram em processos de desertificação no Semiárido do Brasil. São descritos os conceitos e as interrelações ambientais, a preocupação entre o fortalecimento das atividades produtivas frente às questões ambientais, as mudanças no uso da terra e a produção de biomassa em ambientes semiáridos, a susceptibilidade natural dos solos aos processos de desertificação e uma contextualização do cenário de mudanças climáticas no Semiárido frente à desertificação.

O conceito de desertificação

O termo desertificação é, usualmente, relacionado à ideia de deserto físico. Por esta razão, é possível encontrar referências a áreas de extrema secura, nas quais não se pratica nenhuma agricultura, salvo em uns poucos oásis. Também, se reportam às áreas desertificadas para se referir àqueles lugares onde, embora existam precipitações, estas se concentram em períodos muito breves do ano. Por outro lado, o termo desertificação se emprega muitas vezes como sinônimo de degradação. Na realidade, desertificação se trata de uma degradação extrema e se aplica à terra, à cobertura vegetal e à biodiversidade e denota perda da

capacidade produtiva. A Figura 1 exemplifica um espaço rural degradado do ponto de vista da cobertura vegetal.



Figura 1. Área totalmente desprovida de vegetação arbóreo-arbustiva no Semiárido.

Existe um amplo consenso de que a degradação das terras é consequência da ação humana e de fatores climáticos, enquanto que a desertificação é a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas e este processo é o resultado da interação de diferentes e complexos fatores derivados das atividades humanas e das variações climáticas. Esta definição foi adotada por quase todos os países do mundo signatários da Convenção das Nações Unidas de Luta Contra a Desertificação. As variações do clima referem-se a qualquer mudança do clima que ocorra ao longo do tempo, em decorrência da variabilidade natural ou da atividade humana (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2007). Estas mudanças resultam em uma série de episódios que funcionam como efeito em cadeia, representado na Figura 2.



Figura 2. Representação esquemática dos efeitos das mudanças climáticas.

Fonte: PAN Brasil (2004). ADS – Área Suscetível à Desertificação.

Com relação aos fatores humanos, destacam-se o desmatamento, a extração excessiva de produtos florestais, as queimadas, a sobrecarga animal, o uso intensivo do solo e seu manejo inadequado e, por último, o emprego de tecnologias não apropriadas para ecossistemas frágeis. Com respeito às causas climáticas da degradação, é possível mencionar as recorrentes e prolongadas secas que afetam vários países e que amplificam ainda mais as consequências derivadas da ação humana.

Outro aspecto importante é que as informações disponíveis permitem observar que nas áreas em processos de desertificação, existe uma alta incidência da pobreza e indigência, em proporções significativamente maiores que a média nacional. Do mesmo modo, a pobreza e a indigência, geralmente, afetam a população rural em maior proporção que a população urbana, mesmo que, em números absolutos, haja mais pobres nas cidades. É comum no meio rural que

parte dos membros do grupo familiar migrem, temporária ou permanentemente, em busca de atividades de maior produtividade, seja na própria agricultura ou em outros setores (PAN BRASIL, 2004).

Atividades produtivas versus desertificação

A agricultura praticada no Semiárido brasileiro tem um caráter muito impactante sobre os recursos naturais. As áreas em processo de desertificação, em diferentes graus de intensidade, já somavam, em 1994, uma superfície correspondente a 22% da área total do Semiárido brasileiro (SAB), que é de 982.563,3 km² (SÁ et al., 1994).

Os processos de desertificação no SAB não só se manifestam pela sensibilidade natural do ambiente, mas, sobretudo, pelo uso a ele imposto. As práticas agrícolas inapropriadas concorrem fortemente para o agravamento do problema. A área do SAB afetada por processos de desertificação em níveis elevados é de mais de 20 milhões de ha, que correspondem a 12% da área do Nordeste (SÁ et al., 1994). Porém, o mais preocupante é que esta área crítica alcança quase 66% da região mais seca do Tropicó Semiárido, denominada de Depressão Sertaneja (SILVA et al., 2000).

Segundo Sá e Angelotti (2009), no Nordeste brasileiro, uma área maior do que o Estado do Ceará já foi atingida pela desertificação de forma grave ou muito grave. São 200 mil quilômetros quadrados de terras degradadas e, em muitos locais, imprestáveis para a agricultura. Somando-se à área onde a desertificação ocorre ainda de forma moderada, a área total atingida pelo fenômeno sobe para, aproximadamente, 600.000 km², cerca de 1/3 de todo o território nordestino. Ceará e Pernambuco são os estados que apresentam maior área em processo de degradação, embora, proporcionalmente, a Paraíba seja o estado com maior extensão de área comprometida (71% do território).

A vegetação nativa da região semiárida brasileira tem sido bastante modificada pelo homem. Os estudos mais recentes indicam que os solos vêm sofrendo um processo intenso de desertificação devido à substituição da vegetação natural por campos de cultivos. Ainda persiste uma das formas mais agressivas de preparo do solo, que é a utilização do fogo. Segundo Tabarelli e Vicente (2003), menos de 2% do Bioma Caatinga estão protegidos em unidades de conservação

de proteção integral. A mais atual iniciativa de mapeamento da cobertura vegetal e uso das terras, finalizada em dezembro de 2007, por intermédio de uma parceria entre o Ministério do Meio Ambiente (MMA/PROBIO), Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Embrapa Semiárido e Embrapa Solos, informa que apenas 40,56% da área do Bioma Caatinga apresentam, ainda, remanescentes da vegetação nativa. Desta forma, o restante do ecossistema poderá apresentar indícios de comprometimento com algum nível de severidade dos processos de desertificação.

A região de Cabrobó, no Estado de Pernambuco, é considerada um dos núcleos de desertificação no Nordeste brasileiro. O grau de conhecimento destes processos degradantes e sua extensão são ainda deficitários e necessitam de constantes atualizações. A ocupação das áreas onde estão situados estes núcleos também varia entre eles, ainda que as atividades predominantes estejam quase que totalmente ligadas à agropecuária. No Núcleo de Cabrobó, que engloba os municípios de Orocó, Santa Maria da Boa Vista, Salgueiro, Belém do São Francisco e Floresta, em especial, os solos são arenosos, permeáveis e não retêm as águas das chuvas em condições de serem utilizadas pelas plantas. Deste modo, Sá et al. (2006) realizaram um estudo que buscou retratar a situação ambiental desta região, tomando como base o ano de 2002 e trabalhos de campo atualizados em 2005. Estes autores observaram que 1.001,00 km² apresentaram severo grau de desertificação, enquanto que 5.194,73 km² apresentaram acentuado grau, 174,67 km² moderado grau moderado e 428,35 km² baixo grau de desertificação (Figura 3). Naquele Núcleo, as áreas mais impactadas com a desertificação estão associadas aos Luvisolos, Planossolos e Neossolos Litólicos (Figura 4).

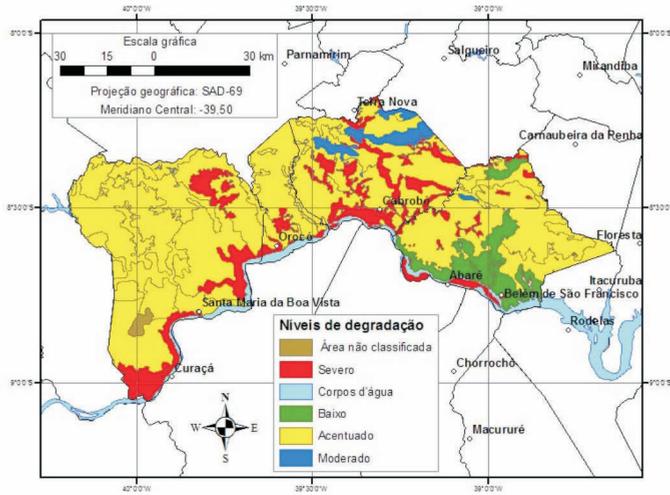


Figura 3. Áreas em processo de desertificação na região de Cabrobó.
Fonte: Sá et al., 2006.

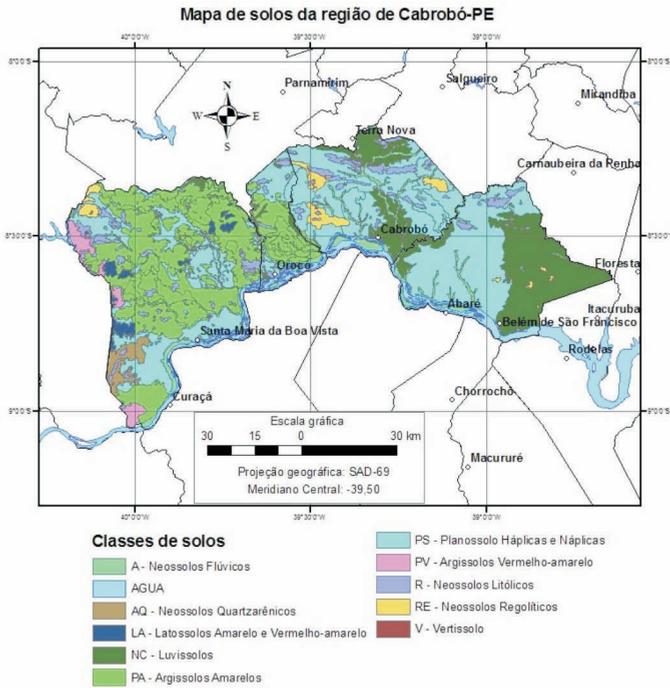


Figura 4. Mapa de solos da região de Cabrobó.
Fonte: Embrapa Solos (2001).

A desertificação de áreas agrícolas no Semiárido brasileiro é realmente muito preocupante e sinaliza a necessidade da criação de maior quantidade de áreas de proteção, além de outras com importância no funcionamento ecossistêmico do bioma. Dentre elas, o caso dos remanescentes do Piauí, a Chapada Diamantina, os Brejos de Altitudes de Pernambuco, da Paraíba e do Ceará, que estão sob ameaça. É visível, na região do Araripe, fronteira entre Pernambuco, Ceará e Piauí, uma grande frente de desmatamento, ocasionada, em grande medida, pelo impacto do polo gesseiro ali instalado. Essa região, em sua porção pernambucana, é representada pelos municípios de Araripina, Bodocó, Cedro, Dormentes, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Parnamirim, Santa Cruz, Santa Filomena, Serrita, Terra Nova e Trindade, que totalizam uma área de 18.440 km² e concentram a maior reserva de gipsita do Brasil. As atividades desse polo gesseiro concorrem de maneira determinante para o agravamento dos problemas ambientais, por consumir, quase que exclusivamente, a vegetação nativa em seus fornos de desidratação da gipsita (SÁ et al., 2008). A região tem usado, cada vez mais, a matéria prima de base florestal como principal insumo na sua matriz energética. As empresas ali instaladas, as calcinadoras e as fábricas de pré-moldados fazem uso da vegetação nativa para beneficiamento e transformação da gipsita em gesso. Assim, existe a necessidade de se investir na oferta de madeira por meio de práticas de reflorestamentos, manejo da vegetação nativa e recuperação de áreas degradadas para suprir o déficit energético. Sá et al. (2008) realizaram, por meio da integração de informações ambientais como altimetria, cobertura vegetal, classes de solos e climatologia, o zoneamento e a espacialização das aptidões florestais da região. Este estudo aponta não apenas as práticas agroflorestais, mas, também, a indicação de outras atividades que possam inserir a região como produtora de biomassa vegetal para fins energéticos (Figura 5).

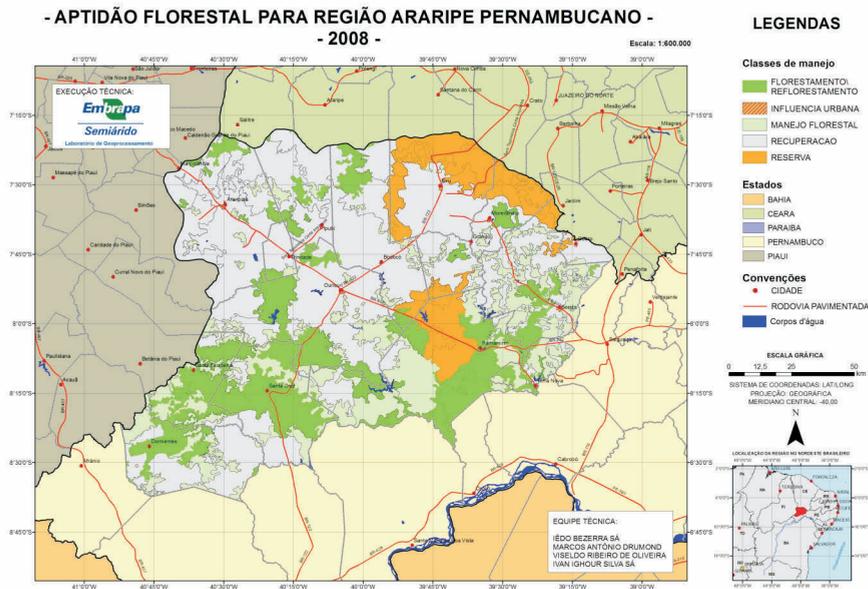


Figura 5. Aptidão florestal da região do Araripe pernambucano.

Fonte: Sá et al. (2009).

A demanda atual de energéticos de base florestal para o polo gessoiro do Araripe, apresentada pela Secretaria de Estado de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco é da ordem de $1.900.000 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ (SECTMA, 2005), incluindo os consumos industrial, comercial e domiciliar, o que implica em uma superfície de corte sob manejo florestal entre $9.500 \text{ ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ (ciclo de rotação com 13 anos) e $11.885 \text{ ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ (ciclo de rotação de 15 anos), considerando, respectivamente, estoques médios de lenha entre $200 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ e $160 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Ou seja, uma área de Caatinga na qual ocorreu um desmatamento de 21 ha para obtenção de $5.250 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ de madeira da floresta nativa só voltará a alcançar volume de produção semelhante após ser deixada sem uso algum ao longo de 15 anos.

Outro aspecto a se levar em consideração é a expansão da degradação nesta região. A Figura 6 mostra a expansão espacial e temporal da devastação. No início dos anos 1980, o raio de atuação das calcinadoras na coleta e/ou aquisição de lenha para as suas necessidades da produção era inferior a 50 km.

Nos anos 1990, passou para, aproximadamente, 100 km e, na atualidade, já supera os 150 km. Isso evidencia dois aspectos: o primeiro é que, praticamente, toda a vegetação de caatinga do entorno do polo gesso, tomando-se como referência o Município de Trindade, já foi explorada, e o segundo é a elevação dos custos para manter ou mesmo expandir a capacidade instalada de produção do polo gesso.

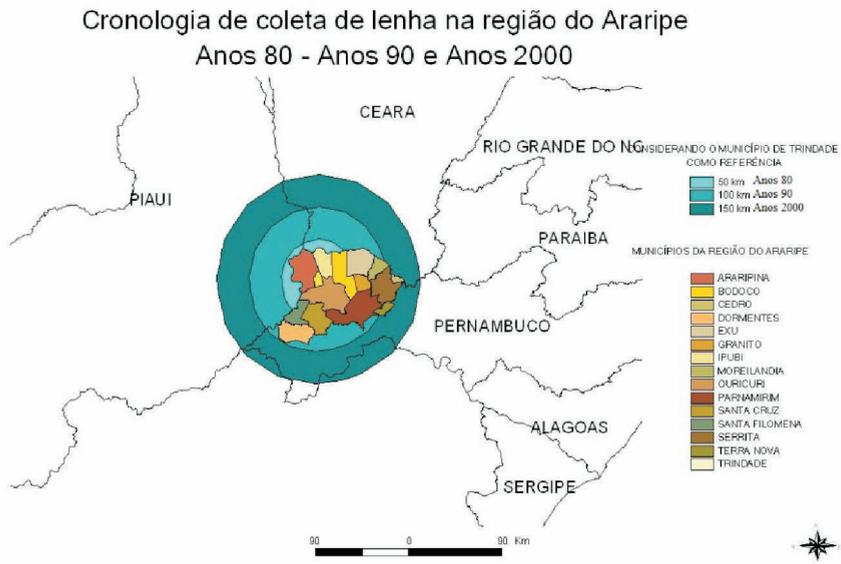


Figura 6. Expansão temporal e espacial da coleta de lenha no entorno do polo gesso do Araripe.

Fonte: Laboratório de Geoprocessamento Embrapa Semiárido.

Ainda de acordo com a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco (SECTMA-PE) (2005), o polo gesso de Pernambuco apresentava, em 2005, uma demanda dos chamados energéticos florestais da ordem de 197.838 Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP), ou seja, uma quantidade de material lenhoso suficiente para gerar a energia necessária para a produção de gesso, em comparação com o rendimento do combustível fóssil.

Uma das alternativas que poderá vir a suprir esta demanda instalada é a produção de lenha a partir de florestas plantadas para este fim. Deste modo, o

eucalipto, essência florestal de rápido crescimento, vem sendo avaliado.

Segundo resultados preliminares de Drumond et al. (2009), os clones de eucaliptos testados (*Eucalyptus urophilla* x *E. brassiana* e *E. grandis* x *E. camaldulensis*), tem apresentado bom crescimento na Chapada do Araripe. Nesta região, em 2 anos e meio de implantados, os clones se mostraram viáveis para produzir madeira em nível comercial, onde vem apresentando uma produtividade de $53 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de lenha. Segundo os autores, é uma quantidade até superior às estimativas que se faz comumente em projetos para implantação de “florestas energéticas”, visando produzir madeira para uso em fornos industriais. Nos projetos com esse fim, o planejamento envolve o plantio de espécies de rápido crescimento, com expectativa de corte a partir do sexto ano, com previsão de um incremento médio anual de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ou $43 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Os resultados obtidos nos testes em Araripina, PE, em uma situação de chuvas irregulares e concentradas em um período do ano, são muito promissores. Partindo desta premissa, o desempenho observado coloca o eucalipto como uma alternativa de plantio na região do Araripe, para ocupar as áreas de caatinga já devastadas de forma intensa. Esses povoamentos têm como principal função minimizar ou mesmo reverter o desmatamento na região, que se situa em torno de $7.600 \text{ ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ ou a $633 \text{ ha} \cdot \text{mês}^{-1}$ ou $21 \text{ ha} \cdot \text{dia}^{-1}$. Estes números evidenciam, categoricamente, a insustentabilidade econômica e ambiental da exploração gesseira, se mantida a vegetação nativa como principal fonte energética.

Com os resultados de produção madeireira registrados no modelo de floresta energética em estudo pela Embrapa Semiárido, Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) e outras instituições parceiras, com apenas $8,1 \text{ ha} \cdot \text{dia}^{-1}$ de exploração de povoamentos plantados, seria possível atender a demanda de consumo na Chapada. Dessa forma, a exploração da Caatinga passaria a ser 2,6 vezes menor e com a vantagem da uniformidade da lenha produzida, que promove um melhor rendimento energético. Assim, a pressão do homem sobre a mata nativa diminuiria, uma vez que deixariam de ser derrubados 13 ha de mata nativa por dia.

O efeito em longo prazo de uma devastação dessa natureza também pode ser observado na região sudoeste da Bahia e norte de Minas Gerais, pressionada

por siderurgias e fundições que usam a queima da madeira em seus fornos.

Além disso, a degradação das áreas de caatinga pode ser ainda mais preocupante quando a vegetação é retirada para instalação de cultivos agrícolas como os da mandioca. Nesta situação, é comum o uso do fogo para limpeza total da área, o que leva à queima da pouca matéria orgânica existente nestes ambientes semiáridos. Outro aspecto importante é que o plantio é realizado por vários anos no mesmo local e, depois, a área é abandonada, repetindo-se a operação em novas áreas, o que as deixa sem um banco de sementes ou partes vegetativas para regeneração natural, concorrendo, assim, para maior exposição aos riscos de desertificação.

O adequado uso das terras no Semiárido brasileiro pode compatibilizar a produção de alimentos, de biocombustíveis e outras atividades produtivas sem promover desertificação. São necessários os zoneamentos das potencialidades florestais, agrícolas e pecuárias da região, para que se possa integrar os diferentes usos. A utilização das geotecnologias pode auxiliar de maneira determinante estes estudos, além de permitir uma atualização constante dos usos das terras.

Mudança do uso da terra

A cobertura vegetal é, talvez, o mais importante dos fatores de controle do fenômeno da desertificação no espaço semiárido. Mesmo decídua, a caatinga não deixa de desempenhar o papel de protetor do solo contra as intempéries, diminuindo a sua degradação. Esta constatação afirma, categoricamente, que a principal causa da erosão, nessa região, é, sem dúvida, a devastação desenfreada da vegetação com os objetivos do atendimento de necessidades energéticas e do fornecimento de estacas para cercas e outros fins. Quando o desmatamento se faz a corte raso, com vista ao aproveitamento agropecuário, a terra tende a permanecer desprotegida por longos períodos de tempo, em decorrência da intinerância das explorações e, principalmente, da baixa capacidade de regeneração da vegetação nativa em determinados locais. Entretanto, Mendes (1994) enfatiza que tanto o desmatamento com finalidade agrícola, localizado e perfeitamente individualizado, contribui para a degradação do meio, como, também, aquele determinado pelo extrativismo seletivo e irracional, que leva à perda da biodiversidade. Este tipo de exploração, por não ocorrer em áreas contíguas e sim de modo seletivo, explorando os indivíduos mais nobres, vem,

imperceptivelmente, comprometendo gradativa e continuamente o efeito protetor da cobertura vegetal.

Ainda, segundo Mendes (1994), o desmatamento é a principal causa tanto da desertificação como da diminuição da biodiversidade. A retirada da cobertura vegetal elimina, quase que totalmente, a diversidade vegetal e reduz a animal pela alteração do *habitat*, além de desproteger o solo dos agentes erosivos (ventos e chuvas) e aumentar o albedo da área e a temperatura do solo, o que propicia a oxidação da sua matéria orgânica. O aumento do albedo (capacidade de refletir a radiação solar) do solo provoca a elevação da temperatura atmosférica, alterando os microclimas locais. O solo desnudo e desprotegido fica exposto às erosões eólica e hídrica, que arrastam as pequenas partículas (argila, silte e grânulos orgânicos), tornando-o menos fértil e com menor capacidade de armazenamento de água. A oxidação da matéria orgânica da camada superficial do solo, induzida pelo calor da elevada radiação solar direta, também diminui a fertilidade e a capacidade de acumulação de água do solo. A derrubada da mata, geralmente, é acompanhada pela destoca e queima dos restos da vegetação, que destroi o húmus da camada superficial e a vida microbiana, além de formar uma crosta que dificulta a penetração da água no solo. A erosão hídrica leva grande quantidade de solo para os rios, lagoas e açudes, provocando o assoreamento dos mesmos e, conseqüentemente, propiciando enchentes catastróficas no período chuvoso.

Qualquer que seja a situação, não se pode tratar os problemas do desgaste do solo independentemente da sua vinculação com a cobertura vegetal. Essa afirmação não diz respeito apenas à vegetação nativa. As coberturas vegetais cultivadas, consideradas a fonte principal do desgaste erosivo, se devidamente manejadas, podem desempenhar um papel protetor até mais efetivo que a própria vegetação nativa. Isso tem mais razão de ser quando essa comunidade é de baixa densidade, como nas caatingas comuns no Semiárido.

O homem participa ativamente no processo de erosão dos solos do Semiárido, por meio do mau uso agrícola, por não considerar sua capacidade de suporte, por não utilizar técnicas de manejo de cultivo e por não fazer uso dos mais rudimentares artifícios de controle da erosão. A influência antrópica manifesta-se ainda na condução de uma pecuária extensiva, em caráter de pasto nativo e sem a menor condição de controle do pastoreio. Essa ação é tanto mais

significativa nas explorações de ovinos e caprinos e quando se leva em conta o papel fundamental do estrato herbáceo na proteção contra a energia cinética das chuvas e na contenção do processo de arraste em área de vegetação decídua e de elevada intensidade pluviométrica. Esses animais, além das ervas, consomem totalmente as folhas caídas das espécies arbustivas e arbóreas no processo sazonal de economia hídrica vegetal, as quais poderiam atenuar o impacto das precipitações sobre o solo, principalmente por ocasião das primeiras chuvas - das “trovoadas” -, exatamente as dotadas de maior energia cinética e poder desagregador.

O quadro da vegetação do Nordeste é bastante diferenciado nas suas quatro regiões fisiográficas principais: Zona da Mata, Agreste, Sertão e Cerrado. Em cada um destes subsistemas, destacam-se diferentes níveis de antropização, bem como diferentes usos para a vegetação em função de suas diferentes tipologias, predominando, no entanto, a utilização energética da madeira de origem nativa. A Tabela 1 mostra um panorama comparativo na oferta de energia em função da fonte, em termos percentuais. Da análise destes dados, conclui-se que o Brasil, em termos comparativos, tem sua matriz energética fortemente atrelada à base dos recursos naturais.

De acordo com Brasil (2008), a Caatinga condiciona fortemente as atividades humanas no Semiárido brasileiro. Proporciona, de forma constante, produtos de toda ordem: diretamente da biomassa madeireira em forma de lenha, carvão, estacas, materiais para construção, etc., além de outros produtos florestais não madeireiros, como frutos, plantas medicinais, aromáticas, fibras, mel, etc. Toda essa gama de serviços ambientais tem elevada importância para a população e a economia da região.

Ainda segundo Brasil (2008), esta importância é demonstrada pelo volume e pelo valor da produção comercial: lenha e carvão têm um destaque principal, com um consumo industrial e comercial estimado em 25 milhões de metros cúbicos de lenha por ano -Base 2005-, o que gera em torno de 90.000 empregos diretos na zona rural. No Nordeste, esses combustíveis sólidos são responsáveis pelo atendimento de 30% da matriz energética. No Brasil, este percentual é de 16,5%, demonstrando, assim, que o Nordeste tem, infelizmente, a sua matriz energética calcada sobre a base dos seus recursos naturais. O valor anual obtido

com a comercialização, a preço de atacado, é de, aproximadamente, R\$ 80 milhões para carvão vegetal e R\$ 150 milhões para lenha.

Tabela 1. Oferta de energia por fonte no Brasil e no mundo.

Oferta de energia por fonte (%)			
Fonte	Mundo	Brasil	
Petróleo e derivados	35,5	28,6	
Carvão mineral	29,8	5,5	
Gás natural	20,2	1,9	
Hidreletricidade	6,6	35,1	
Nuclear	5,4	0,1	
Lenha/carvão vegetal	2,5	16,5	
Derivados de cana-de-açúcar	-	9,6	

Fonte : Brasil (2008).

Avaliação da produção de biomassa e da evapotranspiração em larga escala como indicador de processos de desertificação nos cenários de rápida mudança do uso da terra no Semiárido brasileiro

A vegetação natural do Semiárido brasileiro e, mais especificamente, nos perímetros irrigados, vem sendo gradativamente substituída, sendo o plantio de fruteiras comerciais a principal forma de mudança no uso das terras. A intensificação desta substituição tem causado, nas últimas décadas, importantes alterações nas condições hidrológicas destes perímetros. O consumo hídrico das culturas irrigadas excede aquele dos ecossistemas naturais, e a retirada de água para irrigação promove redução nos fluxos dos rios, intensificando a produção de biomassa e das taxas de evapotranspiração afetando o balanço de energia em larga escala.

Estimativas dos fluxos hídricos e de parâmetros da vegetação em condições de mudança de uso da terra estão se tornando muito importantes nas regiões semiáridas de países em desenvolvimento, para suporte ao planejamento e decisões políticas com relação aos recursos naturais. A necessidade de modelagens aumenta com as mudanças climáticas e o crescimento da população. Os principais modelos incluem o sensoriamento remoto para o

manejo de grandes áreas agrícolas (TEIXEIRA et al., 2009a,2009b), que se destacam como uma boa alternativa para a obtenção da evapotranspiração atual (ET) e da produção de biomassa (BIO) em bacias hidrográficas.

A BIO está relacionada à matéria orgânica, servindo para comparações entre diferentes usos da terra. Para obtenção do balanço de carbono, o conceito de eficiência de uso da luz de Monteith (1972, 1977), baseado na interceptação da radiação, pode ser aplicado. Medições de satélites combinadas com dados agrometeorológicos podem ser usadas para análises da ET e da BIO do ecossistema misto envolvendo caatinga e culturas irrigadas em escala regional (TEIXEIRA et al., 2009a). Estes dados podem servir como subsídio em estudos de processos de desertificação, uma vez que com o aumento da evapotranspiração incremental pelas culturas irrigadas, a probabilidade de escassez de água de boa qualidade à jusante dos rios pode aumentar, gerando danos aos ecossistemas terrestres e aquáticos.

Produção de biomassa

Teixeira et al. (2009a) avaliaram a produção de biomassa (BIO) nos anos de 2004 e 2005, considerados chuvoso e seco, respectivamente, em áreas situadas na região semiárida do Submédio do Vale do São Francisco, abrangendo os municípios de Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista, no Estado de Pernambuco, e Juazeiro e Casa Nova, no Estado da Bahia (TEIXEIRA et al., 2009a).

Havendo suficiente radiação solar e umidade do solo, tanto a vegetação natural como as culturas irrigadas, produzem grandes quantidades de biomassa. A Figura 7 apresenta a variação da radiação solar global incidente (RG) e a precipitação (P) durante os anos de 2004 e 2005, em Petrolina, PE, onde se observa que o ano de 2004 apresentou total de precipitação (787mm) acima da normal climatológica de 570 mm, enquanto que o de 2005, com um total de 525 mm esteve abaixo da média.

Elevados valores níveis de RG ocorrem durante os primeiros e últimos 4 meses do ano. No segundo período, a quantidade de P é menor e há um rápido aumento de RG, sendo apropriado para o início dos cultivos irrigados. No meio do ano, as condições secas juntamente com uma menor disponibilidade de RG não são favoráveis para a BIO.

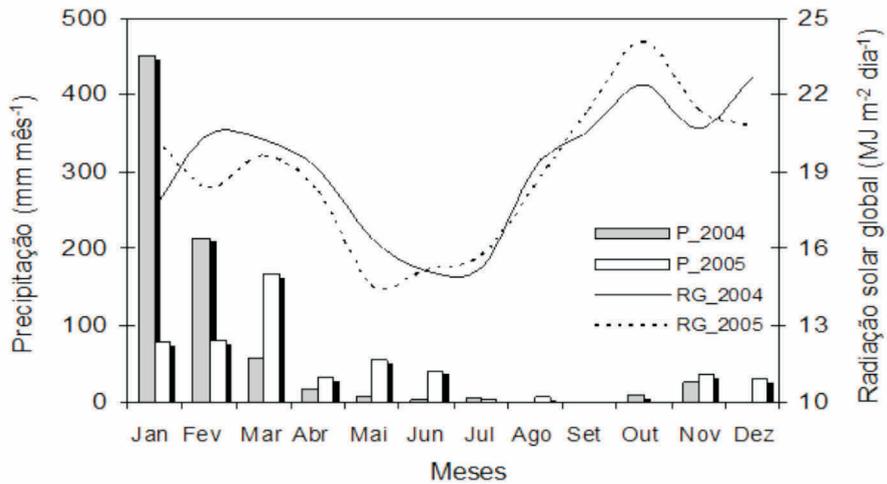


Figura 7. Valores médios diários da radiação solar global incidente (RG) e totais mensais da precipitação (P) nos anos de 2004 e 2005, em Petrolina, PE, Brasil.

Fonte: Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

A Figura 8 apresenta os mapas da BIO para os anos de 2004 e 2005. Os valores mais altos são encontrados para as culturas irrigadas (50 t/ha.ano^{-1} a 80 t/ha.ano^{-1}), enquanto que para a caatinga, os valores são abaixo de 15 t/ha.ano^{-1} .

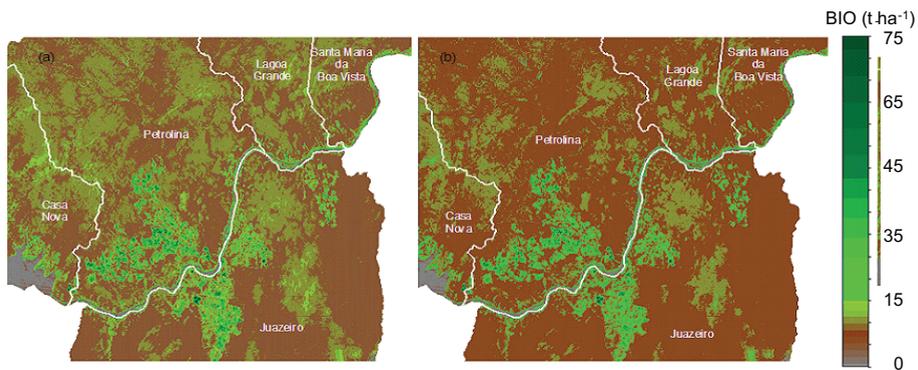


Figura 8. Produção anual de biomassa para 2004 (a) e para 2005 (b) em área do Submédio do Vale do São Francisco, Semiárido do Nordeste brasileiro.

Elaboradas no Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

Como uma consequência de maiores valores de P em 2004, este ano apresentou uma área verde maior, representando a caatinga mais úmida, quando comparado com 2005 (Figura 8). Durante o período de janeiro a abril, as chuvas fornecem água para um suficiente armazenamento da água na zona das raízes das espécies da vegetação natural, proporcionando valores de BIO de até 40 t/ha.ano^{-1} . Culturas bem supridas de água de irrigação apresentam valores em torno de 75 t/ha.ano^{-1} , considerando-se ambos os anos.

Os valores dos totais quadrimestrais médios, juntamente com os desvios padrões (STD) da BIO para três diferentes condições de umidade do solo estão representados na Figura 9.

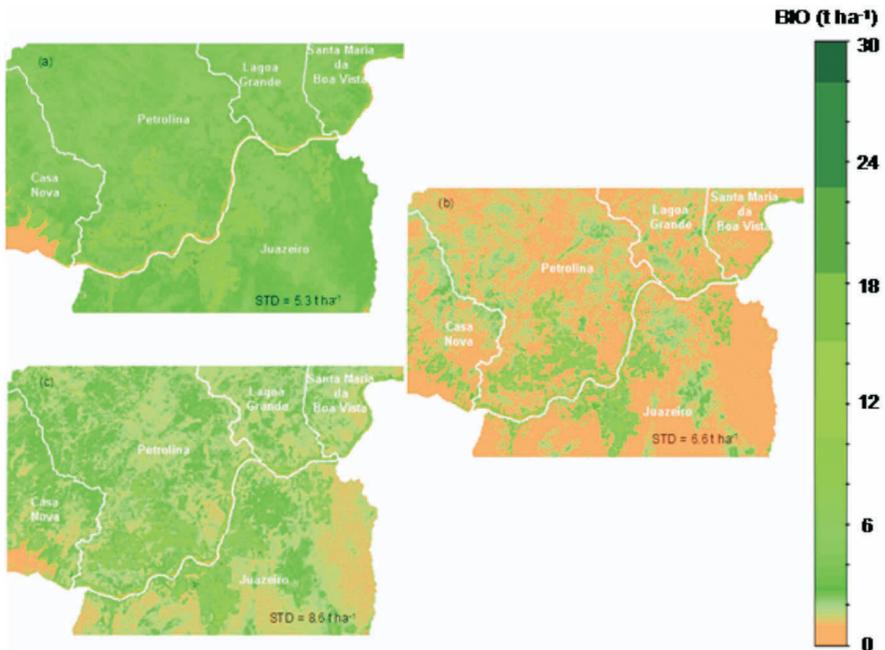


Figura 9. Produção quadrimestral média de biomassa na região semiárida do Nordeste do Brasil, utilizando-se os anos de 2004 e 2005. (a): para o período de janeiro a abril; (b): para o período de maio a agosto, e (c): setembro a dezembro.

Fonte: Elaborado no Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

Durante os 4 primeiros meses (janeiro-abril) - período chuvoso (Figura 9), as taxas da ET da vegetação natural são próximas daquelas das culturas, irrigadas promovendo uniformidade no aspecto regional. O efeito da homogeneidade é evidenciado pelo menor valor do STD.

Após o período chuvoso (Figura 9), de maio a agosto, os valores da BIO representados pelas culturas irrigadas são fortemente destacados daqueles da vegetação durante este período com a caatinga, com coloração marrom e as culturas irrigadas verdes.

Após o mês de setembro, as chuvas iniciam lentamente e RG aumenta rapidamente (Figuras 7 e 9). O aumento de RG é consequência do movimento aparente do sol, que chega à posição zenital com condições de pouca nebulosidade nesta época do ano. O efeito conjugado do aumento de umidade do solo e de energia solar contribui para uma elevação da BIO (Figura 9). Neste quadrimestre, verifica-se uma maior heterogeneidade ao longo do ano pelo mais alto valor de STD.

A Figura 10 apresenta a variação dos valores médios mensais da BIO, após uma classificação simplificada.

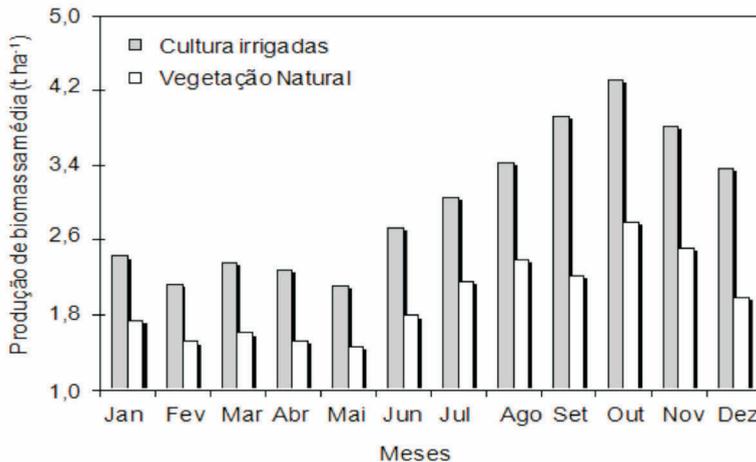


Figura 10. Variação mensal da produção média de biomassa para áreas irrigadas e de vegetação natural em uma área do Submédio do Vale do São Francisco, Semiárido do Nordeste do Brasil.

Fonte: Elaborado no Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

As maiores e menores diferenças entre esses ecossistemas ocorrem em setembro e janeiro, respectivamente, com os valores da caatinga representando 57% e 72% daqueles para culturas irrigadas para estes meses. Os valores da BIO da vegetação natural representaram, em média, 66% daqueles relativos às culturas irrigadas. Por intermédio da Figura 7, pode-se confirmar que o parâmetro climático que mais influencia a BIO nas condições de irrigação da região semiárida do Brasil é a radiação solar, que se apresenta com maior intensidade no período de agosto a dezembro.

Evapotranspiração incremental

A evapotranspiração incremental em uma bacia hidrográfica é representada pelo consumo hídrico extra das culturas irrigadas introduzidas. O conhecimento deste consumo hídrico extra é importante, pois representa um incremento da retirada da água dos rios pela agricultura irrigada, agravando os efeitos da desertificação à jusante destes rios.

Resumo dos parâmetros de uso da terra e da ET para os municípios na região semiárida do Nordeste do Brasil dentro da área de estudo do Submédio São Francisco para o ano de 2006 é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Áreas (A) e evapotranspiração atual (ET) para a área total (T), para condições irrigadas (I) e de vegetação natural (VN) nos municípios envolvidos pela rede de estações agrometeorológicas na região semiárida do Nordeste brasileiro no ano de 2006.

Município	A_T (ha)	A_I (ha)	A_{VN} (ha)	ET_I ($\text{km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$)	ET_{VN} ($\text{km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$)
Petrolina-PE	455.854	39.094	416.770	0,23	1,07
Lagoa Grande-PE	185.219	4.363	180.856	0,02	0,54
Santa Maria da Boa Vista-PE	297.780	4.793	292.987	0,03	0,88
Juazeiro-BA	638.962	39.906	599.056	0,18	1,37
Casa Nova-BA	965.751	7.831	965.751	0,04	2,30

Considerando-se que a rápida mudança da caatinga pelas culturas irrigadas pode ocasionar desequilíbrios ambientais, torna-se importante uma análise histórica das áreas irrigadas. A Figura 11 apresenta a evolução destas áreas no período de 2002 a 2006 para os municípios da Tabela 1, utilizando-se os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

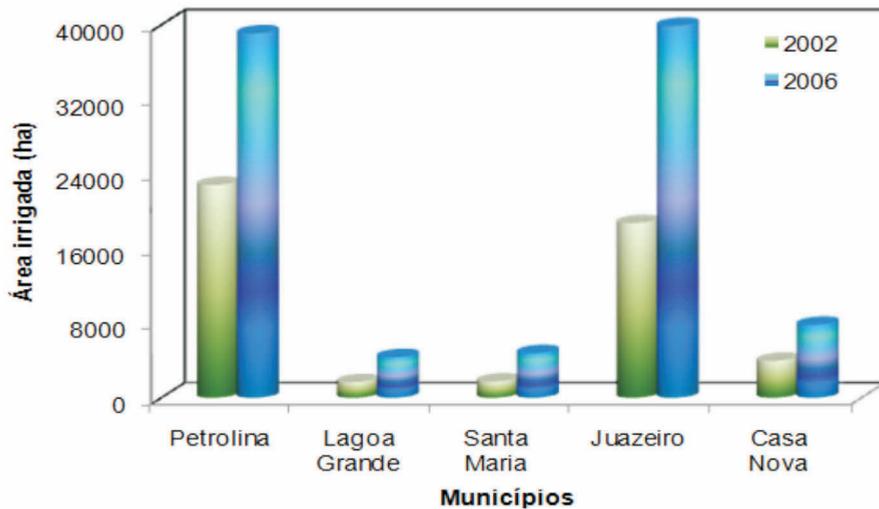


Figura 11. Evolução das áreas irrigadas nos municípios produtores de frutas na região semiárida do Nordeste do Brasil no período de 2002 a 2006.

Fonte: Elaborado no Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

Considerando estas condições atuais, a evolução da área irrigada sobre a vegetação natural é um indicativo da importância do manejo racional dos recursos naturais. Com o uso do sensoriamento remoto, em conjunto com uma rede de estações agrometeorológicas, pode-se fazer um acompanhamento histórico das condições hidrológicas da região semiárida do Brasil. As ferramentas testadas e apresentadas neste capítulo podem ser operacionalmente incrementadas para monitoramento do aumento da agricultura irrigada sobre a vegetação natural, subsidiando medidas para evitar o desequilíbrio ambiental causado pela intensificação dos processos de desertificação.

Suscetibilidade dos solos do Semiárido aos processos de desertificação

O uso e o manejo inadequado dos solos são apontados como as principais causas de origem antrópica relacionadas à desertificação, sendo que diferentes usos podem acarretar diferentes processos que resultam neste fenômeno.

Quanto à intensidade, o fenômeno encontra-se concentrado em pontos específicos do Bioma Caatinga, como um todo, e resulta de um conjunto de procedimentos exploratórios ecologicamente incorretos. Sua gravidade se expressa por meio da degradação conjunta de ativos ambientais, como solo, biodiversidade e recursos hídricos.

A característica fundamental do fenômeno da desertificação no Semiárido brasileiro é a presença de manchas de solo exposto. Normalmente, são áreas de solos rasos (Neossolos Litólicos, Planossolos, por exemplo), com baixa capacidade de retenção de água e com limitações físicas e químicas, que aumentam a vocação ecológica para a desertificação. A Figura 12 ilustra uma região de Neossolos Litólicos. O solo é o condicionante dessas áreas mais intensamente degradadas por entre caatingas mais altas e mais densas (GALINDO et al., 2008).



Foto: Tony Jarbas F. Cunha

Figura 12. Área de Neossolos Litólicos em processo de degradação.

A degradação do solo pode ser definida como um processo que reduz a capacidade atual ou potencial do solo para produzir bens ou serviços. Este é considerado degradado quando os processos naturais e antrópicos atuantes diminuem a qualidade e a quantidade da produção de biomassa, encarecendo os custos com a sua recuperação.

A degradação física do solo nas zonas semiáridas está relacionada diretamente com a erosão, principalmente a hídrica, tendo em vista que a erosão eólica, apesar de existir, apresenta-se localizada e decorre de situações muito específicas. Apesar de estocásticos, os eventos chuvosos apresentam-se em algumas épocas e locais com grande intensidade, o que, associado à baixa eficiência da vegetação para proteger solos com erodibilidade alta, resulta em eventos erosivos de grande magnitude (MELO FILHO; SOUZA, 2006).

A degradação das terras refere-se à perda de propriedades dos solos ou ao declínio da sua sustentabilidade (RIBEIRO et al., 2009). A influência humana direta e as secas de natureza cíclica são os maiores responsáveis pela degradação das terras no Semiárido. De modo geral, ainda segundo Ribeiro et al. (2009), essa degradação biótica demonstra ser reversível em poucos anos, após o retorno das chuvas e o repouso da terra da ocupação humana ou animal excessiva. Entretanto, dependendo do grau de degradação, a reversibilidade dos processos de degradação pode não se dar em toda a biodiversidade.

Leprun (1986) estudou detalhadamente as chuvas do Semiárido, visando determinar a agressividade climática das mesmas neste ambiente. O autor estabeleceu relações e verificou que existem correlações estreitas entre o fator erosividade da chuva (R) e a precipitação média anual para as condições nordestinas. Segundo o referido autor, mesmo com as imprecisões devidas às indefinições de abrangência e/ou falta de dados, existem, no Semiárido, seis zonas de erosividade, que são as seguintes: sertão seco, com $R < 230$; sertão mais seco, com $230 < R < 340$; sertão úmido, agreste e brejo, com $340 < R < 500$; agreste úmido, zona pré-amazônica e mata interior, com $500 < R < 730$; mata litoral úmida, com $730 < R < 1000$, e mata litoral muito úmida, com $R > 1000$.

A distribuição espacial da erodibilidade do solo no Semiárido brasileiro mostra que 11% da superfície total do Nordeste apresentam erodibilidade forte, 59,4% erodibilidade moderada e 29,5% erodibilidade fraca (MELO FILHO; SOUZA, 2006). As áreas de forte erodibilidade são localizadas, principalmente, nos estados do Ceará e Bahia, onde é possível identificar eventos erosivos de grandes magnitudes. Assim, o risco de degradação física do solo pela erosão é muito elevado quando as condições de erosividade e erodibilidade se associam ao relevo acidentado. Considerando a baixa efetividade da proteção vegetal,

essa é uma situação que favorece a desagregação inicial das partículas do solo, o escoamento superficial das águas e, em algumas situações mais intensas, o desenvolvimento de erosão em voçorocas de grandes dimensões.

Nos ambientes semiáridos, os processos de degradação se iniciam com a expansão de culturas em zonas ecologicamente frágeis e em solos inadequados para cultivos sustentados. Porém, não excedendo a capacidade de suporte das terras do Semiárido, é possível o seu uso de forma sustentável. Entretanto, se o uso exceder a capacidade de suporte, processos de erosão, compactação, encrostamento e perda de estrutura são instalados e, conseqüentemente, são alteradas as propriedades do solo e a possibilidade de recuperação da vegetação diminui (RIBEIRO et al., 2009).

O solo sem cobertura está mais vulnerável à erosão, que acarreta o aumento da enxurrada e a diminuição da disponibilidade de água para a produção de fitomassa. As erosões hídrica e eólica causam uma remoção de nutrientes nas áreas degradadas, tendo como resultado final a degradação acelerada (GUTIERREZ; SQUEO, 2004).

A degradação química dos solos no Semiárido se deve, principalmente, ao acúmulo de sais no perfil do solo, à presença de material de origem salina, aos baixos índices de pluviosidade e à elevada evaporação da água na superfície do solo, tudo isso associado à utilização de água de baixa qualidade para a irrigação. Para muitos autores e estudiosos, a salinização é a mais importante causa de degradação dos solos do Semiárido e ocorre, principalmente, nas áreas irrigadas. Segundo a FAO (1996), esse problema afeta, em todo o planeta, aproximadamente 80 milhões hectares de terras. Estima-se que o Nordeste teria 31.600 km² de terras com restrições de aproveitamento por sodicidade e/ou salinidade, nos diversos ambientes da região, sendo apenas 2.000 km² no Semiárido, ou seja, menos de 0,3% de sua área total (RIBEIRO et al, 2009).

No entanto, o problema da salinidade estaria diretamente relacionado com as áreas de irrigação. Registros de literatura indicam que 50% da área irrigada no Nordeste estariam afetadas pela salinidade, notadamente nos perímetros que utilizam água de açudes, cuja qualidade, de maneira geral, não é muito adequada para irrigação (SAMPAIO; SALCEDO, 1997). Porém, a degradação

do solo nas áreas irrigadas não decorre somente da salinização. Outros problemas relacionados ao manejo do solo e, principalmente, da água, contribuem para a elevação do lençol freático em muitos perímetros, cuja fonte de água são os rios.

A degradação biológica está relacionada com a matéria orgânica do solo, cujo conteúdo é naturalmente baixo, em consequência das características da vegetação e do clima. Assim, o fornecimento de matéria orgânica para o sistema é limitado pela baixa produção de biomassa vegetal, o que contribui, juntamente com o acentuado déficit de umidade, para diminuir tanto a atividade quanto a diversidade da fauna edáfica. Nestas condições, onde a precipitação anual é menor que a evapotranspiração, a umidade é baixa, a temperatura e os teores de carbonatos de cálcio são elevados, há uma facilidade muito grande para a mineralização do húmus, resultando em uma diferença negativa entre a incorporação e a perda de matéria orgânica. Todo esse processo é ainda acentuado pela retirada dos resíduos da biomassa, quando a erosão remove as camadas superiores do solo. Esse tipo de degradação influencia, também, na perda de nutrientes e microorganismos benéficos, que são arrastados pelas chuvas que escorrem na superfície do solo (RAYA, 1996). Os processos que causam ou aceleram a degradação dos solos das regiões áridas e semiáridas podem ser resumidos em manejo inadequado das culturas e práticas agrícolas prejudiciais, desmatamento para produção de lenha e carvão, superpastoreio e irrigação mal manejada (FAO, 2003).

Dentre as principais classes de solos ocorrentes na região semiárida, os que apresentam mudança textural abrupta, como, por exemplo, os Planossolos, Luvisolos, Neossolos litólicos e alguns Argissolos são os mais suscetíveis aos processos de degradação (CUNHA et al., 2008). O horizonte A, de textura mais arenosa do que o horizonte subjacente, favorece os processos erosivos durante o período de fortes precipitações pluviométricas ocorrentes na região.

Os Planossolos são, do ponto de vista morfológico, muito propensos aos processos erosivos, particularmente aqueles de ação superficial (erosão laminar, por exemplo). A presença de horizonte B textural de muito baixa permeabilidade e a mudança textural abrupta são os principais condicionantes de sua elevada erodibilidade. Entretanto, há que se ressaltar que a sua

ocorrência em locais planos e abaciados, com tendência à acumulação de água e sedimentos, de certa forma ameniza o problema. A Figura 13 ilustra os Planossolos em avançado estado de degradação.



Foto: Tony Jarbas F. Cunha

Figura 13. Área de Planossolo em avançado estado de degradação.

Os Luvisolos são solos altamente suscetíveis à erosão, mesmo quando situados em relevo suave ondulado, como consequência da coesão e consistência do horizonte superficial e da expressiva mudança textural para o horizonte Bt (OLIVEIRA et al., 1992). Nas áreas em que estes solos são mal manejados, podem ser observados sulcos profundos e até mesmo voçorocas.

Nos Neossolos Litólicos, a suscetibilidade à erosão é muito alta em qualquer dos casos e é determinada basicamente pela ocorrência do substrato rochoso na pequena profundidade. A erosão se potencializa quando é removida a vegetação original. A Figura 14 ilustra uma área de Neossolos Litólicos em processo de degradação.



Foto: Tony Jarbas F. Cunha.

Figura 14. Área de Neossolos Litólicos em processo de degradação.

No que diz respeito aos Argissolos, seus aspectos inerentes contribuem para que o processo erosivo se constitua no fator mais limitante nesta classe de solo, pois o mesmo apresenta gradiente textural geralmente alto e, especialmente, ocorre o caráter abrupto, quando o teor de argila do horizonte B for muito maior do que no horizonte A. De uma maneira geral, pode-se dizer que os Argissolos são solos bastante suscetíveis à erosão, sobretudo quando há maior diferença de textura do horizonte A para o horizonte B (solos que apresentam mudança textural abrupta), presença de cascalhos e relevo mais movimentado com fortes declividades. Neste caso, não são recomendáveis para agricultura, prestando-se para pastagem e reflorestamento ou preservação da flora e da fauna.

As diversas características de solo, de clima, e de vegetação, associadas às necessidades de sobrevivência da população do Semiárido, têm causado impactos ambientais, sociais e econômicos. Os impactos ambientais podem ser visualizados por meio da destruição da biodiversidade, da diminuição da disponibilidade de recursos hídricos, do assoreamento de rios e reservatórios e da perda física e química dos solos; que, dentre outros fatores, contribuem para redução do potencial biológico da terra e, conseqüentemente, da produtividade agrícola. A degradação dos solos e sua associação com a desertificação têm relevância mundial e implicações nas estruturas sociais e econômicas das populações que ocupam as áreas onde se verifica este fenômeno.

Desafios para a pesquisa agropecuária da Embrapa Semiárido frente à desertificação

Para **minimizar** ou mesmo evitar a expansão das áreas degradadas e da desertificação na região, a Embrapa Semiárido e outras Unidades Descentralizadas da Embrapa devem atuar na busca de parcerias para por em prática as seguintes ações estratégicas: (a) promoção de encontros, cursos e treinamentos sobre combate à desertificação; (b) cadastro de instituições públicas e privadas que tenham interesse em participar do programa de combate à desertificação; (c) estudo das cadeias produtivas nas áreas passíveis de desertificação e mobilização dos atores para torná-las atrativas dos pontos de vista social e econômico; (d) estabelecimento de mecanismos de integração do setor público/privado, principalmente no nível de estados e municípios; (e) incentivo às campanhas de reflorestamento utilizando espécies ameaçadas de extinção; (f) divulgação e prestação de assessoria sobre as tecnologias novas e/ou

adaptadas; (g) estabelecimento e reforço do sistema de vigilância contra a desertificação; (h) incremento das pesquisas relacionadas ao impacto ambiental no Semiárido brasileiro, principalmente relativas às áreas de mineração, manejo e conservação do solo e água, manejo de solos salinos e alcalinos, manejo de bacias hidrográficas, manejo florestal e conservação da biodiversidade, e (i) execução de um programa de recuperação de matas ciliares, dentre outras.

Quanto aos **mecanismos** para buscar parcerias com os estados e municípios, envolvendo a sociedade civil, deve-se partir do pressuposto que combater a desertificação implica em desenvolver ações para prevenir ou frear o processo, fortalecendo e articulando os instrumentos de fomento orientados para a sustentabilidade socioambiental por meio de políticas públicas. Existe a percepção de que as ações históricas tiveram um caráter pontual, sem uma grande preocupação com a conservação dos recursos naturais. Deste modo, deve-se enfatizar os projetos de governo que procurem minimizar os efeitos das secas e, em consequência, combatam a desertificação. São vários os exemplos, podendo-se citar:

- Programas de conservação e manejo dos recursos naturais e controle de desmatamentos e queimadas em áreas suscetíveis e em processo de desertificação;
- Capacitação de recursos humanos especializados em gestão de recursos naturais para convivência com as especificidades de áreas degradadas ou em processo de desertificação;
- Educação ambiental visando à efetiva disseminação de conhecimentos e práticas que contribuam para recuperar as áreas desertificadas;
- Identificação e adoção de mecanismos que permitam a inibição de atividades predatórias e a efetividade de propostas de reposição florestal por parte dos atores sociais e indústrias consumidoras de lenha e carvão;
- Proposição de incentivos para a implantação de sistemas agroflorestais e de manejo adequado das atividades agropecuárias para não se intensificar o processo de desertificação;

- Promoção de iniciativas voltadas para a criação de bancos de sementes e viveiros para a produção de sementes e mudas de espécies nativas, visando ao estabelecimento de ações de enriquecimento e recuperação de áreas degradadas;
- Definição de estímulos para as ações de recomposição das Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal;
- Realização de pesquisas para a definição de regiões prioritárias para reposição da cobertura florestal, em função dos níveis de desmatamento e de áreas suscetíveis ou em processo de desertificação;
- Identificação de áreas prioritárias para criação de Unidades de Conservação e implantação de projetos de pesquisa apropriados aos estudos em seus domínios;
- Monitoramento do processo de desertificação, estabelecendo estratégias permanentes de mapeamento e atualização das informações sobre os recursos naturais presentes nas áreas atingidas;
- Construção de pequenas barragens em áreas de solos com pouca profundidade (este tipo de barragem propicia a criação de solos de sedimentos com capacidade para armazenamento de água. Estas barragens possibilitam o desenvolvimento de agricultura de subsistência, associadas com espécies de fruteiras resistentes à seca);
- Instalação de dessalinizadores para utilização de águas salinas e seu eficiente descarte em aproveitamento integrado para irrigação e piscicultura;
- Desenvolvimento de apicultura com o objetivo de aproveitar a existência de flora melífera nativa, criando uma nova alternativa de renda para as comunidades;
- Aproveitamento sustentável dos produtos não madeireiros da vegetação nativa na forma de fármacos, aromáticos, óleos essenciais e ornamentais.

É importante abordar a compreensão e a medição dos processos de desertificação desde o ponto de vista das ciências sociais, em uma perspectiva que permita analisar a incidência dos elementos socioeconômicos como fatores explicativos das causas e consequências do fenômeno e, sobretudo, como elementos-chave para desenhar estratégias de desenvolvimento sustentável que possam ser adotadas pelas comunidades locais.

A Embrapa Semiárido e as demais instituições de pesquisa poderão dar apoio relevante no que concerne à questão de estudos e pesquisas sobre os processos de desertificação, seus impactos, resultados e alternativas.

Assim, toda a rede que compõe o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária – SNPA deverá concentrar esforços nos estudos sobre a degradação de terras, se possíveis orientados para a elaboração de um índice que possa medir essa degradação, incluindo questões referentes às atividades econômicas, perda da cobertura vegetal, perda de recursos hídricos, perda de biodiversidade, etc.

É importante destacar que a Embrapa já desenvolve diagnósticos e identifica possíveis alternativas com relação às atividades que causam a degradação e, também, aos condicionantes que levam os agentes locais/regionais a desenvolverem tais atividades, a exemplo das atividades do pólo gesso do Araripe, das cerâmicas no Seridó, etc.

Outro ponto importante é a incorporação da Embrapa ao grupo de instituições que já estão elaborando o Sistema Nacional de Alerta Antecipado de Secas e Desertificação.

Para tanto, propõe-se que esse grupo abra um canal permanente de negociação com o MMA para coordenar o Comitê de Ciência, Tecnologia e Inovação previsto no PAN-Brasil e que seja fortalecida a rede de pesquisadores do Semiárido e do Comitê Latino-americano de Ciência e Tecnologia para o Combate à Desertificação.

A busca da contenção e reversão dos processos de desertificação, por meio do uso de diversas técnicas já disponíveis, deve ser considerada como parte estratégica de um amplo programa de convivência com o Semiárido. As ações nesse sentido devem priorizar as áreas mais comprometidas com o fenômeno da

seca, conhecidas como “Núcleos de Desertificação”, assim como as áreas suscetíveis à desertificação. Os “Núcleos” devem ser reabilitados, prioritariamente, para reutilização com atividades produtivas racionais, de modo que possam servir como exemplo, e as ações neles executadas possam ser replicadas em outros ambientes.

Finalizando, é importante buscar o avanço na elaboração de ferramentas de uso fácil, que permitam integrar a informação ambiental e social em modelos únicos de análises, tendo presentes as dimensões espacial e temporal dos territórios. O desafio é duplo, pois se trata de comprovar a capacidade dos especialistas em traduzir os conhecimentos técnicos em uma linguagem clara e, em segundo lugar, desenvolver as ferramentas de tecnologias da informação, a fim de poder conjugar estes conhecimentos na busca de diagnósticos certos e de estratégias eficazes. Deste modo, a Embrapa proporcionará à sociedade os elementos necessários para orientá-la na luta contra a desertificação.

Referências

BRASIL. **Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste. Natal, 2008.

CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 60 p. il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 211). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATSA-2009-09/40027/1/SDC211.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2010

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; TAVARES, J. A. ; SÁ, I. B.; MESQUITA FILHO, A. L. de; RIBASKI, J. Efeito do espaçamento sobre o desenvolvimento inicial de híbridos de Eucalyptus na Chapada do Araripe, Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE FLORESTAS ENERGÉTICAS, 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos 178).

EMBRAPA SOLOS. **Zoneamento Agroecológico**: Pernambuco crescendo por inteiro. Recife: Embrapa Solos - UEP Recife: Governo do Estado de Pernambuco, 2001. 1 CD-ROM.

FAO. **Land and water development: science and technology for sustainable development: part 2**. Roma, 1996.

FAO. Data sets indicators and methods to assess land degradation in drylands. **World Soil Resources Reports**, Rome, n. 100, p. 122, 2003. Disponível em: <<http://www>

fao.org/documents/show_cdr.asp?url file=/DOCREP/005/Y4609E/Y4609EOO.HTM>.

Acesso em: 5 jan. 2009.

GALINDO, I. C. L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. A. L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no Município de Jatauba, PE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, n. 32, p. 1283-1296, 2008.

GUTIÉRREZ, J. R.; SQUEO, F. A. Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Ecosistemas*, 2004/1. Disponível em: <www.aect.org/ecosistemas041/investigacions2.Htm>. Acesso em: 15. fev. 2009.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2007: synthesis report: summary for policymakers, contribution of working groups I,II,III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

LEPRUN, J. C. *Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste brasileiro (1982-1983)*. Recife: SUDENE-DRN, 1986. 271 p.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V. O manejo e a conservação do solo no Semiárido baiano: desafios para a sustentabilidade. *Bahia Agrícola*, Salvador, v. 7, n. 3, p. 50-60, nov. 2006.

MENDES, B. V. *Uso e conservação da biodiversidade no Semi-árido: GT1 Recursos naturais e meio ambiente - Projeto Áridas*. Fortaleza: [S.n.], 1994.

OLIVIERA, J. B.; JACOMINE, P. K.; CAMARGO, M. N. *Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

PAN BRASIL. *Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos hídricos, 2004.

RAYA, A. M. Degradacion de tierras en regiones semiáridas. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. 13.; 1996. Águas de Lindóia. *Anais... Águas de Lindóia*: EMBRAPA, 1996. 1 CD-ROM.

IBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALINDO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no Semiárido brasileiro. *Tópicos em ciência do solo*, Viçosa, MG, n. 6, p. 319-412. 2009.

SÁ, I. B.; FOTIUS, G. A.; RICHÉ, G. R. *Degradação ambiental e reabilitação natural no Trópico Semi-árido brasileiro*. Fortaleza: ESQUEL: Governo do Ceará; Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1994. Não paginado.

SÁ, I. B.; SÁ, I. I. da S.; SILVA, A. de S. Desertificação na região de Cabrobó-PE: a realidade vista do espaço. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 3., 2006, Aracaju. *Anais... Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros*, 2006. Disponível em: <

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATSA/37099/1/OPB1642.pdf> >.

Acesso em: 15. mar. 2009.

SÁ, I. B.; DRUMOND, M. A.; TAURA, T.; SÁ, I. I. S. Potencialidades florestais da região do Araripe: uma abordagem utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 4., 2008, Aracaju. **Geotecnologias e meio ambiente**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros: Resgeo, 2008. 1 CD-ROM.

SÁ, I. B.; TAURA, T. A.; DRUMOND, M. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. R. de; SÁ, I. I. S. Zoneamento da região do Araripe para indicação de atividades florestais sustentáveis com base em dados orbitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. 1 CD-ROM.

SÁ, I. B.; ANGELOTTI, F. Degradação ambiental e desertificação no Semi-Árido brasileiro. In: ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. (Ed.) **Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. cap. 4, p. 53-76.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semiárida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, [Rio de Janeiro]. **Anais...** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 1 CD-ROM.

SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DE PERNAMBUCO. **Pólo gessífero de Pernambuco diagnóstico e perspectiva de utilização dos energéticos florestais na região do Araripe**. Recife, 2005.

SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C. de; BRITO, L. T. de L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, A. B. da; LEITE, A. P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA-CNPS, 1993. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 80).

TABARELLI, M. F.; VICENTE, A. Conhecimento sobre plantas lenhosas da Caatinga: lacunas geográficas e ecológicas, p. 101-12 In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. FONSECA, M. F.; LINS, L. V. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias**. Brasília, DF: MMA, 2003. p. 1-12.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASTIAANSEN, W. G. M. AHMAD, MUDD; BOS, M. G. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil Part A: Calibration and validation. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 149, p. 462-476, 2009a.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASTIAANSEN, W. G. M.; AHMAD, MUDD, BOS, M. G. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil Part B: Application to the large scale. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 149, p. 477-490, 2009b.

Cenários de Mudanças Climáticas para o Semiárido brasileiro



Capítulo 5

**Francislene Angelotti
Vanderlise Giongo Petrere
Antonio Heriberto de C. Teixeira
Iêdo Bezerra Sá
Magna Soelma B. de Moura**

Introdução

O aquecimento global, provocado pelo aumento da concentração dos gases do efeito estufa, é, hoje, um dos maiores desafios da pesquisa agropecuária. Atualmente, busca-se o entendimento de como será o impacto da elevação da temperatura sobre atividades agrícolas, diversidade ambiental e segurança alimentar para o desenvolvimento de ações de mitigação e adaptação, principalmente no que se refere à conservação dos recursos naturais, produtividade agrícola e qualidade de vida.

O dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso são os principais gases de efeito estufa. Entretanto, atenção maior tem sido dada ao dióxido de carbono, vez que o volume de suas emissões para a atmosfera representa em torno de 60% do total das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Nos últimos 250 anos, a concentração de CO₂ na atmosfera aumentou de 290 para 379 ppm (partes por milhão), com previsão de chegar a 580 ppm em 2100, o que seria o dobro da concentração existente na atmosfera antes da industrialização (IPCC, 2007).

Os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono se devem, principalmente, ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já os aumentos da concentração de metano e de óxido nitroso são devidos, principalmente, à agricultura (IPCC, 2007). De acordo com o Inventário Brasileiro sobre os gases do efeito estufa, as queimadas e desmatamentos no Brasil respondem por 75% das emissões de CO₂, enquanto a utilização de combustíveis pela indústria e transporte responde por 25% (MMA, 2008).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) concluiu no seu Quarto Relatório (IPCC, 2007), que o aumento da concentração dos GEE na atmosfera pode elevar a temperatura média do ar no planeta entre 1,8 e 6,4°C nos próximos 100 anos. Observou-se que durante o século 20 a temperatura média da atmosfera aumentou em torno de 0,6°C ± 0,2°C. A década de 1990 foi a mais quente desde que as primeiras aferições foram efetuadas no final do século 19.

A previsão de impactos econômicos e socioambientais decorrentes do aquecimento global indica que todas as regiões do mundo serão afetadas (IPCC, 2007). Caso não sejam tomadas medidas necessárias para reverter o processo

atualmente em curso, o futuro do planeta pode estar ameaçado. O aumento da temperatura do ar nos últimos anos, juntamente com o derretimento de geleiras nos pólos e a elevação do nível do mar são algumas das conseqüências do aquecimento global.

As primeiras projeções de clima para o Brasil usando modelos regionais sugerem a possibilidade de eventos climáticos extremos mais frequentes. Secas ocasionais e secas severas de longos períodos podem ser causadas ou agravadas pela influência humana sobre o meio ambiente (redução da cobertura vegetal, mudança de albedo, mudanças climáticas locais, efeito estufa, etc.). Os cenários futuros utilizando estes modelos devem ser abordados na pesquisa para estratégias de mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas.

Diante do grande desafio exposto, a Embrapa propôs, em janeiro de 2007, a criação de uma rede de pesquisa visando analisar de maneira integrada os impactos das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira, por meio de modelagem matemática e elaboração de propostas de mitigação e adaptação, como ferramenta de suporte à decisão. A esta rede, foi dado o nome de Plataforma em Mudanças Climáticas (Figura 1), na qual estão inseridos diversos pesquisadores da região semiárida.

As ações de pesquisa da Plataforma contemplam o monitoramento dos indicadores das mudanças climáticas globais, atividades de modelagem matemática dos sistemas produtivos e simulação de cenários, permitindo uma melhor compreensão dos efeitos das alterações climáticas que já possam ser detectadas para o Semiárido brasileiro. Estão sendo realizadas análises de tendência da temperatura, precipitação e eventos climáticos extremos e o monitoramento de sua evolução ao longo dos próximos anos. Embora essas análises dependam de séries longas de dados, com auxílio das informações disponíveis no sistema Agritempo (www.agritempo.gov.br) e de outros bancos de dados meteorológicos, será possível selecionar estações meteorológicas com número de anos suficiente para serem representativas da região semiárida. Um ponto essencial para estudos futuros é a integração entre diversas entidades para a concentração e a geração de conhecimento sobre os efeitos das mudanças climáticas no Semiárido brasileiro. A geração de cenários futuros servirá para avaliar o impacto das mudanças no desenvolvimento das culturas ou animais,

na ocorrência de pragas, doenças, microorganismos do solo, etc. Estes estudos poderão propiciar a análise de medidas de mitigação ou adaptação, dando suporte na tomada de decisões.

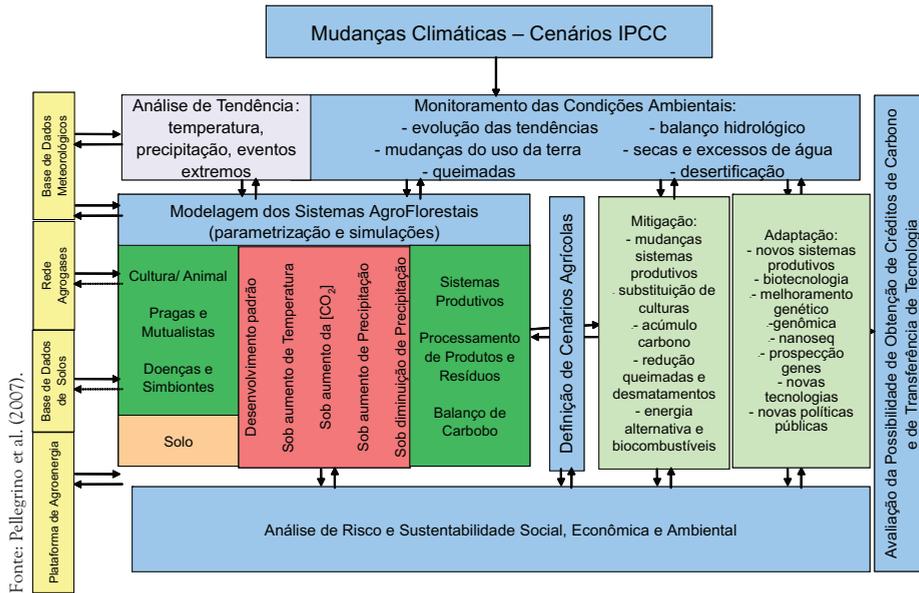


Figura 1. Representação esquemática da Plataforma em Mudanças Climáticas da Embrapa.

Monitoramento das condições climáticas

O monitoramento climático é essencial para a geração contínua de dados agrometeorológicos e a composição de séries históricas utilizadas nos estudos do clima passado, presente e futuro. Para o monitoramento das condições climáticas na região semiárida do Brasil, a Embrapa Semiárido instalou uma rede com sete estações agrometeorológicas, das quais, duas contam com registros de mais de trinta anos. As estações agrometeorológicas estão equipadas com sensores (convencionais e/ou automáticos) para monitorar a temperatura e a umidade relativa do ar, a velocidade e a direção do vento, a radiação solar incidente, o número de horas de brilho solar, a evaporação do tanque Classe A e a precipitação. Além disso, a Embrapa Semiárido, em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), realiza o monitoramento dos

componentes micrometeorológicos em uma área de caatinga nativa desde o ano de 2003. Para isso, foi instalada uma torre micrometeorológica de 9,0 m de altura, equipada com sensores automáticos para realizar medidas dos elementos do tempo e clima e parâmetros de solo (Figura 2). Os dados medidos são organizados no INPE e disponibilizados para realização de pesquisas com foco da caatinga. Assim, esses dados estão sendo usados para desenvolvimento de vários trabalhos sobre o Bioma Caatinga, principalmente no que se refere à calibração de modelos atmosféricos que usam dados de albedo da superfície. Além disso, a parceria com o INPE permitiu a obtenção de informações essenciais sobre emissão e consumo de gás carbônico deste importante bioma brasileiro.



Fotos: Magna Sovelma Beserra de Moura.

Figura 2. Torre micrometeorológica e sensores para medições de elementos do tempo e clima em área de caatinga no Semiárido brasileiro.

Dando continuidade a esses estudos, a Embrapa Semiárido participa de um novo projeto, em parceria com o Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE), do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) e INPE. Esse estudo pretende reinstalar esta torre micrometeorológica em uma nova área de caatinga mais representativa dos padrões de vegetação nativa, e equipá-la com outros sensores capazes de realizar amostragens de CO₂ do ar em perfil sobre a superfície e obter informações sobre a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela vegetação. Da mesma forma, também será monitorada uma área de caatinga degradada no município de Araripina-PE. Com isso, será possível obter importantes informações sobre os componentes do balanço de radiação, de energia e de CO₂, perfil de CO₂, temperatura do ar e do solo, calor armazenado no solo e umidade do solo da caatinga sob diferentes padrões de conservação.

Tendências climáticas no Semiárido brasileiro

Toda a sociedade da região semiárida brasileira pode ser afetada pelas mudanças climáticas. Como os parâmetros que compõem o clima são descritos por meio de parâmetros estatísticos, séries de dados com períodos mínimos de trinta anos são usadas nas análises de tendências, utilizando-se de regressões lineares dos parâmetros climáticos com os anos.

Os riscos associados com o aquecimento e outras conseqüências das mudanças climáticas, incluindo eventos extremos, são pouco conhecidos ou não considerados propriamente no planejamento socioeconômico. Para as adaptações às novas condições serem efetivas, tanto o setor público, como o setor privado, precisam de informações sobre as condições atuais e históricas dos parâmetros climáticos e da variabilidade destes parâmetros no tempo, para projeções das condições futuras.

Evidências indicam que as atividades humanas estão causando mudanças no clima em escalas locais e mundiais, particularmente resultando em aumento das temperaturas da superfície e do ar (IPCC, 2007). Estas elevações de temperatura na região semiárida brasileira podem levar a um aumento das deficiências hídricas como uma conseqüência de maiores taxas evaporativas em conjunto com baixa quantidade pluviométrica.

Diante deste contexto de mudança climática e da necessidade de informações do comportamento de parâmetros climáticos como condição básica para adaptação às novas condições na região semiárida do Nordeste do Brasil, analisou-se a tendência dos parâmetros climáticos de duas estações meteorológicas representativas em Juazeiro, BA (09°24' S; 40°26' W) e em Petrolina, PE (09°09' S; 40°22' W), localizadas, respectivamente, às margens direita e esquerda do Rio São Francisco, com ênfase nas alterações das deficiências hídricas, as quais se destacam como maior problema climático na região.

Para as análises das tendências dos parâmetros climáticos envolvidos neste processo, foram feitas análises da evaporação, radiação solar global, insolação, temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e dos elementos do balanço hídrico climático individualmente nas duas localidades de referências situadas nas margens esquerda e direita do Rio São Francisco (Figura 3).

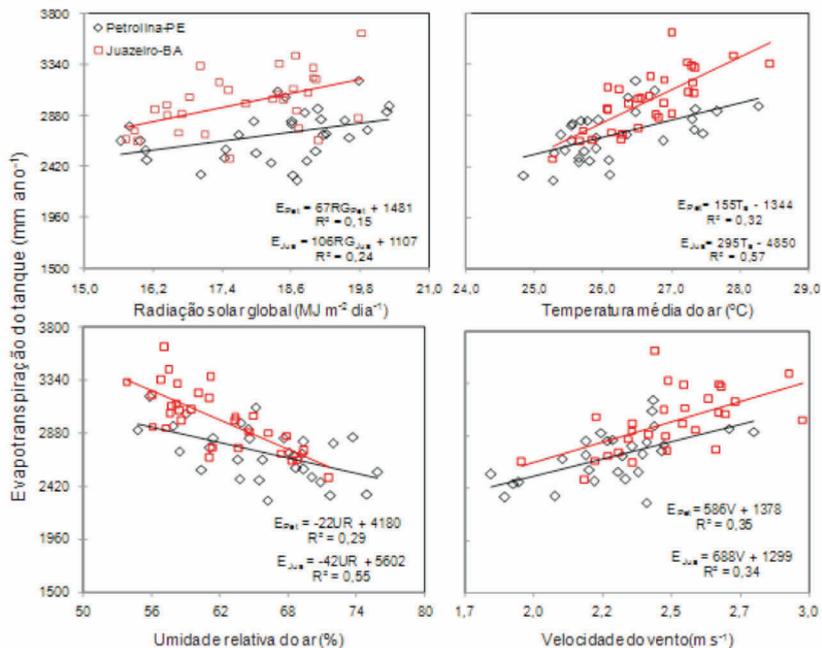


Figura 3. Relação da evaporação do tanque “Classe A” com os parâmetros meteorológicos representativos da demanda atmosférica para o período de 1978-2008 em Petrolina, PE.

Observando-se a tangente das equações das retas que relacionam a evaporação com os diferentes parâmetros influenciadores, percebe-se que nas regiões referidas, destacam-se a temperatura e a umidade relativa do ar. Em Juazeiro, BA, são observadas maiores inclinações de todos estes parâmetros do que em Petrolina-PE, resultado influenciado pelo transporte de ar seco para a primeira localidade e de ar úmido para a segunda, devido ao posicionamento com relação ao rio São Francisco e à direção predominante sudeste do vento.

Radiação solar global e insolação

Na Figura 4 observa-se o comportamento ao longo dos anos da radiação solar global incidente e da insolação em Petrolina, PE e Juazeiro, BA.

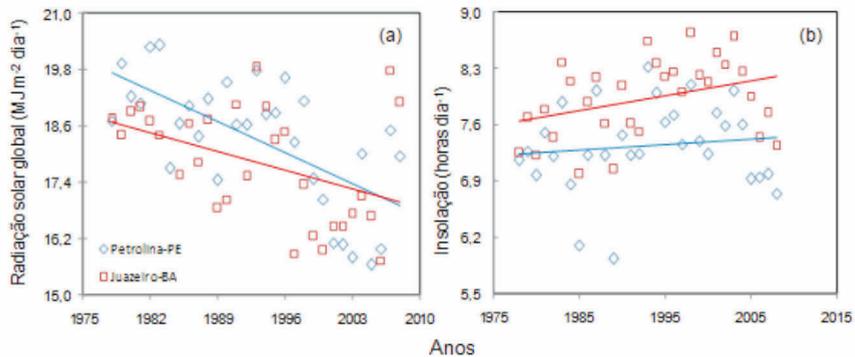


Figura 4. Comportamento da radiação solar global e da insolação no período de 1978/2008 nas estações meteorológicas de Petrolina, PE e de Juazeiro, BA.

De acordo com a Figura 4, há uma redução na radiação solar global de $0,09 \text{ MJ/m}^2.\text{dia}^{-1}$ em Petrolina, PE e de $0,06 \text{ MJ/m}^2.\text{dia}^{-1}$ em Juazeiro, BA. Para saber se esta redução teria sido causada pelo aumento de nebulosidade na região, o comportamento da insolação também foi analisado. De acordo com este comportamento (Figura 4), uma redução deste último parâmetro não aconteceu, constatando-se uma tendência de aumento de $0,001$ e $0,012 \text{ hora.dia}^{-1}$, respectivamente, em Petrolina, PE e Juazeiro, BA, o que descarta a possibilidade de a consequência da redução da radiação ter sido um aumento da nebulosidade na região.

Temperatura do ar

As análises das tendências da temperatura do ar ao longo do período de 1978 a 2008 foram realizadas para os valores extremos (temperatura do ar máxima e mínima) e para a média (Figura 5).

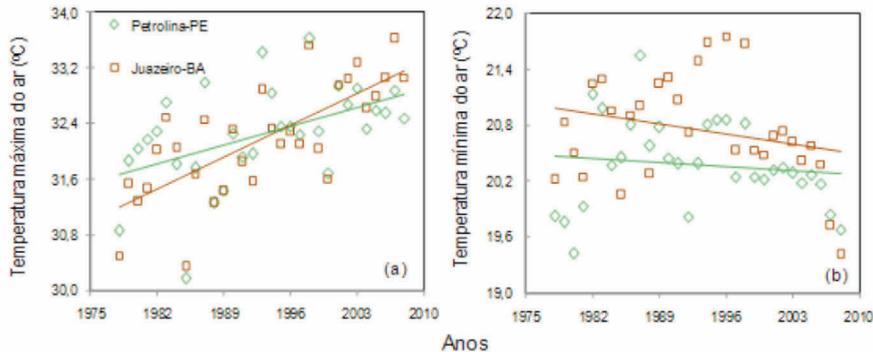


Figura 5. Tendências da temperatura máxima e mínima do ar no período de 1978/2008 nas estações meteorológicas de Petrolina-PE e de Juazeiro-BA.

Na Figura 5 percebe-se um aumento da temperatura máxima do ar ao longo do período analisado, com tendências de 0,04 e 0,07°C para Petrolina-PE e Juazeiro-BA. Com relação à temperatura mínima do ar, constata-se uma redução ao longo dos anos com taxas de 0,01 e 0,02°C, respectivamente.

No caso da temperatura média do ar, esta pode ser calculada de duas maneiras diferentes. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, os valores médios diários são obtidos por meio da seguinte expressão:

$$T_a = \frac{T_{12} + 2T_{24} + T_{\max} + T_{\min}}{5} \quad (1)$$

onde:

Ta é a temperatura média diária (°C); T12 é a temperatura observada às 12:00 horas TMG (°C); T24 é a temperatura observada à 0 hora TMG (°C); Tmax é a temperatura máxima diária (°C) e Tmin é a temperatura mínima diária (°C).

Por outro lado, alguns registros de temperatura média diária disponíveis referem-se à média aritmética entre Tmax e Tmin. A Figura 6 mostra as

diferentes tendências dependendo do método usado para a obtenção dos valores médios diários de temperatura do ar.

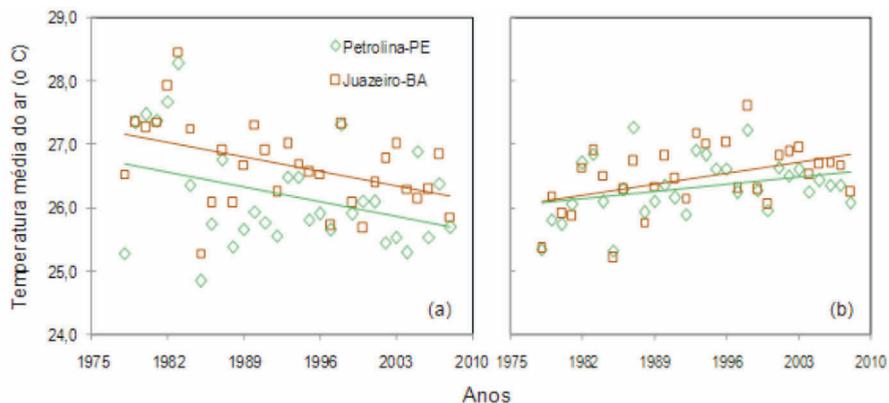


Figura 6. Tendências da temperatura média do ar no período de 1978/2008 nas estações meteorológicas de Petrolina, PE e de Juazeiro, BA. (a) aplicando-se a equação 1; (b) usando-se a média aritmética das temperaturas máximas e mínimas do ar.

Devido a um peso maior para a temperatura da noite (T_{24}) e à inclusão dos valores de 12 TMG na equação (1), a tendência é de redução dos valores médios diários ao longo dos anos (Figura 6), enquanto que a situação inversa de aumento destes valores ocorre apenas com a utilização de temperaturas máximas e mínimas do ar (Figura 5), o que torna importante o conhecimento do método de obtenção nas análises das tendências climáticas. No primeiro método de cálculo, há uma redução de $0,03^{\circ}\text{C}$ tanto em Petrolina, PE como em Juazeiro-BA, sendo que na segunda localidade, a advecção de ar seco da caatinga promove valores mais elevados de temperatura do ar. No segundo método de cálculo, observam-se aumentos de $0,01$ e $0,02$ o C para a primeira e a segunda localidade, respectivamente. A maior inclinação para Juazeiro, BA é decorrente de uma tendência maior na elevação da temperatura máxima (Figura 5).

Visando estudar mais detalhadamente a tendência das séries de temperaturas do ar de cada mês nas estações de Petrolina e Juazeiro, foram também realizadas as seguintes análises dos dados históricos para o período de 1965 a 2007: avaliou-se a tendência das temperaturas máxima, mínima e média. A temperatura média do ar foi calculada com os valores de temperatura máxima +

temperatura mínima divididos por dois. Todas as análises e séries confirmaram a existência de tendência positiva para todos os meses, trimestres e anos, porém com intensidades variáveis, sendo mais intensas em abril e maio e menos intensas em agosto e setembro (ANGELLOTTI, et al., 2007).

Umidade relativa do ar e velocidade do vento

A umidade do ar e a velocidade do vento também influenciam fortemente na quantidade do vapor d'água que é transferida para a atmosfera, e o comportamento destes parâmetros também é relevante para a avaliação das disponibilidades hídricas no futuro. Os comportamentos médios diários ano a ano no período de 1978 a 2008 são apresentados na Figura 7.

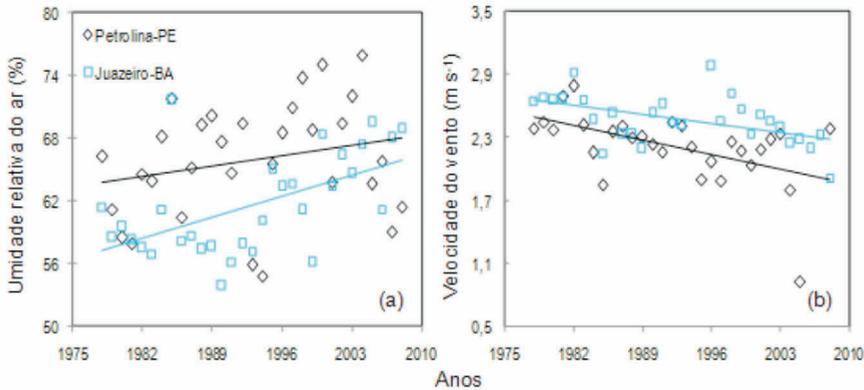


Figura 7. Tendências da umidade relativa do ar e da velocidade do vento a 2 m de altura no período de 1978/2008 nas estações meteorológicas de Petrolina-PE e de Juazeiro-BA.

Elevações na umidade relativa do ar e reduções na velocidade do vento ao longo dos anos, como apresentadas na Figura 7, reduzem os efeitos da elevação da temperatura do ar no aumento da evaporação ao longo dos anos.

As taxas de aumentos na umidade relativa do ar, evidenciadas na Figura 7a, foram 0,01 e 0,29% ano⁻¹ para Petrolina-PE e Juazeiro-BA, respectivamente. A maior tendência de aumento de umidade na segunda localidade está relacionada com a dispersão maior da área irrigada durante o período na região semiárida do Estado da Bahia. Já no caso do comportamento da velocidade do vento, observam-se reduções de 0,02 e 0,01 m/s.dia⁻¹ nas respectivas localidades,

o que, também, pode estar relacionado com o aumento de áreas com fruteiras irrigadas pelo aumento da rugosidade do terreno próximo das estações.

Como não é constatado um aumento da nebulosidade nas localidades referências pelo comportamento da insolação (Figura 4), o aumento da concentração de vapor d'água ao longo dos anos pode ser a causa da redução da radiação solar incidente (Figura 4) pela absorção no espectro da radiação solar.

Precipitação, evaporação e deficiência hídrica.

Para se ter uma ideia das disponibilidades hídricas no futuro na região semiárida do Brasil, deve-se considerar as tendências dos fluxos hídricos de entrada e de saída. A precipitação representa a fonte natural da água na superfície, enquanto que a saída pode ser representada pela evaporação. A diferença entre estas variáveis hídricas fornece a deficiência hídrica climática na escala de tempo considerada. A Figura 8 apresenta as tendências dos valores anuais destes parâmetros hídricos em duas localidades da região semiárida do Nordeste do Brasil.

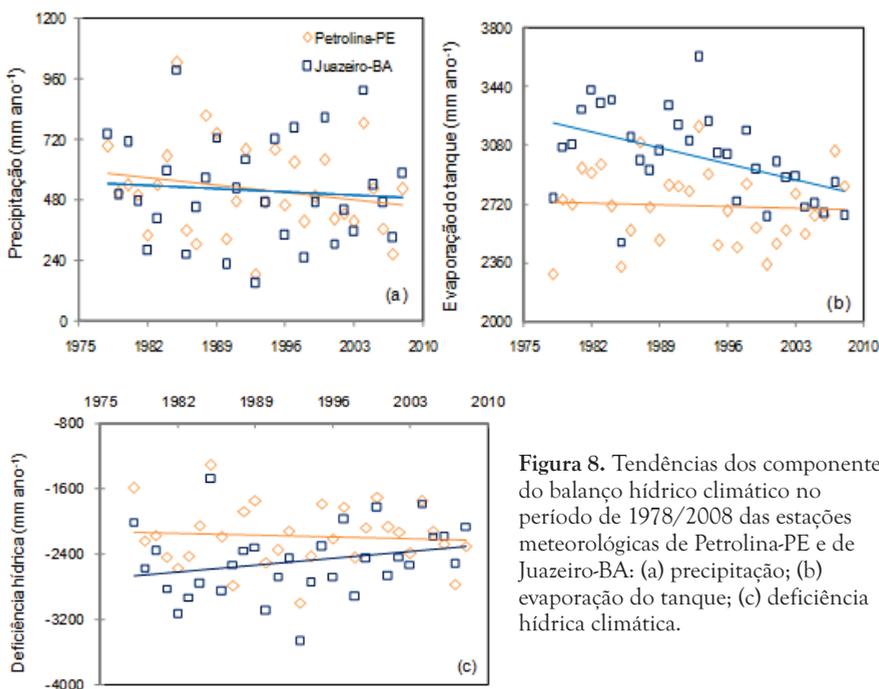


Figura 8. Tendências dos componentes do balanço hídrico climático no período de 1978/2008 das estações meteorológicas de Petrolina-PE e de Juazeiro-BA: (a) precipitação; (b) evaporação do tanque; (c) deficiência hídrica climática.

Com relação à precipitação (Figura 8), há uma tendência de redução de 4 e de 2 mm.ano⁻¹ em Petrolina, PE e em Juazeiro, BA, respectivamente. É importante salientar que no Semiárido há grande variabilidade espacial da precipitação, e que embora as duas estações sejam próximas, pode-se observar diferenças nos valores de chuva ao longo dos anos analisados. Por outro lado, uma pequena redução na evaporação, de 1 mm.ano⁻¹, é constatada para a primeira localidade, enquanto que para a segunda, esta foi de 14 mm.ano⁻¹ (Figura 7). Estes valores medidos no tanque Classe A recebem influência da disponibilidade de energia, velocidade do vento e demanda atmosférica (umidade do ar), sendo que este último apresenta-se com maior influência das condições locais, com menor contribuição de vapor d'água das culturas irrigadas e sujeita à advecção de calor do vento de sudeste, que se desloca sobre uma grande área de caatinga. Como resultado da contabilidade hídrica, a tendência das deficiências hídricas foi obtida (Figura 8) em função da diferença entre a precipitação e a evaporação do tanque Classe A. Em Petrolina, PE, um aumento de apenas 3 mm.ano⁻¹ foi observado, enquanto que, ao contrário, em Juazeiro-BA houve uma redução destas deficiências de em torno 12 mm.ano⁻¹, o que está relacionado a um maior aumento da concentração de vapor d'água na baixa atmosfera, devido a um rápido aumento da área irrigada sobre a caatinga, o que promove uma redução na evaporação (Figura 3). Salienta-se que esses valores anuais de tendência são muito pequenos quando se trata de deficiência hídrica em ambientes semiáridos, representando, muitas vezes, o valor equivalente a evaporação de um dia.

Cenários climáticos futuros

Segundo o relatório do IPCC (2007), no Brasil, a região semiárida será uma das mais afetadas pelas mudanças climáticas globais. Os impactos devido ao aumento de temperatura e anomalias na precipitação poderão afetar a produção das culturas, os recursos hídricos, o manejo de irrigação, a biodiversidade, o Bioma Caatinga e acelerar o processo de desertificação. Principalmente no que se refere às atividades agrícolas e ao manejo dos recursos hídricos, o uso de dados gerados com melhor resolução espacial, ou seja, regionalizados, poderá resultar em diferenças significativas nos impactos esperados do aquecimento, quando comparados com dados obtidos a partir de

modelos globais. Assim, pesquisadores do INPE têm utilizado modelos climáticos regionais para projeções de clima futuro usando as saídas do IPCC AR4 para cenários futuros de emissão de gases do efeito estufa. Estes cenários climáticos são baseados em diferentes projeções futuras de emissões de gases do efeito estufa e suas interações com o aumento populacional e o desenvolvimento socioeconômico e são classificados em A1, A2, B1 e B2 (Quadro 1).

Quadro 1. Cenários Climáticos do IPCC.

Cenário A1: descreve um futuro de crescimento econômico muito rápido, onde a globalização é dominante, com a introdução de tecnologias novas e mais eficientes. Há três cenários: A1, A1F (máximo uso de combustível fóssil) e A1T (mínimo uso de combustível fóssil);

Cenário A2: descreve um mundo heterogêneo onde a regionalização é dominante, crescimento populacional alto e menos preocupação com desenvolvimento rápido;

Cenário B1: descreve uma mudança rápida na estrutura econômica mundial, com a introdução de tecnologias limpas. A ênfase está em soluções globais e sustentabilidade social e ambiental;

Cenário B2: descreve um mundo em que a ênfase está nas soluções locais, sustentabilidade econômica, social e ambiental, com iniciativas comunitárias e inovação social em lugar de inovações globais.

Fonte: IPCC (2007).

Cenário A2 - Temperatura média

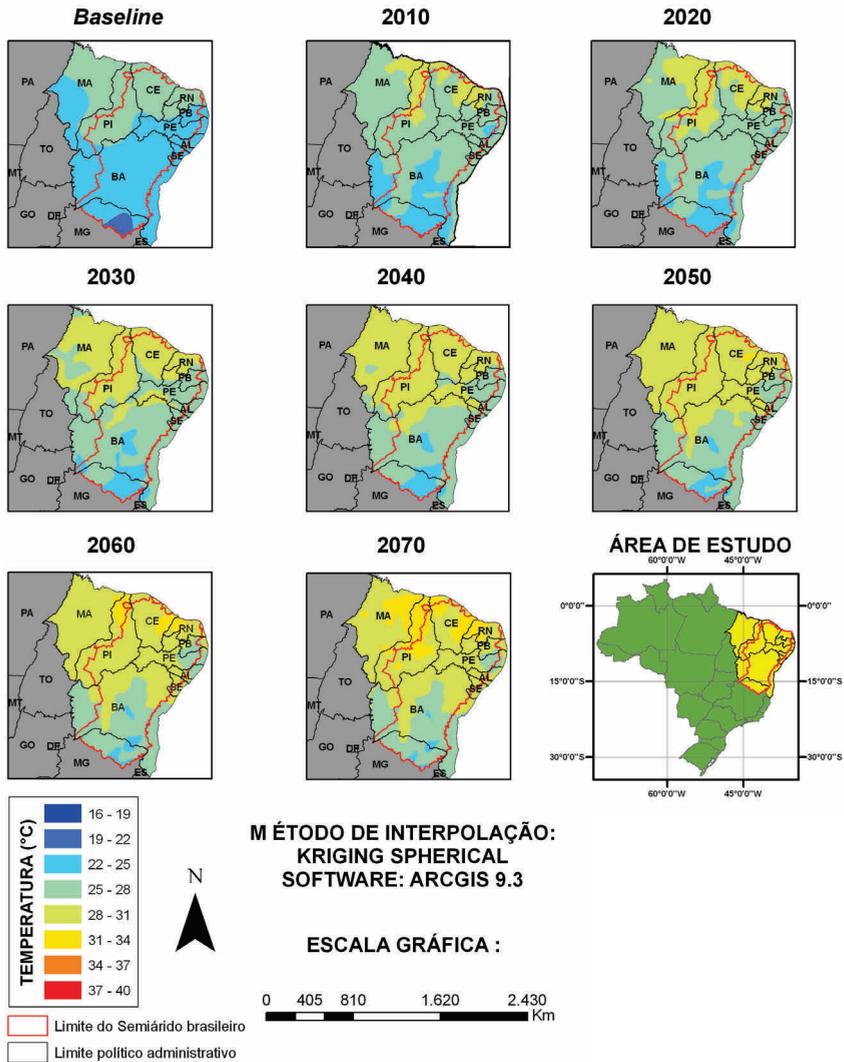


Figura 9. Mapa com as projeções anuais (valores absolutos) da temperatura do ar média anual, em °C, para o cenário A2 do IPCC. Mapas elaborados para os períodos centrados em 2010, 2020, 2030, 2040, 2050, 2060 e 2070 relativos ao *baseline* (1961-1990) gerados utilizando o sistema PRECIS.

Cenário B2 - Temperatura média

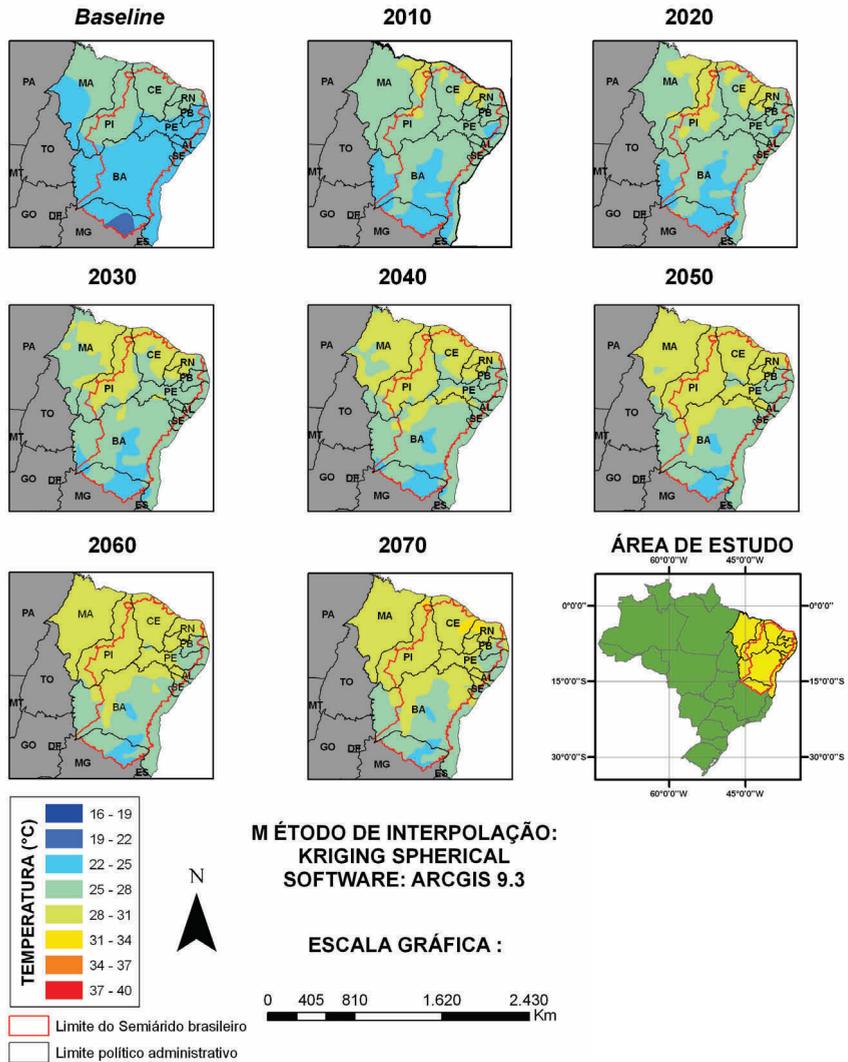


Figura 10. Mapa com as projeções anuais (valores absolutos) da temperatura do ar média anual, em °C, para o cenário B2 do IPCC. Mapas elaborados para os períodos centrados em 2010, 2020, 2030, 2040, 2050, 2060 e 2070 relativos ao *baseline* (1961-1990) gerados utilizando o sistema PRECIS.

Tendo em vista esse problema, pesquisadores do INPE têm desenvolvido modelos regionais para cenários futuros, com maior resolução, para o Brasil. Estes cenários climáticos são baseados em diferentes projeções futuras de emissões de gases do efeito estufa e suas interações com o aumento populacional e desenvolvimento socioeconômico e são classificados em A1, A2, B1 e B2. Tais modelos indicam que a temperatura do ar poderá aumentar de 1,5 a 2,5°C para o cenário B2 e em até 3,0 ou 5,5°C para o cenário A2, até o final do século 21. Com o aquecimento, haverá aumento na evapotranspiração com conseqüente redução da disponibilidade hídrica (MARENGO, 2006).

Os cenários futuros sinalizam para a tendência de estiagem no Nordeste, apontando para uma maior aridez da região semiárida até final do século 21. O balanço hídrico realizado por meio de temperatura e precipitação com as médias dos valores dos modelos do IPCC (2007) sugere redução dos índices pluviométricos na estação chuvosa e maiores deficiências de umidade do solo ao longo do ano (MARENGO, 2006).

As elevações de temperatura do ar entre 1,5°C e 5,0°C, como previstos nos modelos propostos por Marengo (2006), aumentariam a deficiência hídrica no Semiárido, afetando consideravelmente o consumo de água humano e animal, bem como as atividades dependentes de chuva. Por outro lado, a ocorrência de eventos extremos pode resultar em maiores incidências de chuvas torrenciais e enchentes, promovendo severos impactos socioambientais, com aumento na frequência de dias secos consecutivos, ondas de calor e veranicos.

No cenário pessimista de aumento de temperatura do ar (+ 5,0°C), o Semiárido brasileiro poderá se tornar uma região árida (MARENGO, 2006). Salazar et al. (2007) confirmam (em maior ou menor grau) um quadro de desertificação do Semiárido brasileiro no período de 2090-2099, o que influenciaria diretamente nas características e distribuição da vegetação.

A variação climática tem grande influência na composição da vegetação natural, na implantação de sistemas agrícolas produtivos e mesmo nas características socioeconômicas de uma região. As projeções de cenários climáticos do IPCC apresentam aumento generalizado da temperatura, porém, com intensidades variáveis segundo a região ou época do ano. O conhecimento mais detalhado

das tendências climáticas locais, ou seja, o “downscaling” ou aumento da resolução até a escala da fazenda ou fragmento de vegetação nativa é essencial para o seu correto manejo e adaptação às novas condições.

Assim, foram realizados estudos de cenários futuros para temperatura no polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA, por meio de séries de dados históricos de temperaturas máxima, mínima e média do ar, no período de 1966 a 2007. O estudo foi realizado com o emprego de redes neurais artificiais. Pelos resultados obtidos, confirma-se o aumento de temperatura no pólo, ficando evidente que o aumento é variável nos diferentes meses do ano (Figura 9). Para temperatura máxima, foram observados aumentos de $0,66^{\circ}\text{C}$ no mês de janeiro e aumento de até $5,57^{\circ}\text{C}$ no mês de agosto. Quanto à temperatura mínima, não foi observado aumento nos meses de dezembro a fevereiro, sendo o maior aumento observado em setembro, com aproximadamente $2,36^{\circ}\text{C}$.

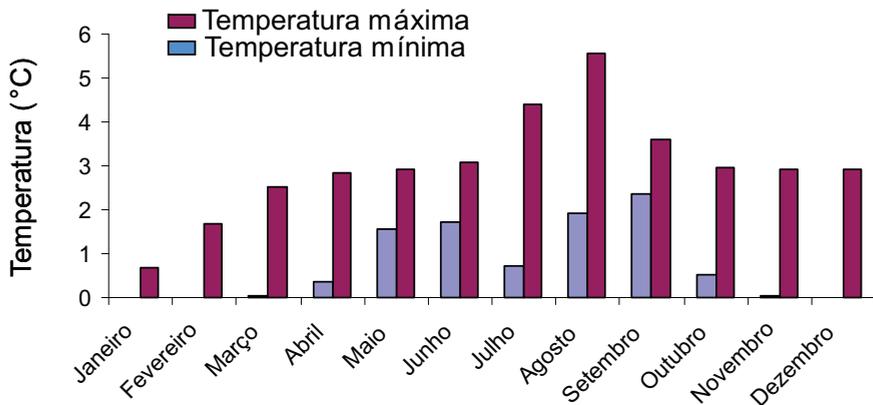


Figura 9. Aumento da temperatura máxima e mínima do ar no período de 1960 a 2100.

Elaborado por Francislene Angelotti.

Cenários agrícolas futuros

Há alguns anos a Embrapa Semiárido e instituições parceiras têm desenvolvido trabalhos sobre risco climático para culturas como uva, manga, palma forrageira, milho e feijão consorciados, entre outros cultivos. A partir destes modelos, é possível fazer o zoneamento de riscos climáticos visando recomendações para o crédito agrícola e o seguro rural, com ênfase para culturas e sistemas de produção típicos de produtores de base familiar, culturas bioenergéticas (cana-de-açúcar) e sistemas de integração lavoura-pecuária.

Sabe-se que os sistemas de cultivo, de maneira geral, estão sujeitos a uma série de fatores ambientais que, direta ou indiretamente, podem comprometer o desenvolvimento das plantas. Assim, os cenários climáticos futuros devem ser vistos como matéria-prima para estudos mais aprofundados sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura. A partir destes estudos, poderá ser realizada a análise, sendo adotadas medidas de mitigação ou adaptação, para suporte na tomada de decisões.

A temperatura do ar é um elemento bastante influente no desenvolvimento de todas as espécies vegetais. Desta maneira, as mudanças climáticas poderão provocar um aumento, diminuição ou até mesmo o deslocamento das áreas produtoras para regiões com condições climáticas favoráveis. Em virtude dessa problemática, pesquisadores da Embrapa Informática Agropecuária, da UNICAMP e do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do INPE (CPTEC/INPE) analisaram os impactos do aquecimento global sobre nove produtos agrícolas: cana-de-açúcar, soja, milho, café, algodão, arroz, feijão, mandioca e soja, até 2070. Este estudo revelou que se não forem adotadas medidas de mitigação e adaptação, poderá ocorrer uma perda significativa na produção de até R\$14 bilhões até 2070, em um cenário mais otimista de aumento de temperatura - B2 (Tabela 1), além do deslocamento de culturas de uma região para outra. Este estudo aponta que na região Nordeste, haverá uma queda significativa na produção de mandioca (DECONTO, 2008). Dessa maneira, ressalta-se a importância de avaliações do efeito das alterações climáticas sobre o desenvolvimento das culturas, vez que, dependendo da região, o cultivo poderá ser comprometido, ocorrendo uma modificação na geografia agrícola.

Tabela 1. Variação do valor da produção no cenário B2, em comparação com valores atuais do IBGE, ano base 2006.

Cultura	Produção	Valor da	Impacto no	Impacto no	Impacto no
	atual (toneladas)	Produção (R\$1.000)	Valor da Produção 2020 (R\$1.000)	Valor da Produção 2050 (R\$1.000)	Valor da Produção 2070 (R\$1.000)
Algodão	2.898.721	2.831.274	- 521.372	- 401.191	- 444.793
Arroz	11.526.685	4.305.599	- 362.047	- 539.486	- 616.125
Café	2.573.368	9.310.493	-628.458	- 1.705.682	- 2.569.696
Cana	457.245.516	16.969.188	29.005.433	24.950.677	24.337.209
Feijão	3.457.744	3.557.632	- 154.757	- 356.119	- 453.598
Mandioca	26.639.013	4.373.156	- 109.766	318.803	726.381
Milho	42.661.677	9.955.266	-1.211.555	- 1.506.231	- 1.732.216
Soja	52.454.640	18.470.711	- 3.993.367	- 5.478.412	- 6.438.890

Fonte: Deconto (2008).

Diante disso, a Embrapa Semiárido participa de duas redes de pesquisa nacionais para o desenvolvimento de estudos de cenários agrícolas futuros e outra de impactos das mudanças climáticas sobre problemas fitossanitários. Estes estudos pretendem utilizar cenários climáticos futuros regionalizados gerados e disponibilizados em parceria com o INPE. Até o momento, já foram disponibilizados os cenários de temperaturas do ar máxima e mínima, a partir dos quais foi calculado o valor para uma grade com resolução de 50 por 50 quilômetros, até o ano de 2100. A próxima etapa consistirá em estudar como as culturas (capim-buffel, cana-de-açúcar, manga, uva, palma forrageira, entre outras) responderão, em termos de crescimento e produção, ao aumento de temperatura do ar resultante dos modelos utilizados para gerar os cenários. Para isso, serão gerados, adaptados e/ou validados modelos de base biológica, dentre outros, que terão como parâmetro de entrada informações sobre as culturas e dados climáticos futuros. Dessa forma, será possível modelar a respostas das mesmas diante dos cenários climáticos futuros. Além de usar modelos de crescimento, as plantas serão conduzidas em câmaras de crescimento, em condições artificiais controladas e submetidas a variações de temperatura do ar

e concentração de CO₂. Estes estudos estão em fase inicial e ainda há muitas áreas do conhecimento necessitando de estudos, tanto os básicos como os avançados, a fim de se conhecer melhor como o clima interage com as espécies cultivadas e nativas do Semiárido brasileiro.

Dentro desta mesma linha, busca-se o entendimento de quais serão os impactos do aumento da concentração do dióxido de carbono e de alterações da temperatura sobre os problemas fitossanitários das culturas. As avaliações desses impactos requerem conhecimentos sobre como esses fatores afetarão a fisiologia das plantas hospedeiras e, conseqüentemente, a interação patógeno e planta hospedeira. Os estudos serão realizados em câmaras de crescimento e também em miniFACE (FACE- Free-Air Carbon Dioxide Enrichment). Os miniFACEs são estruturas adequadas para estudos com aumento do teor de CO₂ devido à possibilidade de conduzir ensaios em todos os estádios de desenvolvimento de plantas, com menor interferência de artefatos, já que as plantas poderão ser cultivadas diretamente no solo.

Ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas na região semiárida

Medidas mitigatórias

As alterações dos Biomas pela ação humana modificam o ciclo do carbono, elemento importante para manter a dinâmica dos ecossistemas, associado às mudanças climáticas e ao tema “seqüestro de carbono”. A intervenção humana no ciclo global do carbono vem ocorrendo há milhares de anos. Entretanto, apenas nos dois últimos séculos o fluxo de carbono antrópico passou a ser comparável ao ciclo de carbono natural. O uso contínuo do solo, pela intensa atividade agropecuária, de maneira geral, reduz o estoque de carbono do solo, bem como aumenta a emissão de CO₂ para a atmosfera. Em virtude das questões que envolvem as mudanças climáticas globais, uma série de trabalhos científicos recentes tem objetivado quantificar os reservatórios de carbono em diferentes regiões semiáridas do mundo, bem como determinar os fatores que controlam a sua dinâmica. No Semiárido tropical brasileiro, estão sendo realizados estudos em relação ao balanço de carbono em áreas de vegetação nativa e antropizadas, primeiramente relacionadas com a pecuária e a

agricultura de sequeiro, por serem as atividades dominantes na região e, posteriormente, também pela agricultura irrigada, devido seu alto impacto no sistema produtivo.

Pesquisas direcionadas à determinação do estoque de C no solo ainda são incipientes no Semiárido tropical brasileiro. Tiessen et al. (1998) estimaram o estoque de carbono para solos do Semiárido tropical brasileiro em $20 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para a camada de 0-20 cm de profundidade. No entanto, em Luvisolo crômico, sob caatinga hiperxerófila no Semiárido cearense, Maia et al. (2007) encontraram estoque de carbono de $48,4 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, e Kauffman et al. (1993), em solo sob Caatinga no Semiárido pernambucano, encontraram valores de $26,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ambos na mesma profundidade. Amorim (2009) avaliou a variação sazonal dos estoques médios de carbono em Argissolo sob Caatinga, no município de Petrolina-PE. No período de estiagem, os valores foram de 16,5; 11,8 e $9,89 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e, após o período chuvoso, 14,2; 10,0 e $8,99 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30cm, respectivamente. Os estoques médios de carbono na camada de 0-20 cm, também, foram superiores aos estimados por Tiessen et al. (1998), alcançando 28,3 e $24,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para os períodos de estiagem e após a chuva, respectivamente. Fraga e Salcedo (2004) encontraram, em caatinga hiperxerófila, valores de 17,9 e $28,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para as camadas de 0-7,5 e 0-15 cm, respectivamente.

Os Neossolos Liitólicos apresenta o maior estoque de carbono - $27,4 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, seguido do Luvisolo, Vertissolo, Cambissolo e Latossolo, enquanto o Neossolo regolítico possui o maior estoque de carbono - $12,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Tabela 2).

Tabela 2. Principais classes de solo na região semiárida brasileira, em áreas de vegetação de caatinga hiper e hipoxerófila, importância relativa, teores médios e estimativa do estoque de Carbono Orgânico Total - COT no horizonte superficial (Ap)(1).

Classe de solo	Profundidade (cm)	COT (g.kg ⁻¹)	Estoque COT (Mg.ha ⁻¹)
Vértissolo	13.1	12.3	24.1
Cambissolo	12.4	12.2	22.7
Luvisolo	13.7	11.8	24.2
Neossolo Litólico	17.6	10.4	27.4
Latossolo	15.6	9.7	22.7
Argissolo	15.3	8.9	20.4
Planossolo	18.2	7.4	20.2
Neossolo Regolítico	16.5	4.9	12.1
Médias ponderadas	15.9	9.3	22.2

Fonte: Adaptado de Salcedo e Sampaio (2008).

É sabido que, dependendo dos sistemas de uso e manejo adotados, o solo pode agir como fonte ou dreno do CO₂ atmosférico (PARTON, 1987), contribuindo diretamente no efeito estufa. Do ponto de vista agrícola, o solo torna-se uma fonte de CO₂ para a atmosfera quando as perdas por oxidação são maiores do que as adições de carbono. Os sistemas de manejo que usam o preparo do solo para a produção vegetal constituem-se no principal fator dessas perdas (BRUCE et al., 1999, PEREZ et al., 2007). Por outro lado, em condições de alta produção de fitomassa e adição de resíduos, são fontes de carbono para o solo (CAMPOS et al., 1999).

A emissão de CO₂ pode ser um indicador de qualidade do solo para validar sistemas agricultura de sequeiro, integração lavoura-pecuária-floresta e agricultura irrigada no Semiárido. A fonte primária de emissão terrestre de CO₂, até a década de 1950, eram os solos e a vegetação da região de clima temperado. A partir desta década, a região tropical tornou-se a principal fonte na emissão terrestre de CO₂, devido ao avanço da exploração dos solos, associado ao desmatamento e à queima de biomassa. A taxa líquida de perda de carbono estimada foi de 0,2 Gt para a região temperada e até 2,0 Gt para a região tropical (HOUGHTON, 2001). Com isso, a agricultura tornou-se um fator

significativo no balanço de CO₂ na atmosfera, embora a emissão de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis seja mais do que o dobro do CO₂ emitido pelos sistemas agropecuários.

A conversão de ecossistemas naturais em áreas agrícolas (desmatamento e queima de biomassa) e a oxidação da matéria orgânica do solo devido ao preparo do solo contribuem com, aproximadamente, 33% da emissão global líquida de CO₂. O volume de CO₂ emitido para a atmosfera contribui com 50% do efeito estufa, enquanto o CH₄ contribui com 19%, o N₂O com 5%, os CFCs com 15% e outros com 11% (HOUGHTON, 2001).

Por outro lado, o solo torna-se um dreno do CO₂ atmosférico quando as adições de carbono são maiores do que as perdas por oxidação. De acordo com Bruce et al. (1999), a implementação de medidas integradas, conforme os itens relacionados a seguir, é o caminho para o solo atuar como um dreno: a) redução e/ou eliminação da intensidade de preparo do solo; b) intensificação de sistemas de rotação de culturas; c) adoção de práticas que promovam o aumento da produtividade das culturas, e d) restabelecimento de cobertura vegetal permanente.

O equilíbrio estável (*steady-state*) do reservatório de carbono no solo é o balanço entre adições (resíduos vegetais e adubos orgânicos) e perdas (decomposição e mineralização da matéria orgânica, resultando na liberação de CO₂ para a atmosfera, e erosão). A matéria orgânica do solo é um componente dinâmico e vários modelos têm sido usados para descrever suas alterações com o tempo.

De uma maneira geral, o carbono orgânico tende a aumentar com a adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo. Dentre esses sistemas, o não revolvimento do solo, associado ao retorno de resíduos vegetais e rotação de culturas, tem se constituído na principal alternativa para diminuir a emissão de CO₂ e a recuperação da matéria orgânica do solo, para as regiões de climas temperado e tropical.

O manejo, a proteção e o uso do solo devem se basear, primeiramente, no seu potencial produtivo, sendo que para um manejo adequado do solo, é necessário considerar suas propriedades físicas (aeração, retenção de água, compactação, estruturação), químicas (reação do solo, disponibilidade de nutrientes,

interações entre estes) e biológicas (teor de matéria orgânica, respiração, biomassa de carbono, biomassa de nitrogênio, taxa de colonização e tipo de microrganismos).

Os solos mais cultivados no Submédio do Vale do São Francisco, em regime de irrigação, são os Latossolos e os Argissolos, que apresentam textura arenosa nos horizontes superficiais, com acidez moderada, baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e pobres em fósforo; os Luvisolos, de textura média, moderadamente ácidos ou neutros, com valores de CTC e teores de P médios, e os Vertissolos, de textura argilosa, pH alcalino, com alta CTC e pobres em fósforo quando sob a vegetação natural (Caatinga). Com o avanço da tecnologia para aplicação e uso eficiente de água e nutrientes, os Neossolos também foram incorporados ao sistema produtivo da videira, porém todos os solos têm como característica comum o baixo teor de matéria orgânica.

No Submédio do Vale do São Francisco, estudos observaram que nos cultivos dos pomares, houve aumento nos teores de matéria orgânica, que aumentaram de 16% a 41% nas áreas cultivadas com videira orgânica, e de 9% a 50%, nas áreas cultivadas com mangueiras. Os sistemas de produção orgânica da videira e da mangueira, utilizando adubos verdes, demonstraram atuar na melhoria da qualidade do solo e no aumento do teor de matéria orgânica, atuando indiretamente como um sistema que tem um balanço positivo em relação ao carbono do solo.

A utilização de plantas intercalares, como adubos verdes, possibilita a produção de altas quantidades de resíduos, permitindo o aumento do teor de carbono do solo e da CTC, reduzindo a lixiviação de cátions e a percolação de água. Por outro lado, a produção de material vegetal "in situ" e a sua utilização como cobertura morta diminuem a evaporação da água aplicada, minimizando os riscos de salinização das áreas cultivadas.

Em regra, qualquer espécie vegetal pode ser utilizada como cultura de cobertura. Porém, considerando as características desejadas, algumas espécies devem ser prioritárias para integrar um sistema de produção que inclua a adubação verde, destacando-se as seguintes características:

- Ter sistema radicular profundo para facilitar a reciclagem dos nutrientes.
- Ter elevada produção de massa seca, tanto da parte aérea como na radicular.
- Ter velocidade alta de crescimento e cobertura do solo.
- Ser agressiva e rústica.
- Possuir baixo custo de sementes.
- Apresentar facilidade na produção de sementes.
- Possuir, preferencialmente, efeitos alelopáticos e/ou supressores em relação às plantas não cultivadas.

Além da quantidade de biomassa produzida, avalia-se, também, a sua qualidade, ou seja, sua capacidade em permanecer protegendo o solo e manter o carbono no sistema, aumentando o estoque deste elemento em diferentes profundidades ao longo do tempo.

Outra alternativa que vem sendo estudada na Embrapa Semiárido é a semeadura de adubos verdes na forma de coquetéis vegetais. O coquetel vegetal consiste na semeadura de uma mistura de sementes de várias espécies e famílias, incluindo leguminosas, gramíneas, oleaginosas, entre outras, com o objetivo de adicionar carbono no sistema solo. As seguintes espécies, em diferentes proporções, foram testadas e apresentaram um bom desenvolvimento no Submédio do Vale do São Francisco: leguminosas - calopogônio (*Calopogonium mucunoide*), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), guandu (*Cajanus cajan* L.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.), mucuna preta (*Mucuna aterrina*), mucuna cinza (*Mucuna conchinchinensis*); não leguminosas - gergelim (*Sesamum indicum* L.), girassol (*Chrysanthemum peruvianum*), mamona (*Ricinus communis* L.), milheto (*Penisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.). O fato de as espécies fornecedoras de material orgânico serem plantadas em coquetel proporciona ainda uma melhor exploração do solo (reciclando os nutrientes de forma mais eficiente que o monocultivo), favorecendo a

diversificação de espécies no sistema (incluindo o aumento e a diversificação da população microbiana presente na rizosfera) e fornecendo material orgânico com composição de nutrientes mais diversificada. Áreas cultivadas com coqueletes apresentaram diferenças significativas nos teores de carbono orgânico total no solo em relação à Caatinga preservada e aos cultivos convencionais.

O efeito dos coqueletes vegetais sobre algumas características químicas e físicas depende da qualidade e da quantidade de fitomassa produzida e, na avaliação realizada em 2008, está caracterizado pela massa seca da parte aérea das plantas. A maior produção de fitomassa seca foi obtida no coquetel T1, diferindo significativamente do T2, que produziu a menor quantidade entre todos os tratamentos, sendo esta aproximadamente 40% menor do que a produzida pelo T1 (Tabela 3), não sendo observada diferença significativa entre os demais tratamentos, exceto o T3 no ano de 2008, indicando que o tratamento contendo gramíneas e oleaginosas adicionou maior quantidade de biomassa ao sistema solo, isto provavelmente relacionado ao maior porte destas espécies, comparadas às leguminosas utilizadas nos coqueletes, e à sua maior relação C/N, o que favorece uma maior permanência do material no solo (PETRERE et al., 2008).

Tabela 3. Produção de fitomassa ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de coqueletes vegetais (tratamentos - T1, T2, T3, T4 e T5) cultivados nas entrelinhas da cultura da mangueira, sob irrigação por aspersão, em dois anos. Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, 2008.

Tratamento	Ano	
	2007	2008
	Fitomassa seca - Mg.ha-1	
T1	6,84 a	5,21 a
T2	3,86 c	3,78 c
T3	5,72 b	4,73 ab
T4	5,59 b	4,29 b
T5	5,64 b	4,17 b

Médias seguidas por letras distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). ns Não significativo pelo teste F; T1 - 100 % não leguminosas; T2 - 100% leguminosas; T3 - 75% leguminosas e 25% não leguminosas; T4 - 50% leguminosas e 50% não leguminosas; T5 - 25% leguminosas e 75% não leguminosas; T6- testemunha.

Fonte: Petreire et al. (2008).

De acordo com os mesmos autores, os resultados médios das análises de matéria orgânica do solo (Tabela 4) na profundidade de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. O T3 (75% leguminosas e 25% não leguminosas) e T4 (50% leguminosas e 50% não leguminosas) apresentaram o maior teor de matéria orgânica no solo, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Dois ciclos de cultivo foram suficientes para verificar as alterações nos teores de matéria orgânica, principalmente na camada de 0-5 cm, nas parcelas cultivadas com coquetéis vegetais em relação às parcelas sem coquetéis. Após o segundo ano de cultivo do presente trabalho, observa-se que os coquetéis vegetais que apresentaram misturas de espécies leguminosas e não leguminosas alteraram significativamente o teor de matéria orgânica, destacando o desempenho do T3 (75% leguminosas e 25% não leguminosas), que adicionou matéria orgânica até a profundidade de 20 cm.

Tabela 4. Teores de matéria orgânica e fósforo do solo, por coquetéis vegetais/tratamento, em quatro profundidades. Estação Experimental de Bebedouro, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, 2008.

Profundidade (cm)	Tratamento					
	1	2	3	4	5	6
	Matéria orgânica (g.kg-1)					
0-5	9,77b	9,72 b	14,56a	14,76a	10,27b	8,96 b
5-10	7,63a	7,41 a	7,89a	6,95ab	7,01ab	6,11 b
10-20	3,83b	4,45 b	6,05a	4,09 b	4,37b	4,42 b
20-40	1,81ab	1,34 b	2,69a	2,12ab	1,47 b	1,92 ab

Médias seguidas por letras distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). T1 - 100 % não leguminosas; T2 - 100% leguminosas; T3 - 75% leguminosas e 25% não leguminosas; T 4 - 50% leguminosas e 50% não leguminosas; T5 - 25% leguminosas e 75% não leguminosas; T6 - testemunha.

Fonte: Petrere et al. (2008).

Uma alternativa que pode ser utilizada como medida mitigatória e aumentar o teor de carbono armazenado no sistema solo é o processo de compostagem, um processo biológico de transformação do material orgânico, biodegradável, em matéria orgânica humificada ou estabilizada. É uma técnica idealizada para se obter mais rapidamente, e em melhores condições, a desejada estabilização da matéria orgânica. É uma forma de utilizar os restos de poda e de cultivos,

evitando a queima deste material e promovendo e aumentando o teor de carbono no solo.

Na área de agroenergia, foram avaliadas as produtividades de espécies oleaginosas, entre elas o pinhão manso e a mamona cultivados na região semiárida do Nordeste brasileiro. A produção de pinhão manso em área irrigada, no primeiro ano, foi de 1200 kg.ha⁻¹ e, em área de sequeiro, 300 kg/ha-1 (DRUMOND et al., 2008). A mamona em área irrigada apresentou produtividade de 3000 kg.ha⁻¹ e, em área de sequeiro, 800 kg.ha-1. (DRUMOND et al., 2005). A produção de plantas para produção de biodiesel terá a vantagem de emitir menos CO₂, sendo uma alternativa ao uso de combustível fóssil. Estudos para o aumento da oferta de matéria-prima de base florestal sustentável na região do Araripe, PE, também estão sendo desenvolvidos como alternativa à utilização de combustíveis fósseis. Este estudo contempla o zoneamento de uma região de, aproximadamente, 18.000 km no extremo oeste do Estado de Pernambuco, onde está localizado o maior pólo de exploração de gesso do Brasil. A atividade industrial de exploração e beneficiamento do minério gipsita promove, na atualidade, graves problemas ambientais, pela utilização em grande escala da vegetação nativa em seus fornos de desidratação do minério. O zoneamento conduzido pela Embrapa Semiárido verificou que a região ainda tem um grande potencial de exploração sustentável dos recursos florestais. A pesquisa aponta e quantifica as áreas passíveis de implantação de florestas energéticas, as áreas com viabilidade de exploração no modelo de manejo florestal sustentável e as áreas que devem sofrer uma intervenção imediata de recuperação.

Medidas de adaptação

Com base na prospecção de cenários agrícolas futuros, tem sido verificada a queda da produtividade de culturas como a mandioca, milho e feijão, importantes para a região Nordeste (DECONTO, 2008). Ainda, os cenários climáticos futuros apontam para uma redução na precipitação pluviométrica. Assim, as estratégias de convivência com o Semiárido continuarão sendo ferramentas importantes na conservação da água para a população. Entre as tecnologias de convivência com o Semiárido, pode-se destacar o uso de barragens subterrâneas, a irrigação de salvação, a captação de água “in situ”, as

cisternas domiciliares e rurais. Com a utilização da barragem subterrânea, por exemplo, quantidades expressivas de água da chuva são armazenadas no solo, dando maior segurança aos plantios dependentes de chuvas (BRITO et al., 1989). Nas barragens subterrâneas, pode ser explorada uma gama de culturas tradicionais para a região, como milho, feijão, sorgo, capim, algodão, mandioca, hortaliças, fruteiras, entre outras. Resultados de pesquisa demonstraram que com manejo correto do solo, após 22 anos de implantação, as barragens não apresentaram problema de salinização, proporcionando a exploração agrícola viável, minimizando os riscos da agricultura dependente de chuva (SILVA et al., 2006). A captação de água de chuva "in situ", que consiste na modificação da superfície do terreno, de modo a formar um plano inclinado entre dois sulcos sucessivos, tem proporcionado aos agricultores da região o cultivo de culturas anuais, como milho e feijão caupi, em anos de precipitações pluviométricas irregulares (SILVA et al., 1989). A água da chuva que cai fica acumulada ao longo do sulco e se infiltra em maior quantidade na área do solo onde se encontram as raízes das plantas.

Como medida de adaptação, a Embrapa Semiárido também tem desenvolvido variedades resistentes à seca e a altas temperaturas. Estas pesquisas serão de extrema importância nos cenários futuros, podendo utilizar estas variedades como alternativas a produtores da região semiárida e de outras regiões do país. Assim, na área de melhoramento genético, destaca-se o lançamento de variedades de guandu, como o Guandu Petrolina, resistente à seca e com índice significativo de vitamina A, além de alcançar a fase de produção de grãos mais precocemente (ARAÚJO et al., 2007). Outra cultivar gerada foi o Guandu Taipeiro, adaptada ao regime irregular de chuvas do Semiárido, com bom potencial produtivo e forrageiro (ARAÚJO, et al., 2000). Além de apresentar uma relação entre folha e caule adequada, tem capacidade de retenção de folhas e presença desejável de caules finos e tenros, o que evidencia sua qualidade forrageira. Ainda nesta linha de pesquisa, foi desenvolvida a Cebola Alfa São Francisco (COSTA et al., 2005), resistente a temperaturas elevadas, e foram implantados os sítios de fenotipagem para caracterização de germoplasma de milho e sorgo adaptados à seca.

Pesquisas com espécies nativas da Caatinga poderão ser uma excelente alternativa para produção de alimentos para a população e para os animais. A

idéia de aproveitar o potencial produtivo de plantas tolerantes à seca poderá minimizar os problemas causados pela baixa produção de plantas exóticas. Neste sentido, pesquisadores têm trabalhado com forrageiras nativas, como faveleira, mororó, maniçoba, pornunça, mandacaru, sendo alternativas para alimentação animal, frente aos novos cenários agrícolas (OLIVEIRA et al., 1981; ARAÚJO et al., 2001; ARAÚJO; MOREIRA, 2006). Também, têm sido criado bancos ativos de germoplasma de espécies de *Passiflora*, de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) e outras *Spondias* com tolerância à seca.

O Semiárido brasileiro será uma das regiões mais afetadas pelas mudanças climáticas. Entretanto, temos na região uma população que vem convivendo com secas e altas temperaturas há muitos anos. O bioma Caatinga é rico em espécies endêmicas totalmente adaptadas aos estresses hídrico e salino e a altas temperaturas. Assim, a região abriga um banco genético extremamente importante e pouco conhecido, que poderá ser utilizado para a obtenção de genes usados no melhoramento de culturas agrícolas, permitindo, assim, encontrar alternativas para o aumento da produção de alimentos.

Considerações finais

As mudanças climáticas representam o maior desafio da humanidade no futuro próximo. Entretanto, seus impactos na agricultura ainda foram pouco estudados, tanto por meio de simulação quanto de experimentação. A análise das alternativas de adaptação é estratégica para a agricultura brasileira, razão pela qual a busca por soluções para o desenvolvimento produtivo da região semiárida deve ter continuidade. A demanda por pesquisas nesse contexto de mudanças climáticas continuará crescente. Para isso, os esforços multidisciplinares terão um papel importante, bem como a interação entre as instituições de pesquisa, a fim de obter uma análise integrada dos sistemas produtivos que permita modelar, simular e antever os possíveis impactos. A partir desses conhecimentos, espera-se a adoção de políticas públicas visando ao desenvolvimento sustentável, decorrente da necessidade de aumentar a capacidade adaptativa da sociedade e da economia regional frente às mudanças climáticas.

Referências

- ANGELOTTI, F.; PELLEGRINO, G. Q.; MOURA, M. S. B. de. Tendência da temperatura máxima, média e mínima no Município de Juazeiro, no período de 1966 a 2005. In: CONFERÊNCIA REGIONAL SOBRE MUDANÇAS GLOBAIS: AMÉRICA DO SUL, 3., 2007. São Paulo. **Resumos...** São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, 2007. 1 CD-ROM.
- ARAÚJO, F. P. de; MENEZES, E. A.; SANTOS, C. A. F. **Recomendação de variedade de gandu forrageiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. 4 p. il. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, 25).
- ARAÚJO, G. G. L. de; ALBUQUERQUE, S. G. de; GUIMARÃES FILHO, C. Opções no uso de forrageiras arbustivo-arbóreas na alimentação animal no Semi-árido do Nordeste. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. da C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. cap. 6, p. 111-137.
- ARAÚJO, G. G. L. de; MOREIRA, J. N. Uso sustentável do recurso forrageiro nativo e de fontes alternativas para alimentação de caprinos e ovinos no Semi-Árido brasileiro. In: TALLER DE METODOLOGIAS, 2006, Fortaleza. **Manejo de la vegetación nativa para la producción de ruminantes menores en la zonas áridas de Latino América**. Fortaleza: Embrapa Caprinos; ICARDA, 2006. 1 CD-ROM.
- ARAÚJO, F. ; MENEZES, E. A.; SANTOS, C. A. F. **Guanadu Petrolina: uma boa opção para a sua alimentação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica ; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 19 p. il. (ABC da Agricultura Familiar, 14).
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semi-árido brasileiro**. Brasília, DF, 2005. 32 p.
- BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. **Barragem subterrânea I: construção e manejo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 36).
- BRUCE, J. P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R. Carbon sequestration in soils. **Journal of Soil and Water Conservations**, Ankeny, v. 5, p. 382-389, 1999.
- DRUMOND, M. A.; ARRUDA, F. P. de; ANJOS, J. B. dos. **Pinhão-mansô - Jatropha curcas L.** Embrapa Semi-Árido, 2008. 15 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 212). Disponível em: < http://www.cpatna.embrapa.br/public_eletronica/downloads/SDC212.pdf >. Acesso em: 10 jan. 2010.
- HOUGHTON, J. T. **Climate change 2001: the scientific basis**. New York: Cambridge University Press, 2001. 881 p.
- INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: synthesis report: summary for policymakers, contribution of working groups I,II,III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 202 p. (Série Biodiversidade, v. 26).

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. As emissões no Brasil e o processo de aprimoramento de inventários. In: PLANO Nacional de Mudanças do Clima. Brasília, DF, 2008. 8 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=169>>. Acesso em: 20 jan. 2009.

OLIVEIRA, M. C. de; ALBUQUERQUE, S. G. de; SILVA, C. M. M. S. Avaliação indireta da produtividade de forrageiras arbustivas e arbóreas exóticas e nativas da caatinga. In: REUNIAO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 18., 1981, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 1981. p. 11.

PARTON, W. J.; SCHIMEL, D. S.; COLE, C. V.; OJIMA, D. S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 51, p. 1.173-1.179, 1987.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista MultiCiência**, Campinas, n. 8, p. 139-162, 2007.

PEREZ, C.; RONCOLI, C.; EELY, C; STEINER, J. L. Can carbon sequestration markets benefit low-income producers in semi-arid Africa? Potentials and challenges. **Agricultural Systems**, [Atlanta], v. 94, p. 2-12, 2007.

PETRERE, V. G.; CUNHA, T. J. F.; SILVA, M. S. L.; SILVA, D. J. Teores de matéria orgânica e fósforo em solo cultivado com mangueiras em função do uso de coquetéis vegetais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 1 CD-ROM

PARTON, W. J.; SCHIMEL, D. S.; COLE, C. V.; OJIMA, D. S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 51, p. 1.173-1.179, 1987.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista MultiCiência**, Campinas, n. 8, p. 139-162, 2007.

PEREZ, C.; RONCOLI, C.; EELY, C; STEINER, J. L. Can carbon sequestration markets benefit low-income producers in semi-arid Africa? Potentials and challenges. **Agricultural Systems**, [Atlanta], v. 94, p. 2-12, 2007.

PETRETERE, V. G.; CUNHA, T. J. F.; SILVA, M. S. L.; SILVA, D. J. Teores de matéria orgânica e fósforo em solo cultivado com mangueiras em função do uso de coquetéis vegetais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7., 2008, Londrina. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental: anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 1 CD-ROM.

PROCLIMA. Gases do efeito estufa. Disponível em: <<http://homologa.ambiente.sp.gov.br>> <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/efeito_estufa/gases_fontes.asp>. Acesso em: 5 dez. 2008.

SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South América. **Geophysical Research Letters**, Washington, v. 34, 2007. L09708, doi:10.1029/2007GL029695.

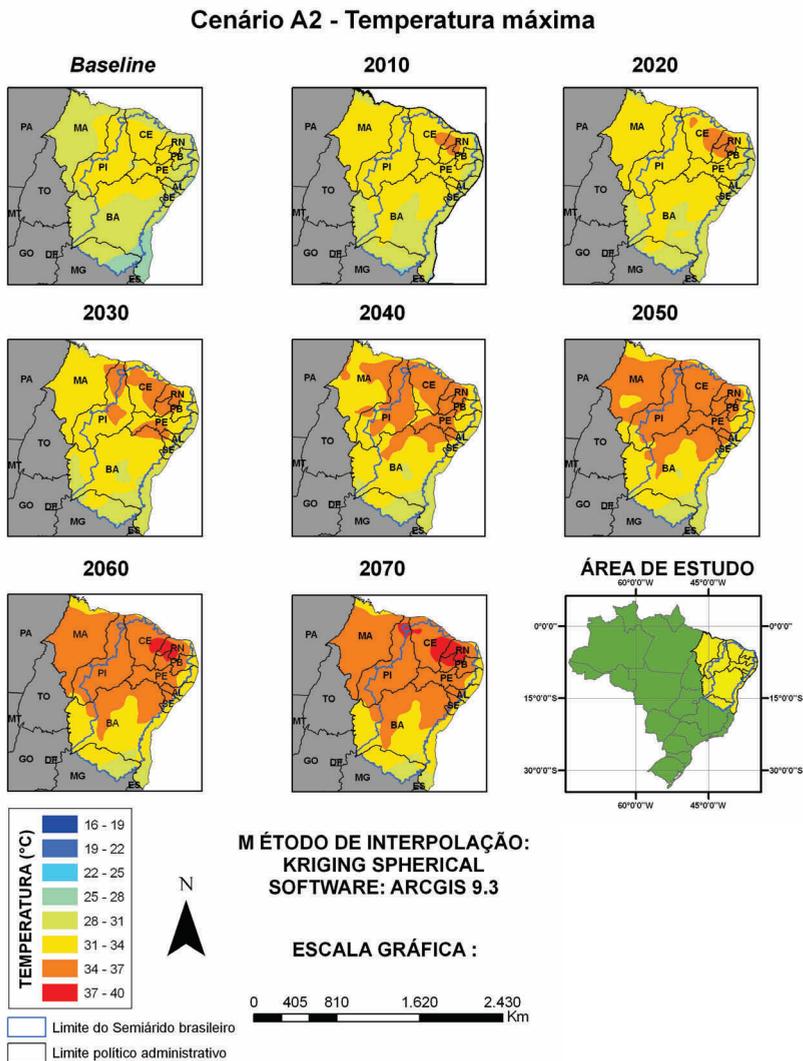
SILVA, A. de S.; PORTO E. R.; BRITO, L. T. de L.; MONTEIRO, M. A. R. **Captação de água de chuva in situ I: comparação de metodos da região Semi-Árida brasileira**. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Semi-Árido (Petrolina, PE). **Captação de água de chuva "in situ": comparação de métodos e densidade de plantio**. Petrolina, 1989. p. 5-24. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa; 35)

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. **Barragem subterrânea**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. Não paginado. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 75).

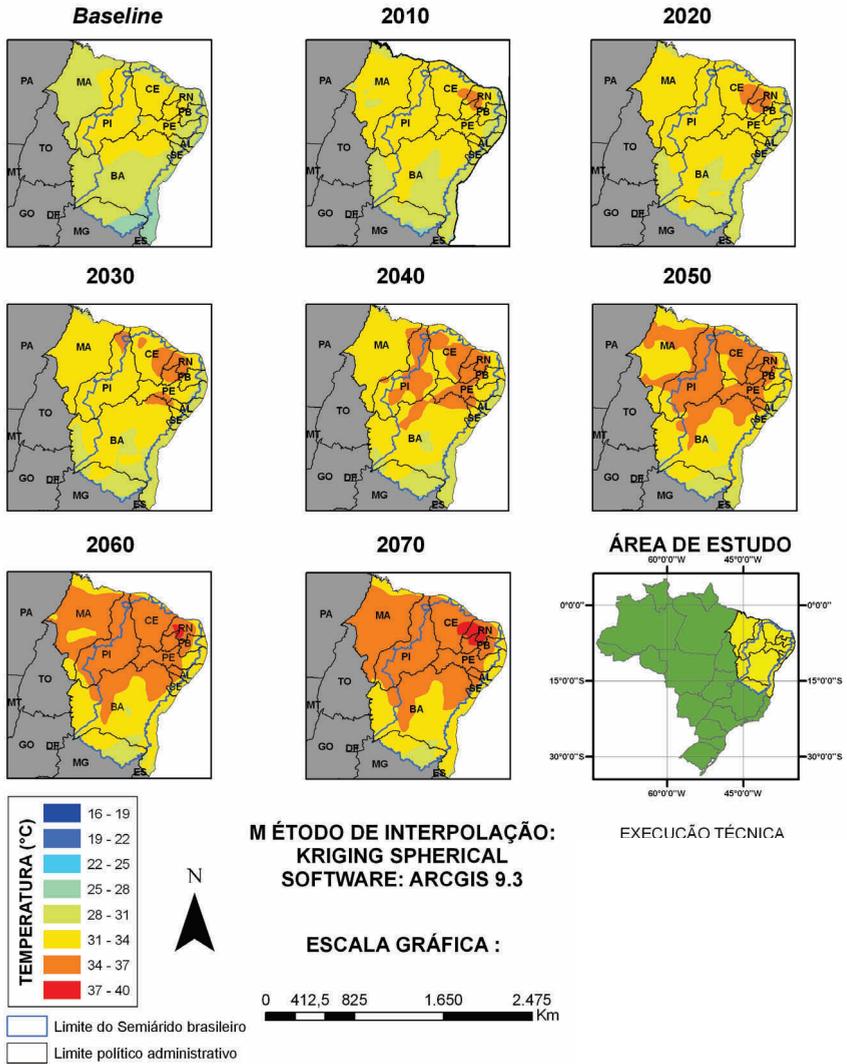
TEIXEIRA, A. H. de C., 2008. **Measurements and modelling of evapotranspiration to assess agricultural water productivity in basins with changing land use patterns: a case study in the São Francisco River basin, Brazil**. 2008. 239 f. Ph.D. (Dissertation) - Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.

Anexo A

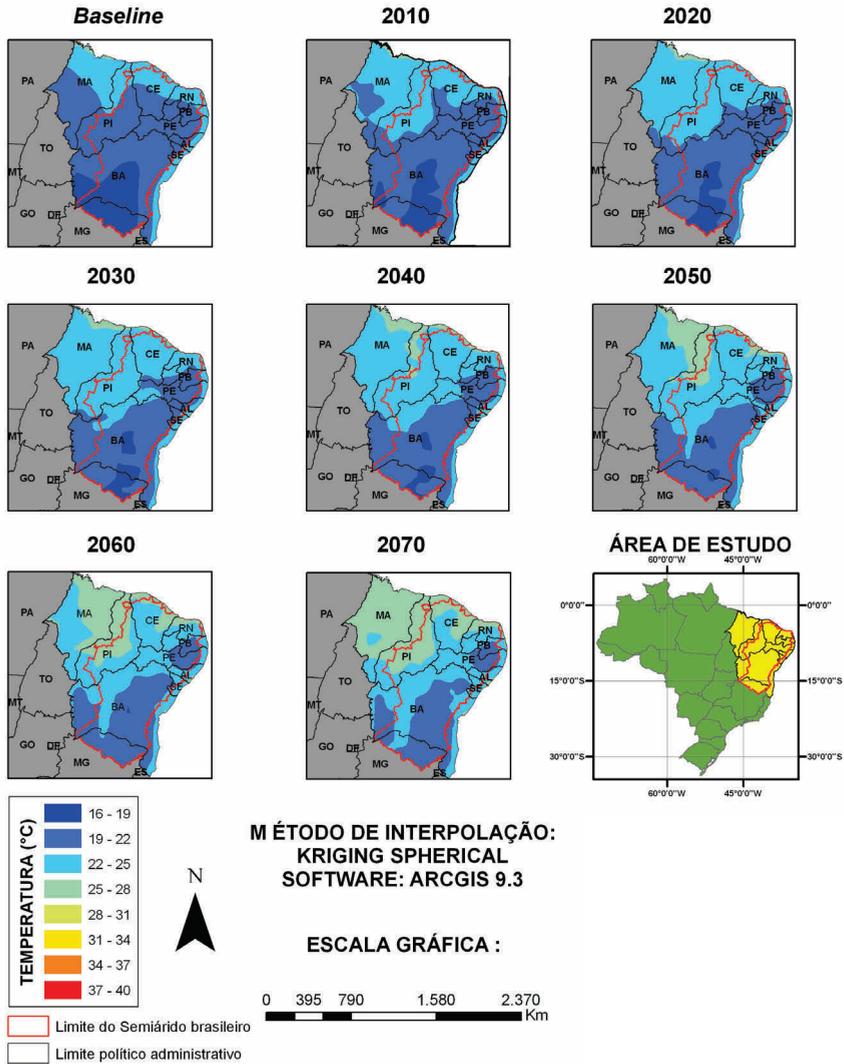
Mapas com as projeções anuais (valores absolutos) da temperatura do ar anual (°C - máxima, e mínima) para os cenários A2 e B2 do IPCC. Mapas elaborados para os períodos centrados em 2010, 2020, 2030, 2040, 2050, 2060 e 2070 relativos ao *baseline* (1961-1990) geradas utilizando o sistema PRECIS.



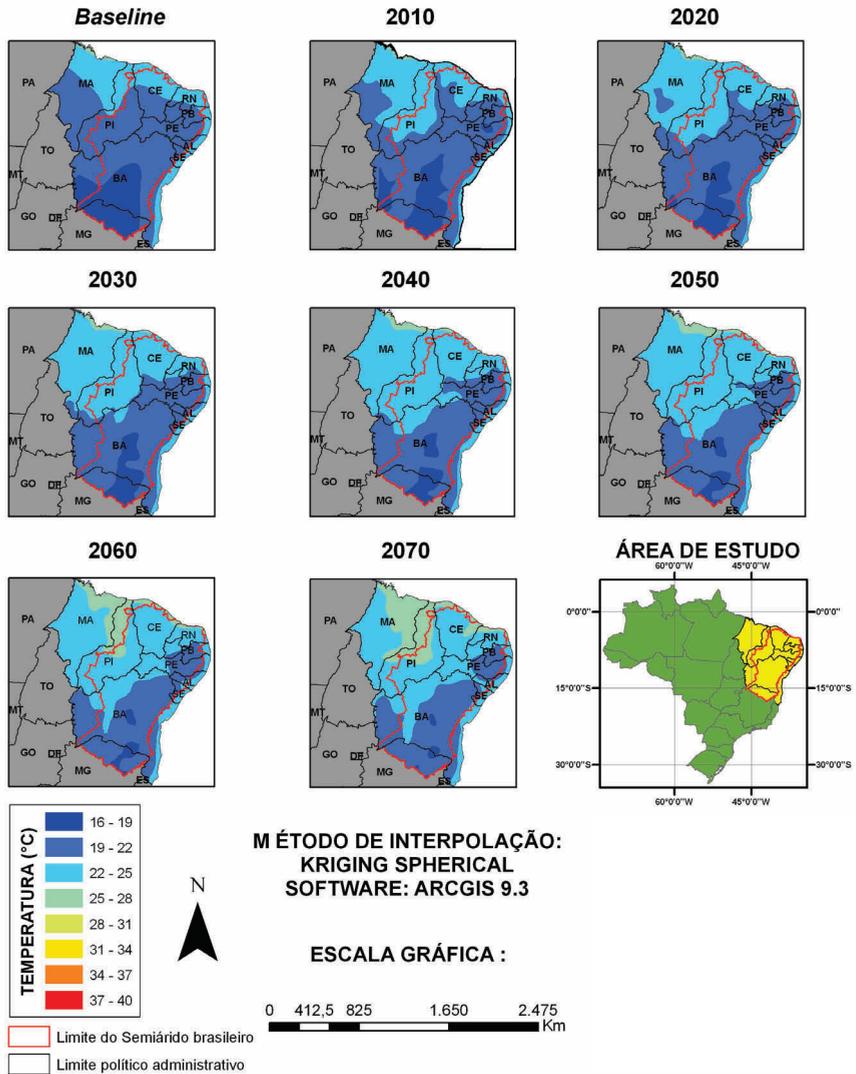
Cenário B2 - Temperatura máxima



Cenário A2 - Temperatura mínima



Cenário B2 - Temperatura mínima



Alternativas alimentares e sistemas de produção animal para o Semiárido brasileiro



Capítulo 6

Tadeu Vinhas Voltolini

André Luís Alves Neves

Clóvis Guimarães Filho

Cristiane Otto Sá

Daniel Maia Nogueira

Daniela Ferraz Bacconi Campeche

Gherman Garcia Leal de Araújo

José Luiz de Sá

José Nilton Moreira

Josir Laine Aparecida Veschi

Rafael Dantas dos Santos

Salete Alves de Moraes

Introdução

A produção animal é uma das atividades socioeconômicas mais importantes para o Semiárido brasileiro. Aliado a isso, essa região apresenta vocação natural e tradição na criação de animais, com destaque para os ruminantes (caprinos, ovinos e bovinos), aves, suínos, peixes e abelhas. Contudo, os sistemas produtivos são extensivos ou ultraextensivos e, na maioria das situações, não permitem a obtenção de índices zootécnicos ou de rentabilidade adequados, inviabilizando o sustento da propriedade rural, que, na maioria das vezes, é baseada em pequenos empreendimentos de base familiar.

Diante desse cenário, ao longo de décadas, a Embrapa Semiárido, juntamente com diversas instituições parceiras, tem dedicado esforços na busca por alternativas para a criação de animais no Semiárido brasileiro, especialmente com relação ao manejo racional da vegetação nativa da caatinga, à busca por potenciais forrageiras da vegetação nativa a serem cultivadas e utilizadas para a alimentação animal e à adaptação do cultivo e utilização de forrageiras exóticas.

Além disso, essa instituição, também, tem enfatizado os estudos para determinação do valor nutritivo e potencial alimentar dos resíduos agroindustriais ou coprodutos gerados na região e, por fim, a geração e desenvolvimento de modelos produtivos, como o sistema CBL (Caatinga, Búfel, Leguminosa) e o sistema Glória de produção de leite. Mais recentemente, a Embrapa Semiárido também tem atuado nas áreas de piscicultura e apicultura, com o objetivo de gerar modelos produtivos para essas atividades.

Desse modo, o intuito deste capítulo será apresentar uma síntese das contribuições da Embrapa Semiárido para os sistemas de produção animal do Semiárido brasileiro.

Recursos forrageiros nativos

A Caatinga é caracterizada como uma floresta arbórea ou arbustiva, compreendendo árvores e arbustos baixos com algumas características xerofíticas. A criação de ruminantes no Semiárido, especialmente ovinos e caprinos, tem sido feita quase sempre extensivamente, tendo como fonte

alimentar a forragem oriunda da vegetação nativa da caatinga e, na maioria das vezes, em condições de superpastejo. Segundo Moreira (2005), em estudo realizado no Sertão de Pernambuco, a biomassa estimada da caatinga foi de 2.780 kg de matéria seca.ha⁻¹. Entretanto, desse total, apenas parte estaria disponível aos animais, vez que há forte presença de componentes lenhosos e de material forrageiro em estratos superiores, não permitindo o alcance dos animais.

Assim, um dos principais focos de ação da Embrapa Semiárido é gerar informações que possam subsidiar o manejo racional desse recurso natural e, também, promover o conhecimento da composição botânica e da qualidade da dieta dos animais mantidos nessa vegetação, aliado à possibilidade de obtenção de bons desempenhos produtivos e reprodutivos dos animais.

Além disso, a Caatinga integra importantes modelos produtivos gerados por essa instituição como o CBL e o cabrito ecológico, discutidos mais adiante. Nesses sistemas de produção, recomenda-se o uso da vegetação nativa em pastejo direto pelos animais durante o período chuvoso do ano, em virtude da maior massa e melhor valor nutritivo da forragem nesse período.

Guimarães Filho et al. (1995), em pesquisas realizadas no Campo Experimental da Caatinga, na Embrapa Semiárido, relataram valores de 12 ha/UA.ano⁻¹ a 15 ha/UA.ano⁻¹ (UA – Unidade Animal) como capacidade de suporte da caatinga, em anos com valores de precipitações pluviométricas dentro da média histórica. Considerando-se seu uso apenas na época chuvosa do ano, a capacidade de suporte da caatinga é aumentada, ficando em torno de 4 ha/UA.ano⁻¹.

Dentre as espécies da caatinga, mais de 70% participam consideravelmente da composição da dieta dos ruminantes. No período chuvoso, o estrato herbáceo tem boa participação na composição das dietas dos animais, enquanto que as folhagens das espécies lenhosas ganham importância na composição das dietas dos animais no período seco.

São várias as espécies nativas com potencial forrageiro para o Semiárido brasileiro, tendo sido diversas delas estudadas pioneiramente pela Embrapa Semiárido com o intuito de conhecer seu potencial de produção e qualidade da forragem, além da elaboração de critérios de manejos para seus cultivos. Destas,

podem ser destacadas a maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & hoffman), a mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), a pornunça (*Manihot* sp.), o mamãozinho-de-veado (*Jacarta corumbensis* O. Kuntze), a pustumeira (*Gomphrena elegans* Mart. var. *elegans*) e o mandacaru sem espinhos (*Cereus hildemannianus* K. Schum.).

Com relação aos aspectos qualitativos das plantas da caatinga, diversas delas apresentam elevados teores de proteína bruta, além de altos valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca, a exemplo da maniçoba, pustumeira e pornunça. Por outro lado, o consumo de energia metabolizável é apontado como o principal limitante do desempenho produtivo dos ruminantes mantidos na caatinga.

Em ações de pesquisas participativas realizadas pela Embrapa Semiárido a partir do ano de 1976, em parceria com algumas Empresas Estaduais de Pesquisa da região Nordeste (Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Piauí, Sergipe) com o objetivo de avaliar o potencial de produção dos pastos nativos, foi possível observar que a aplicação de fertilizantes fosfatados na dose de 25 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅, associada a calagem promoveu um aumento considerável na proporção de leguminosas nesses pastos, o que permitiu incrementos na produção de carne por unidade de área superiores a 100%, em relação aos pastos nativos que não receberam fertilização ou calagem.

Outros resultados importantes com a manipulação do pasto nativo nessas pesquisas participativas, foram os aumentos nos ganhos de peso dos animais, nas taxas de lotação dos pastos e da produção de carne por unidade de área com o uso do raleamento associado a adubação fosfatada e ao enriquecimento das áreas com gramíneas (capim-búfel) ou leguminosas (*Galactia striata*, *Macropitilium atropurpureum* e *Stylosanthes guyanensis*). Com o enriquecimento da caatinga com o capim búfel e aplicação de 35 Kg de adubo fosfatado, foram elevadas as taxas de lotação e produções de carne por unidade de área de 0,21 bovinos.ha⁻¹ e 0,031 Kg.ha⁻¹.dia⁻¹ para 1,10 bovinos.ha⁻¹ e 0,436 Kg.ha⁻¹.dia⁻¹ (SALVIANO, 1980).

Maniçoba

A maniçoba apresenta elevada produção de forragem quando comparada a outras plantas forrageiras do Semiárido, muitas vezes superior a 5.000 kg de

MS/ha.ano⁻¹ (MS – Matéria Seca). Seu plantio é realizado por sementes lançadas em covas, utilizando espaçamentos entre linhas de 1 m a 2 m e 0,50 m a 1,0 m entre plantas (SOARES, 1995). Não é recomendada a utilização dessa planta forrageira em pastejo direto ou fornecida in natura, devido às consideráveis concentrações de glicosídeos cianogênicos que, ao hidrolisarem-se, formam o ácido cianídrico, que pode intoxicar os animais. Dessa forma, recomenda-se o uso da maniçoba na forma de feno ou silagem, efetuando-se o corte da planta 60 a 90 dias após a rebrota. Os bons parâmetros fermentativos das silagens de maniçoba, representados pelos teores de nitrogênio amoniacal e valor de pH, foram observados por Dantas et al. (2008).

Essa planta forrageira apresenta, também, um bom valor nutritivo com teores de proteína bruta (PB) que, muitas vezes, podem superar 20% da matéria seca e 62% de nutrientes digestíveis totais (NDT) (SALVIANO; SOARES, 2000).

Em avaliação do desempenho produtivo de novilhos alimentados exclusivamente com feno de capim-buffel, Salviano e Nunes (1991) observaram que não houve ganhos de peso dos animais. Por outro lado, quando os novilhos foram suplementados com feno de maniçoba os ganhos de peso foram superiores a 700 g/animal.dia⁻¹. Bons resultados com o uso do feno de maniçoba também foram observados por Moreira et al. (2008), que relataram ganhos de pesos da ordem de 180 g/animal.dia⁻¹ para caprinos alimentados com rações contendo 30% de feno de maniçoba e 70% de concentrado. O feno de maniçoba pode ser incluído em proporções elevadas nas rações de ruminantes e, de acordo com Araújo et al. (2004), o uso de até 70% de feno de maniçoba em rações para ovinos não afetou o ganho de peso dos animais, em comparação com rações com menores proporções de feno de maniçoba.

Mandioca

A mandioca, outra planta do gênero *Manihot*, pode fornecer para a alimentação animal a parte aérea contendo, aproximadamente, 20% de PB e 65% de NDT, caracterizada como um volumoso com alto teor protéico, e as raízes com, aproximadamente, 2,55% de PB e 74% de NDT, constituindo-se em importante fonte energética. O uso associado da parte aérea com as raízes fragmentadas, denominadas “raspa”, representa uma boa ração para os

animais. Voltolini et al. (2009) observaram que a inclusão de raspa de mandioca como fonte energética exclusiva ou em substituição parcial às fontes tradicionais, como o grão de sorgo e o farelo de trigo em associação com a silagem de maniçoba como volumoso nas rações para caprinos, permitiu ganhos de peso semelhantes às fontes tradicionais e promoveu uma redução nos custos de produção.

Na região do Submédio do Vale do São Francisco, a produção de raízes varia de 10.000 kg de MS.ha⁻¹ a 20.000 kg de MS.ha⁻¹, enquanto que a produção da parte aérea pode variar de 8.000 kg.ha⁻¹ a 15.000 kg.ha⁻¹, com cortes efetuados aos 18 meses após o plantio. Recentemente, foram avaliadas na Embrapa Semiárido diversas variedades de mandioca destinadas à alimentação animal, com destaque para a “engana-ladrão”, a “cambadinha” e a “curvelinha”, em virtude de suas maiores produções de raízes e parte aérea.

Pornunça

A pornunça é um híbrido natural entre maniçoba e mandioca, conhecida, também, como prinunça, pornuncia, mandioca-de-sete-anos ou maniçoba-de-jardim. Essa forrageira possui características intermediárias entre as duas espécies de origem, sendo tolerante a estresses hídricos intensos, produzindo grande quantidade de folhas que podem ser armazenadas em forma de feno ou silagem para alimentação animal.

A pornunça assemelha-se à mandioca e à maniçoba em relação ao valor nutritivo, produção de forragem e aceitação pelos animais. Entretanto, essa planta destaca-se das originárias por apresentar menor toxicidade, em função dos menores teores de ácido cianídrico (173 mg.kg⁻¹ para a pornunça, 737 mg.kg⁻¹ para a mandioca e 884,9 mg.kg⁻¹ para a maniçoba) e pela maior velocidade de brotação e retenção foliar. Especificamente em relação à maniçoba, a pornunça ainda apresenta a vantagem de poder ser plantada por estaquia, já que melhores índices de germinação da maniçoba são observados com o plantio realizado por sementes, cuja dormência deve ser quebrada. Por ser uma planta perene, apenas a parte aérea é utilizada para a alimentação animal, embora também produza boa quantidade de raízes. Sua parte aérea apresenta cerca de 14% de PB, 33% de fibra em detergente neutro (FDN), 22% de fibra em detergente ácido (FDA) e

49% de digestibilidade in vitro da MS (DIVMS), sendo fornecida aos animais na forma de feno ou silagem.

Mamãozinho-de-veado

O mamãozinho-de-veado é uma planta arbustiva que tem sua parte aérea e frutos consumidos pelos animais. Apresenta ainda um tubérculo que pode atingir mais de 350 kg por planta, o qual, também, pode ser utilizado para a alimentação animal. Segundo Cavalcanti (2004), essa planta pode ser cultivada em qualquer tipo de solo, com exceção de áreas sujeitas a alagamentos. No plantio, em cada cova são lançadas três a cinco sementes, sendo que o espaçamento utilizado pode ser de 1,50 m entre plantas e linhas. Um ano após o plantio, já podem ser realizadas as colheitas. No entanto, quanto mais tempo as plantas permanecerem nas áreas de cultivo, maiores serão os tubérculos. Os teores de MS são da ordem de 5% nas folhas e 21,5% nos tubérculos, enquanto que os teores de PB são de cerca de 17,5% e 30% nas folhas e tubérculos, respectivamente.

Pustumeira

A pustumeira é uma espécie perene da família *Amaranthaceae*, que ocorre de forma espontânea nas caatingas, capoeiras e cerrados e apresenta um bom potencial forrageiro, superior a 2.000 kg de MS/ha.ano⁻¹. A espécie é bem apreciada pelos animais e bastante rústica. Essa planta é propagada por método vegetativo, sendo plantada em espaçamentos de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre linhas. Apresenta cerca de 22,6% e 13,0% de PB nas folhas e caules, respectivamente, e 56,3% e 32,5% de DIVMS nas folhas e caules, respectivamente, podendo ser utilizada pelos animais na forma de pastejo direto, feno ou silagem (ARAÚJO; MOREIRA, 2006).

Mandacaru sem espinhos

Essa planta é uma cactácea e, como o próprio nome diz, não possui espinhos. A ausência de espinhos lhe confere uma maior facilidade de manejo no fornecimento aos animais, já que não é necessário queimá-la para eliminar os espinhos, além da possibilidade de proporcionar maior consumo aos animais. Sua altura pode variar de 3,5 m a 5,3 m, com bom desenvolvimento das copas

três anos após o plantio. Apresenta cerca de 17% de MS, 11,4% de PB, 50,5% de FDN e 88,15% de DIVMS (CAVALCANTI; RESENDE, 2006).

Outras espécies nativas

Outras espécies nativas, como a camaratuba (*Cratylia argentea* desv. Kuntze), o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), o mamãozinho-de-veado (*Jacaratia corumbensis* Kuntze), o mandacaru (*Cereus jamacaru* D.C.), o mororó (*Bauhinia* sp.), o sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), a jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth.), a favela (*Cnidocolus phyllacanthus* Muell. Arg. Pax. et K. Hoffman), a orelha-de-onça (*Macroptilium martii* (Benth.) Maréchal & Baudet) e o mata-pasto (*Senna* sp.) são outras espécies nativas estudadas pela Embrapa Semiárido, principalmente quanto à determinação de seu valor nutritivo e/ou aceitação pelos animais.

Alternativas forrageiras exóticas para o Semiárido brasileiro

A Embrapa Semiárido possui, também, considerável histórico no estudo com algumas plantas forrageiras exóticas, visando adaptá-las quanto às estratégias de cultivo e às práticas para sua utilização pelos animais. Num dos estudos pioneiros conduzidos pela Embrapa Semiárido, iniciado em 1977, visando a avaliação de plantas nativas e exóticas quanto à produção de forragem, resistência a pragas e doenças e DIVMS, incluindo 11 gramíneas nativas, 16 gramíneas exóticas, 25 leguminosas nativas e 20 leguminosas exóticas, foram destacados positivamente o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), o *Cenchrus setigerus* Vahl cv. Birdwood, o capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy), a cunhã (*Clitoria ternatea* L.), o *Macroptilium martii* Benth., a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.), o *Cajanus flavus* D.C. e a algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) D.C.) (SILVA et al. 1984).

Em outro estudo, conduzido por pesquisadores da Embrapa Semiárido e da Embrapa Caprinos e Ovinos, em Sobral-CE, com o intuito de avaliar 691 acessos de plantas nativas e exóticas, incluindo gramíneas (*Cenchrus*, *Chloris*, *Cynodon*, *Andropogon*, *Urochloa*, *Paspalum*, *Panicum*, *Setaria*, *Eteropogon*, *Anthephora*), leguminosas (*Leucaena*, *Mimosa*, *Macroptilium*, *Clitoria*, *Cássia*, *Prosopis*, *Centrosema*, *Canavalia*, *Cratylia*, *Bauhinia*, *Cajanus*, *Stylosanthes*, *Calliandra*, *Sesbania*, *Galactia*, *Caesalpineia*, *Indigofera*, *Tephrosia*) e outras

(*Opuntia*, *Croton*, *Cordia* e *Manihot*), foram destacadas a leucena, a cunhã, o capim-buffel, o capim-gramão (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. var. *Aridus*), o capim-corrente e o andropogon (*Andropogon gayanus* var. *Bisquamulatus*), quanto à produção de forragem, resistência a pragas e doenças, produção de sementes, resistência à seca, aceitação por caprinos e ovinos, DIVMS e teores de PB (SOUZA; OLIVEIRA, 1999).

Além das espécies anteriormente citadas, também são importantes recursos forrageiros para a alimentação no Semiárido brasileiro: as palmas forrageiras (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.; *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), a gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq) Steud.), a melancia forrageira (*Citrullus lanatus* (L.H.Bailey) Mansf. cv. *Citroides*), o milho (*Zea mays* L.), o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) e o guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh).

Palma forrageira

As três cultivares de palma forrageira mais difundidas no Nordeste brasileiro - Gigante, Redonda e Miúda - são oriundas da América do Norte. Para as condições de sertão, Albuquerque e Rao (1997) recomendaram uma população de 10.000 plantas.ha⁻¹, no espaçamento 3,0 m x 1,0 m x 0,5 m, ou seja, duas fileiras juntas (distância de 1m), espaçadas de 3 m. Recentemente, os métodos de plantios adensados também tem sido utilizados para o cultivo dessa espécie forrageira. A palma apresenta elevada produção de forragem, superior a 10.000 kg de MS/ha.ano⁻¹. É uma planta rica em carboidratos não fibrosos (CNF) com mais de 61,79% desses componentes, especialmente a pectina. Apresenta, ainda, acima de 60% de NDT, aproximadamente 4% de PB, 26% de FDN, 19% de FDA e 12% de MM.

Como forragem, é utilizada na forma in natura em pastejo direto ou cortada e servida picada nos comedouros, mas pode, também, ser utilizada para a confecção do farelo de palma, que consiste na desidratação e desintegração das raquetes. Barroso et al. (2006) avaliaram o desempenho de ovinos confinados alimentados com rações contendo resíduo de vitivinícola como volumoso e grão de milho moído, raspa de mandioca + ureia ou farelo de palma + ureia e observaram que houve maior ganho de peso e consumo de ração para os animais alimentados com o farelo de palma.

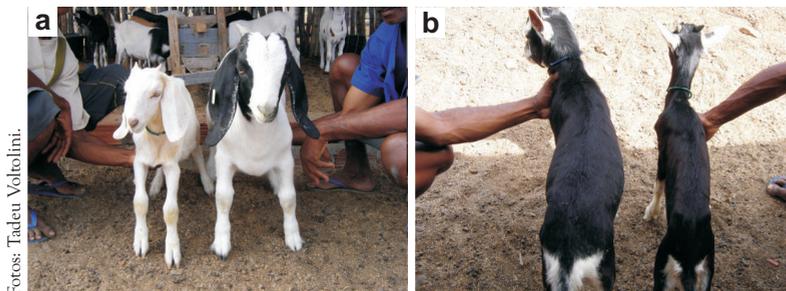
Recentemente, com o avanço da cochonilha silvestre (*Dactylopius opuntiae*) sobre os palmeiros no Semiárido brasileiro, a Embrapa Semiárido e o IPA desenvolvem estudos envolvendo a seleção de novas variedades resistentes a essa praga, com destaque para a orelha de elefante, contribuindo com a multiplicação *in vitro* do material selecionado e com a geração de informações referentes a práticas preventivas visando evitar novas infestações.

Leucena

A leucena é uma leguminosa perene originária da América Central que pode ser utilizada para a formação de bancos de proteína, submetida ao pastejo direto pelos animais ou conservada na forma de feno ou silagem, cultivada para a formação de legumineiras visando o corte e o fornecimento *in natura* ou consorciada com culturas anuais ou perenes. A Embrapa Semiárido foi a instituição pioneira na introdução e avaliação da leucena no Semiárido brasileiro.

Seu plantio é efetuado por sementes em espaçamentos que variam de 1,0 m a 2,0 m entre linhas e 0,5 m a 1,0 m entre plantas. A produção de forragem da leucena no Semiárido brasileiro pode variar de 1.500 a 500 kg de MS/ha.ano⁻¹ a 7.500 kg de MS/ha.ano⁻¹, com cerca de 25% a 30% de PB e 65% a 75% de DIVMS (SALVIANO, 1984). A leucena também pode substituir as fontes proteicas nos sais proteinados ou suplementos múltiplos, como estratégia regional para reduzir os custos com suplementação (GUIMARÃES FILHO et al., 1999).

Moreira et al. (2008) avaliaram o desempenho produtivo de caprinos alimentados com rações contendo 30% de feno de leucena e 70% de concentrado e reportaram ganhos de peso da ordem de 180 g/animal.dia⁻¹, ao passo que caprinos da mesma idade e mesmo grupo genético, mantidos na caatinga, apresentaram ganhos de peso que variaram de 30 g/animal.dia⁻¹ a 40 g/animal.dia⁻¹ (Figura 1).



Figuras 1. Animais alimentados com rações contendo feno de leucena e concentrado (à direita de a e à esquerda de b), em comparação com animais de mesma idade mantidos na caatinga.

Glicícidia

Essa leguminosa arbórea de porte médio, oriunda do México, América Central e Norte da América do Sul, possui crescimento rápido, enraizamento profundo e boa tolerância à seca. Pode ser utilizada como forragem e também para reflorestamento, adubação verde, cercas vivas, entre outros fins. Essa espécie pode ser plantada por mudas, estaquias ou sementes, em espaçamentos de 2,0 m entre linhas e 1,0 m entre plantas. A glicícidia não é prontamente aceita pelos animais nas primeiras vezes em que é fornecida in natura, sobretudo para bovinos, sendo necessário um período de adaptação. Fornecida nas formas de feno ou silagem, é bem consumida pelos ruminantes. Em sua composição bromatológica apresenta 20,7% de PB, 51,8% de DIVMS e 53,3% de FDN (CARVALHO FILHO et al., 1997).

Capim-buffel

O capim-buffel (Figura 2) é uma gramínea originária da África, que apresenta alto valor nutritivo, boa aceitabilidade e rusticidade para ser cultivada em regiões áridas e semiáridas. Em Petrolina, PE, a produção de forragem das pastagens de capim-buffel variou de 1.700 kg de MS/ha.ano-1 a 8.000 kg de MS/ha.ano-1. Pastejado por bovinos, os ganhos de peso obtidos variaram de 0,5 kg/animal.dia-1 a 1,0 kg/animal.dia-1, com taxas de lotação das pastagens de 0,8 UA/ha.ano-1 a 1,2 UA/ha.ano-1.

Essa forrageira pode ser utilizada para o pastejo direto, tanto na época chuvosa (Figura 2) quanto na época seca do ano (pastejo diferido), além da possibilidade de confecção de fenos e silagens visando a reserva estratégica para o período de escassez de alimentos para os animais.

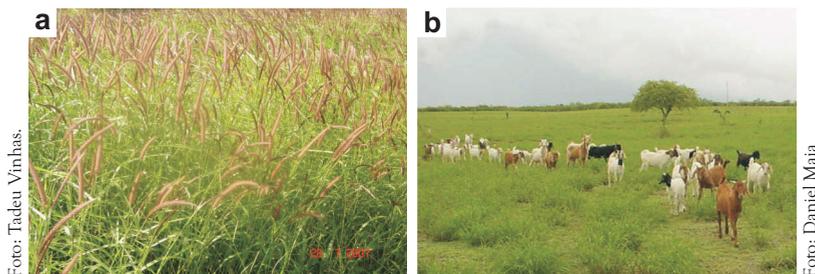


Figura 2. Área de capim-buffel no Semiárido brasileiro (a) e capim-buffel sendo pastejado por caprinos no sertão Pernambucano (b).

Moraes et al. (2008), em pesquisa conduzida na Embrapa Semiárido durante a época chuvosa do ano, mantendo 10 animais.ha⁻¹, relataram ganhos de peso da ordem de 50g/animal.dia⁻¹ com ovinos sem padrão racial definido, alimentados exclusivamente com pastagens de capim-buffel. Quando esses mesmos animais foram suplementados com concentrados energéticos, os ganhos de peso foram maiores e os rendimentos de carcaça foram aumentados. Já na estação seca do ano, com os ovinos mantidos em pastagens diferidas de capim-buffel e suplementados com concentrados proteicos contendo altos teores de sal (35%) e de ureia (5% a 14%), também foram observados ganhos de peso da ordem de 50 g/animal.dia⁻¹, o que é um resultado considerável para a época seca do ano, quando os animais, na maioria das situações, apresentam redução no peso corporal.

Capim-urochloa

O capim-urochloa, também conhecido como capim-corrente, é originário da Rodésia (África), sendo uma gramínea muito apreciada pelos animais, capaz de suportar pastejo próximo ao nível do solo, com moderada tolerância à seca, requerendo precipitações pluviométricas mínimas de 500 mm anuais. Em pesquisas realizadas pela Embrapa Semiárido no sertão de Pernambuco, o capim-urochloa apresentou produção de forragem que variou de 2.500 kg de

MS.ha⁻¹ a 3.500 kg de MS.ha⁻¹. As pastagens dessas forrageira permitiram taxas de lotação de 0,7 UA/ha.ano⁻¹ a 0,9 UA/ha.ano⁻¹. Contudo, os ganhos de peso proporcionados por essa planta foram inferiores aos propiciados pelas pastagens de capim-buffel (OLIVEIRA et al., 1988).

Algaroba

A algarobeira pode ser utilizada para a produção de vagens e forragem destinadas à alimentação animal e também pode servir para a produção de madeira a ser utilizada nos sistemas de produção animal para a construção de cercas e instalações rurais. Segundo Lima (1988), a produção média de vagens na região do Vale do São Francisco foi de 78 kg/planta.ano⁻¹. A vagem é importante fonte de carboidratos, constituindo-se em um ingrediente energético para a alimentação animal. A parte aérea é um ingrediente volumoso, porém, em função de sua melhor aceitação, as vagens são mais utilizadas. A vagem pode apresentar, aproximadamente, 12,9% de PB; 4,0% de EE; 3,7% de MM; 25,2% de FDN e 18,8% de FDA.

Milho

A cultura do milho, componente importante da economia do Semiárido brasileiro, sofre instabilidade de cultivo, ocasionada, principalmente, pela condicionante climática, assim como pela insuficiência de variedades adaptadas, que possam reduzir os riscos de obtenção de boas safras. Tradicionalmente, a planta do milho é o material mais utilizado para produção de silagem. A cultura destaca-se pelo rendimento de massa verde por unidade de área, além das qualidades nutricionais, o que agrega valor nutritivo à silagem.

Em 2008, foram avaliados na Embrapa Semiárido seis genótipos de milho precoce e superprecoce (BR 5033 - Asa Branca; BR 5028 - São Francisco; BRS 4103; BRS Caatingueiro; BRS Assum Preto e Gurutuba) quanto às suas características agrônômicas, perfil fermentativo e potencial de consumo pelos animais (SANTOS et al., 2008). As variedades avaliadas proporcionaram elevada produção de forragem, que variou de 10.700 kg de MS.ha⁻¹ a 16.500 kg de MS.ha⁻¹, e excelentes silagens. O material ensilado, por sua vez, apresentou teores de NDT superiores a 62% da MS e, aproximadamente, 7,0% de PB, não comprometendo o consumo de forragem pelos animais.

Sorgo

O sorgo, originário da África, tem sido considerado a segunda cultura anual mais importante para a confecção de silagens, após o milho. Entretanto, no Semiárido, o sorgo tem destaque em virtude de sua melhor tolerância à deficiência hídrica em relação ao milho, além da possibilidade do uso da rebrota. O plantio do sorgo pode ser realizado em espaçamentos entre linhas que variam de 0,5 m a 1,0 m, perfazendo uma população entre 100 mil e 200 mil plantas/ha. A produção de grãos do sorgo do Nordeste pode variar de 1.540 kg.ha⁻¹ a 4.400 kg.ha⁻¹, enquanto que a produção de forragem pode superar 15.000 kg de MS.ha⁻¹ (MORGADO, 2005).

Melancia forrageira

A melancia forrageira, originária da África, é também conhecida como melancia do mato, melancia de cavalo e melancia de porco. Essa planta difere das melancias tradicionais de casca verde, polpa vermelha e doces, por apresentar casca dura, polpa branca e baixo teor de sacarose. Uma particularidade em relação a esta forrageira está na sua conservação, já que, naturalmente, o fruto da melancia forrageira, após maduro, se conserva por mais de um ano sem perder suas qualidades nutricionais. Apresenta produtividade de 25.000 kg.ha⁻¹ a 30.000 kg.ha⁻¹ de frutos ou 2.500 kg.ha⁻¹ a 3.000 kg.ha⁻¹ de MS, considerando 10% de MS nos frutos.

Essa planta pode ser fornecida picada in natura ou utilizada para a confecção do farelo de melancia forrageira, após desidratação e moagem do material. Apresenta, aproximadamente, 30% de PB nas sementes e 9% na polpa, enquanto a DIVMS da semente é de cerca de 46% e, na polpa, é de 60%. O farelo, por sua vez, possui em torno de 15% a 20% de PB; 12% de MM; 38% de FDN e acima de 60% de NDT.

Oliveira e Silva (2000), em pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido, observaram ganhos de peso de bovinos da ordem de 4 kg/animal.mês⁻¹ a 8 kg/animal.mês⁻¹ quando os mesmos receberam suplementação com melancia forrageira. Também, com a complementação alimentar de vacas leiteiras com 30 kg/melancia.dia a 40 kg/melancia.dia na época seca, esses mesmos autores relataram produções de leite da ordem de 5 kg de leite/vaca.dia⁻¹ a 7 kg de

leite/vaca.dia⁻¹. Silva et al. (2009) estudaram doses de inclusão de farelo de melancia forrageira em rações à base de feno de guandu para ovinos e relataram ser possível utilizar rações contendo entre 33% e 66% de farelo de melancia, sem prejuízos à digestão do alimento ou ao consumo do animal.

Guandu

O guandu ou andu, originário da Índia, pode ser utilizado na alimentação animal como forragem verde e feno ou para a confecção de silagem.

Estudos realizados durante seis anos, nas condições de sequeiro no Campo Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, culminaram na recomendação do genótipo de guandu forrageiro Taipeiro, por apresentar bom desempenho produtivo e potencial forrageiro (SANTOS et al., 2005).

Essa planta pode apresentar produções que variam de 5.000 kg de MS.ha⁻¹ a 8.000 kg de MS.ha⁻¹. As vantagens adicionais dessa variedade são a boa produção de forragem nos primeiros meses após o plantio, a boa relação folha/caule, a grande retenção de folhas e a presença desejável de caules finos e tenros. O Taipeiro apresenta, ainda, 46% de folhas, 25,9% de caules finos e 28,1% de caules grossos e teores de 35,3%, 15,3%, 60,3%, 4,8% e 44,9% para MS, PB, FDN, EE, DIVMS, respectivamente.

Coprodutos da agroindústria

Nas últimas décadas, a capacidade de processamento dos produtos agropecuários foi aumentada consideravelmente no Semiárido brasileiro, com crescente quantidade de resíduos agroindustriais gerados. Esses resíduos acumulados nos pátios das agroindústrias acarretam em custos desnecessários para as mesmas, em virtude do destino apropriado a ser dado.

A grande maioria desses resíduos agroindustriais, também denominados de coprodutos, é inadequada à alimentação humana, mas apresenta potencial de uso para a alimentação animal, principalmente para os ruminantes. Dentre os coprodutos regionais, podem ser destacados os gerados pela indústria sisaleira, processadoras de frutas e produtoras de biocombustíveis. A Embrapa Semiárido tem contribuído na avaliação do potencial desses coprodutos regionais.

Coprodutos da indústria sisaleira

Da indústria sisaleira, são obtidos diversos coprodutos, como a mucilagem da folha do sisal, o pó da bateadeira, o bulbilho (pequenas plantas) e o pseudocaulo da planta. Avaliações quanto ao valor nutritivo desses coprodutos revelaram que a mucilagem in natura apresenta cerca de 11% de MS, 9% de PB e 60% de NDT, sendo caracterizada como um ingrediente volumoso. O pó da bateadeira, que contém cerca de 87% de MS, 6% de PB e 70% de NDT, o bulbilho, que possui 32% de MS, 10% de PB e 80% de NDT, e o pseudocaulo, com 25% de MS, 3% de PB e 80% de NDT, podem ser considerados concentrados energéticos. A mucilagem pode ser conservada na forma de feno, feno pré-secado, silagem ou até mesmo ser submetida à amonização sem prejuízos ao consumo do animal e às qualidades nutricionais do coproduto (BRANDÃO et al., 2009).

Coprodutos da indústria processadora de frutas

No Semiárido brasileiro, são processadas também grandes quantidades de frutas, a exemplo da uva, acerola, goiaba, caju, maracujá, manga, mamão e várias outras. Diversos desses coprodutos foram estudados pela Embrapa Semiárido visando determinar o seu valor nutritivo, o consumo pelo animal e o seu desempenho produtivo.

O coproduto da uva, obtido a partir do processamento nas vitivinícolas, é caracterizado como um alimento volumoso, mas possui também teores de PB que podem ser superiores a 15% da MS. Barroso et al. (2006) avaliaram o potencial do coproduto da vitivinícola na ração de ovinos confinados, em combinação com diferentes fontes energéticas, como o grão de milho moído, a raspa de mandioca e o farelo de palma forrageira. Nessa pesquisa, os ganhos médios diários obtidos atingiram $130 \text{ g/animal.dia}^{-1}$, valor considerado bastante superior em relação aos ganhos obtidos com os animais criados no sistema tradicional, tendo a caatinga como base alimentar.

O coproduto da uva (Figura 3) é também uma boa alternativa como aditivo para a ensilagem de forrageiras, como avaliado por Dantas et al. (2008), que utilizaram até 24% da MS desse coproduto na silagem de maniçoba sem prejuízos ao valor nutritivo e perfil fermentativo da silagem. Para animais em pastejo, os coprodutos da goiaba (Figura 3), acerola e uva substituíram os

ingredientes tradicionais como o milho e o farelo de soja em até 30% da MS nos suplementos concentrados de ovinos em pastejo, sem prejuízos ao desempenho produtivo e à carcaça dos animais, promovendo redução no custo com o arraçoamento.

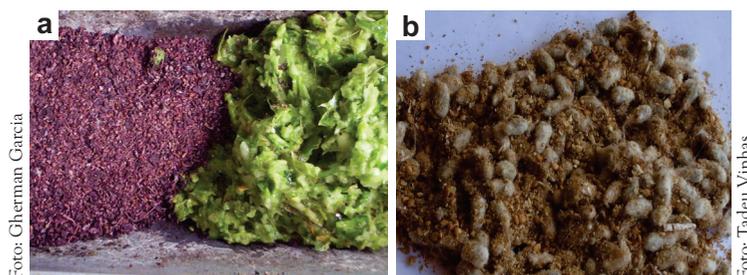


Figura 3. Ração contendo coproduto da uva e palma (a) e suplemento concentrado completo para animais em pastejo contendo coproduto da goiaba (b).

O farelo de manga foi outro produto oriundo da exploração de frutas do Semiárido brasileiro, avaliado pela Embrapa Semiárido, mas esse material é proveniente das lavouras e não da agroindústria. Esse farelo é mais uma opção aos produtores de manga que enfrentam quedas nos preços das frutas em alguns períodos do ano, inviabilizando a colheita. Além disso, as mangas classificadas como de qualidade inferior para serem processadas pelas indústrias possuem preços mais baixos. Nessas condições, as propriedades poderão colher os frutos e transformá-los em farelo, após moagem e secagem. O farelo de manga é um concentrado energético e poderá substituir o grão de milho, o grão de sorgo e a raspa da mandioca em rações animais. Para ovinos, quando substituído o milho em grão por farelo de manga em até 100% nas rações contendo capim-elefante, foram obtidos semelhantes desempenhos produtivos dos animais.

Coprodutos das indústrias produtoras de biocombustíveis

No Semiárido brasileiro, são várias as culturas com potencial para a produção de biocombustíveis, destacando-se a mamona, o pinhão-manso, as palmeiras (dendê, coco), o girassol, o algodão e a cana-de-açúcar. Vários desses coprodutos foram pesquisados pela Embrapa Semiárido com o intuito principal de

determinar sua composição bromatológica e o potencial produtivo dos animais alimentados com eles, especialmente as tortas prensadas, que são encontradas em maior quantidade e regularidade.

A torta da mamona gerada a partir da extração do óleo tem elevado teor proteico - superior a 40% da MS. Contudo, esse coproduto apresenta teores de ricina e ricinina que podem intoxicar os animais que o consomem. De acordo com Menezes et al. (2009), é possível substituir até 45% do farelo de soja por torta de mamona em rações para ovinos em confinamento. Para animais em pastejo, Manera et al. (2009) observaram que as tortas de girassol, licuri e mamona podem substituir em até 30% os ingredientes tradicionais nos suplementos concentrados de ovinos, sem afetar os desempenhos produtivos e as características de carcaça dos animais, reduzindo os custos com suplementação.

Outro coproduto avaliado pela Embrapa Semiárido foi a glicerina bruta (PEREIRA et al., 2009), que é obtida a partir das reações de produção dos biocombustíveis e contém cerca de 70% a 80% de glicerol, sendo possível incluir esse ingrediente em até 5% da MS em rações para ovinos em confinamento, conferindo ganhos de peso e características da carne semelhantes aos ingredientes tradicionais.

Sistemas de produção

Além do uso das diversas alternativas de cultivos com plantas nativas e exóticas e dos coprodutos, da exploração da vegetação nativa para a alimentação dos animais de forma isolada, há também a possibilidade de integrar esses vários componentes, dando origem a um modelo ou um sistema de produção. Diversos deles foram desenvolvidos pela Embrapa Semiárido, como o Sistema CBL, o Cabrito ecológico, o Sistema Sipro e o Sistema Glória de produção de leite, normalmente avaliados com uma espécie ruminante (caprino, ovino ou bovino). Esses modelos poderão ser utilizados para todas essas espécies, de forma isolada ou em conjunto, como é a tradição regional de uso do pastejo misto. De um modo geral, esses sistemas de produção podem promover melhores desempenhos técnicos e econômicos em relação aos sistemas tradicionais, conforme apresentados a seguir.

Sistema CBL

Em sua concepção básica, o sistema CBL consiste na produção de grandes e/ou pequenos ruminantes, utilizando a vegetação natural de caatinga (C), no período chuvoso do ano, quando esta oferece o máximo em termos de oferta quantitativa e qualitativa de forragem, associada à área de capim-buffel (B), com piquetes de um leque de opções forrageiras (L), especialmente leguminosas. A leucena foi a primeira leguminosa recomendada, mas outras espécies forrageiras herbáceas, arbustivas e arbóreas, nativas ou introduzidas, perenes ou anuais, que possam ser utilizadas de forma estratégica ao longo dos anos, são também recomendadas.

O capim-buffel é utilizado em pastejo direto durante a maior parte do ano, quando a caatinga pouco ou nada tem a oferecer. A sua fenação pode constituir prática importante, desde que efetuada sob condições adequadas de manejo.

A leucena é utilizada durante o último terço do período chuvoso até meados do período seco, dependendo de sua área proporcional e da pluviosidade ocorrida. A partir daí, até a chegada do novo período de chuvas, a leucena é fornecida aos animais sob a forma de feno e/ou silagem, preparados nos meados da estação chuvosa. O acesso dos animais aos piquetes de leucena para pastejo, se dá, diariamente, por uma hora.

Em função dos severos períodos de estiagem e das condições de cada unidade produtiva, outras alternativas alimentares devem ser incorporadas ao sistema, como a palma forrageira, a maniçoba e a melancia forrageira, como reservas estratégicas a serem utilizadas nestes períodos.

Inicialmente, o sistema foi concebido para utilização na recria e engorda de garrotes, caracterizando, neste caso, um subsistema particular dentro da propriedade. A idéia básica foi que este subsistema se ajustasse e se integrasse ao máximo ao sistema em uso nas propriedades.

Nesse processo de integração às condições de cada propriedade, outras alternativas podem ser associadas ao modelo, entre elas: o milho ou o sorgo, consorciado ou não à leucena, a mandioca (feno da parte aérea, raspa, farelo integral) e a algaroba (pastejo direto ou armazenados para a época seca). Quase

todas estas alternativas apresentam a possibilidade de serem enriquecidas e/ou conservadas mediante tratamento com ureia. Pelo seu grande potencial e flexibilidade, o sistema CBL pode ser estendido também à fase de cria (vaca-bezerro), embora de economicidade potencialmente menor.

Na operação de recria e engorda de garrotes, estes têm acesso à leguminosa em todas as suas formas (pastejo, feno e/ou silagem). Na operação de cria, a leucena é fornecida preferencialmente às matrizes prestes a parir ou em lactação (feno e/ou silagem) e aos bezerros a partir dos 30 dias de idade (pastejo, feno e/ou silagem).

Em termos de resultados, o sistema possibilita a obtenção de garrotes de 14-15 arrobas aos 24-30 meses de idade. No caso de cria, propicia incremento superior a 1.000% em termos de quilogramas de bezerros desmamados/ha.ano⁻¹, em relação ao sistema tradicional. Práticas racionais de manejo reprodutivo e de controle sanitário complementam o sistema e possibilitam o manejo de outras diferentes espécies, a exemplo de caprinos e ovinos.

O zoneamento preliminar nos cerca de 95 milhões de hectares da zona semiárida do Nordeste identificou mais de 37 milhões de há (quase 40% da área total) como apresentando condições edafoclimáticas favoráveis à implantação do sistema. Nessas áreas, de pluviosidade média acima de 500 mm anuais, predominam solos dos tipos podzólicos eutróficos e distróficos, bruno-não-cálcicos, latossolos distróficos e regossolos.

Em avaliação de um modelo físico do sistema CBL envolvendo cria-recria de bovinos, implantado na Embrapa Semiárido a partir de 1991, numa área de 87 ha foram destinados 35,0 ha (40%) para o cultivo do capim-buffel, 2,66 ha (3%) para a leucena e os restantes 49,9 ha (57%) constituídos por caatinga bruta. Somente no período de dezembro/91 a novembro/92, a taxa de parição das vacas alcançou 76,2%, ou seja, quase duas vezes maior em relação à taxa obtida nos sistemas tradicionais, o que é um bom indicativo das potencialidades do sistema.

Outras tecnologias e práticas associadas ao sistema CBL

A ureia e a mistura mineral se constituem em elementos complementares ao sistema CBL. Durante o período seco, todas as categorias têm acesso à ureia

adicionada à mistura mineral. Este acesso é mais importante para aquelas categorias que não recebem feno ou silagem e que tem no pasto de capim-buffel a sua principal (ou única) fonte alimentar. Nesse período, o capim-buffel está seco e apresentando um baixíssimo teor de proteína bruta (3% a 4%). Respostas positivas à administração de ureia só devem ser esperadas em animais submetidos a dietas cujos teores protéicos sejam inferiores a 12%.

O consórcio da palma forrageira com a maniçoba, dentro do CBL, se faz necessário para as regiões com menores precipitações pluviométricas, visando compor a reserva estratégica de forragem. A fenação e a ensilagem podem ser feitas aproveitando a área de pastagem de capim-buffel ou áreas de diferentes espécies forrageiras especificamente implantadas para este fim. Suas adoções possibilitam praticamente a duplicação da oferta de forragem.

Quanto ao manejo reprodutivo, as práticas devem considerar o estabelecimento de uma estação de monta, valorizando as matrizes de mais alto desempenho reprodutivo, a adoção de um sistema de desmame antecipado de bezerros que assegure um menor intervalo de parto e reconcepção e um sistema de seleção e manejo de novilhas de reposição que evite a primeira cobertura sem o peso adequado para a gestação e permita um menor intervalo entre o primeiro e o segundo parto.

No que concerne ao manejo sanitário, a vacinação contra a febre aftosa, brucelose e raiva devem seguir as recomendações do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), específicas para cada Estado do país. E as demais enfermidades devem ser avaliadas a necessidade em cada propriedade. A vermifugação, especialmente de bovinos jovens, em épocas estratégicas, constitui uma importante ação a ser considerada. Outro ponto fundamental na operacionalização do sistema CBL são os registros zootécnicos, necessários para uma correta análise da estrutura de produção. Ao medir a eficiência dos fatores de produção, o produtor poderá identificar os pontos de estrangulamento e tomar as decisões necessárias aos ajustes e correções dos problemas.

O controle zootécnico deve ser efetuado por meio da manutenção de registros (fichas) atualizados, principalmente do desempenho reprodutivo e do

desenvolvimento ponderal dos animais e, evidentemente, uma avaliação constante dos mesmos. Uma boa avaliação de custos, por meio de registros contábeis, complementar a estrutura de informações necessárias à tomada de decisão do produtor para aumentar sua produtividade e rentabilidade.

Preservação ambiental

O sistema incorpora uma série de práticas de manejo capazes de aproveitar o poder de reabilitação natural da caatinga e reverter o seu processo de degradação, o qual já atinge, em maior ou menor intensidade, quase 20 milhões de ha. Entre essas práticas, destacam-se:

O uso de taxa de lotação apropriada com a caatinga sendo pastejada a taxas moderadas, por 60 a 120 dias no ano, evitando-se a desfolhação excessiva e permitindo o acúmulo de material necessário à sua mais fácil recomposição na estação seguinte; a utilização da lotação rotacionada (pastejo rotacionado) proporciona um pastejo melhor distribuído, podendo, anualmente, excluir áreas destinadas ao pastejo para fins de descanso e recomposição); a taxa de lotação flexível, que consiste na variação do número de animais na área em função das oscilações pluviométricas, principal determinante da maior ou menor oferta de forragem da caatinga; o pastejo em áreas suplementares como nas pastagens de capim-buffel durante boa parte do ano e as reservas estratégicas aliviam a pressão de pastejo sobre a vegetação nativa.

O sistema CBL, pela própria dinâmica e fragilidade do ecossistema onde ele vem sendo trabalhado, preconiza o zelo pelo contínuo bem-estar do bioma caatinga e dos diferentes tipos de alternativas forrageiras exploradas no mesmo, de forma que sua exploração possa servir de ferramenta para o desenvolvimento ecologicamente sustentável do Semiárido brasileiro.

Cabrito ecológico da Caatinga

É um sistema de produção que se caracteriza pela base agroecológica focada na redução de insumos externos e na minimização do uso de agroquímicos. Nesse sistema, caprinos de raças ou ecotipos nativos são criados semiextensivamente, com pastejo em áreas de caatinga e capim-buffel, com suplementar nos períodos críticos do ano, usando especialmente os resíduos agrícolas ou agroindustriais.

O manejo sanitário é baseado em estratégias de prevenção e controle de enfermidades, além de um rigoroso controle higiênico-sanitário dos produtos. As principais práticas abrangem vacinações contra clostridioses e raiva, controle de ecto e endoparasitoses (uso mínimo de vermífugos convencionais combinado a métodos não agressivos ao ambiente, como a fitoterapia e o descanso dos pastos). Outras medidas incluem a desinfecção periódica das instalações, quarentenário, pedilúvios, esterqueira, tratamento de umbigo, exames periódicos de artrite encefalite caprina (CAE), diagnósticos e medidas preventivas de controle da linfadenite caseosa e do ectima contagioso.

O modelo engloba todas as fases da produção, que vai desde a criação dos animais até o produto acabado. O “sabor da caatinga”, característico deste produto, deve estar presente na carne oriunda desse sistema de produção. As raças sugeridas para uso nesse modelo são a Moxotó, a Canindé, a Repartida, a Marota, a Graúna, podendo também utilizar animais mestiços, desde que mantida a predominância das raças nativas.

A base alimentar das matrizes são o pastejo e o ramoneio em áreas de caatinga com $0,15 \text{ UA/ha.ano}^{-1}$, complementado, nos períodos secos, com algumas das seguintes alternativas: pastos diferidos (caatinga, capim-buffel, capim-corrente, capim-gramão); forragem para a reserva estratégica (leucena, gliricídia, guandu, maniçoba, palma forrageira); palhadas e outros restos culturais; concentrados e coprodutos agroindustriais isentos ou com baixo teor de agroquímicos (farelos de algaroba, babaçu, licuri, raspas de mandioca); grãos (sorgo, milho e outros, cultivados segundo métodos agroecológicos); misturas múltiplas compostas de mescla de minerais com algumas espécies disponíveis na propriedade (folhas desidratadas de leguminosas nativas, de maniçoba, de leucena, de guandu; vagens de algaroba; grãos de sorgo; raspa de mandioca, entre outras).

As crias são submetidas a um manejo alimentar variável em função da época do ano. De 0 a 20-30 dias de idade – aleitamento materno; 21-31 a 90-120 dias – aleitamento controlado (duas vezes ao dia) com acesso permanente a mistura múltipla, complementado com pastos cultivados de boa qualidade nos períodos secos e a partir de 91-121 dias – utilização das alternativas indicadas para as matrizes, combinadas em função da época do ano e da disponibilidade da oferta, podendo ser terminados em sistema de semiconfinamento.

Os pastos (tanto nativos quanto cultivados) deverão, sempre que possível, ser subdivididos para uso na forma rotacionada, arborizados e adubados (esterco ou adubação verde). O rebanho deve ser submetido a um sistema de estações de monta delineado de acordo com a região, em função da oferta de forragem aos animais. Nas unidades produtivas mais tecnificadas, as estações de monta poderão seguir o esquema de três estações anuais, sendo duas programadas e uma natural (coincidindo com o período chuvoso), permitindo a oferta de animais em diferentes épocas do ano.

Durante os anos de 2005 a 2007, foi possível reduzir o intervalo de partos das matrizes, que era superior a 12 meses, o que correspondia às médias tradicionais da região, para 10 meses (MOURA NETO et al., 2008).

Cada estação programada tem a duração de 60 dias, sendo eliminadas as matrizes que não estejam prenhes por duas estações consecutivas ou que apresentem problemas de ordem física ou sanitária que afetem a sua fertilidade. As marrãs de reposição serão submetidas a uma primeira estação de monta de 90 dias e terão sua primeira cobertura com peso corporal mínimo em torno dos 25 kg. O uso da estação de monta nesse modelo produtivo possibilitou a concentração dos nascimentos, desmames, coberturas e abates com lotes homogêneos, o que tem permitido melhorar a organização da produção dentro da propriedade e elevar os índices zootécnicos, incluindo a eficiência reprodutiva, além de repercutir na oferta de produtos uniformes.

O sistema produtivo anteriormente descrito é apenas uma referência, devendo ser adaptado às circunstâncias de cada unidade e de cada produtor. Não é flexível, contudo, no que concerne às exigências de raças nativas e de processos agroecológicos de cultivo e criação, vez que essas características conferem um diferencial ao modelo de produção em relação aos praticados em outras regiões brasileiras, podendo ser uma importante vantagem competitiva.

O cabrito ecológico da caatinga permite um aumento no número de partos por matriz exposta, no número de crias nascidas, redução nas taxas de mortalidade, aumento no ganho de peso dos animais e melhor eficiência de produção dos animais em relação ao modelo tradicional (Tabela 1).

Tabela 1. Desempenho técnico do Cabrito ecológico da caatinga em relação ao sistema tradicional

Indicador	Sistema	
	Cabrito ecológico	Sistema tradicional
Partos/matriz exposta/ano	1 - 1,2	0,8 - 1
Crias nascidas/matriz exposta/ano	1,5 - 1,7	1,1 - 1,3
Crias desmamadas/matriz exposta/ano	1,4 - 1,6	0,8 - 1
Taxa de mortalidade até 1 ano (%)	4 - 8	22 - 28
Taxa de mortalidade das matrizes (%)	1 - 4	8 - 12
Peso vivo aos 6-8 meses (kg)	24 - 26	12 - 15
Eficiência de produção*	30 - 38	10 - 15

* quilogramas de animais comercializados/cabra/ano. Adaptado de Guimarães Filho et al. (1999).

Segundo Nogueira et al. (2004) e Holanda Júnior et al. (2004), durante o primeiro ano, o modelo permitiu 84,6% de taxa de fertilidade, 80,05% de taxa de parição, 14,62 kg de peso corporal dos caprinos aos 100 dias de idade, 8,45 meses de idade de abate com 21,6 kg, e 49,25% a 51,22% de rendimento de carcaça quente, os quais são bastante superiores ao modelo tradicional.

Sistema SIPRO

O sistema integrado de produção experimental (SIPRO) foi um dos primeiros sistemas de produção animal desenvolvidos pela Embrapa Semiárido, sendo avaliado durante o período 1984 a 1987. O SIPRO foi um sistema de exploração de propriedade implantado em escala operacional em nível de estação experimental, onde foram avaliados os desempenhos das tecnologias e as interações entre as mesmas. O modelo experimental implantado simulou uma propriedade e abrangeu quatro grandes componentes ou subsistemas: agricultura dependente de chuva (11,57 ha), agricultura com irrigação de salvação (1,5 ha), pecuária baseada na exploração da caatinga e produção florestal (4,13 ha). A agricultura dependente de chuva foi baseada nos cultivos de sorgo, algodão e mamona. Na agricultura irrigada, cultivou-se milho e feijão de corda. A produção florestal foi baseada nos cultivos de sabiá, leucena e algaroba, introduzidas visando o abastecimento interno da propriedade em estacas de madeira e lenha para carvão.

Esse modelo produtivo foi projetado para exploração de um rebanho estabilizado de 100 matrizes caprinas sem raça definida (SRD) e dois

reprodutores da raça Anglonubiana. No período chuvoso, o sistema se baseou na utilização da caatinga (96,4 ha), com uma taxa de lotação de 0,30 UA.ha⁻¹. Durante o período seco, além da caatinga, os animais tiveram acesso à pastagem de capim-buffel (10,7 ha) e restos de cultura oriundos das áreas irrigadas (GUIMARÃES FILHO; VIVALLO, 1989).

A área de capim-buffel foi utilizada pelas matrizes caprinas e pelas crias fêmeas recém-desmamadas que ali permaneceram até atingirem os oito meses de idade. À partir dessa idade as fêmeas jovens se juntavam às demais matrizes do rebanho para serem acasaladas ou comercializadas. Aos quatro meses de idade, os machos foram castrados, permanecendo junto ao rebanho até os 8 meses de idade, quando eram comercializados. Anualmente, foi realizado o descarte de animais no rebanho, considerando os aspectos de baixas taxas de fertilidade, longos períodos de serviços ou longos intervalos entre partos e incidência de linfadenite caseosa. Para o controle da verminose, foram realizadas sistematicamente três aplicações antihelmínticas durante o ano.

As matrizes paridas na estação seca, além da suplementação de restos de cultura, receberam uma ração diária de sorgo em grão de 300g/cabeça.dia⁻¹. Todo o rebanho teve acesso à água e mistura mineral à vontade. Os valores médios de desempenhos produtivos do rebanho obtidos com o sistema SIPRO estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Desempenho do rebanho caprino no sistema SIPRO na zona do sertão pernambucano do São Francisco em Petrolina, PE.

Parâmetro	Média
Número de partos /ME.ano ¹	1,03
Número de crias nascidas/ME.ano ¹	1,52
Número de crias desmamadas/ME.ano ¹	1,25
Gemelidade (%)	45,83
Mortalidade (%)	
no nasc-desmame	18,00
no pós-desmame	3,20
Desenvolvimento ponderal (kg)	
PV ² ao nascer	2,49
PV ao desmame	12,8
PV aos 8 meses	19,79
Quilogramas de crias desmamadas/ME.ano ¹	16,01
Desfrute (%)	32,99

¹ME=Matriz Exposta; ² PV=Peso Vivo.

Fonte: Adaptado de Guimarães Filho e Vivallo (1989).

Comparado com o sistema tradicional da região semiárida, esse modelo apresentou boas taxas de desempenho e produtividade. Todavia, a média de 18% para mortalidade na faixa do nascimento ao desmame pode ser considerada alta, apesar dos cuidados higiênico-profiláticos dispensados. Em condições naturais, durante a época seca do ano, os valores de fertilidade são inferiores a 65% e a taxa de mortalidade até o desmame é superior a 35%.

Comparado com o sistema tradicional, o SIPRO proporcionou incrementos de 22%, 31% e 71%, respectivamente, no número de parições, de crias nascidas e de crias desmamadas por matriz exposta por ano. Incrementos mais expressivos foram observados no número de animais comercializados (130%) e no ganho de peso corporal das matrizes expostas por ano (Tabela 3).

Tabela 3. Incremento percentual na produtividade com a utilização do sistema SIPRO

Parâmetro	Sistema		Incremento (%)
	Tradicional	SIPRO ¹	
Número de partos /ME.ano ⁻¹	0,84	1,03	22,62
Número de crias nascidas/ME.ano ⁻¹	1,15	1,52	32,17
Número de crias desmamadas/ME.ano ⁻¹	0,73	1,25	71,23
PV total (kg) crias desmamadas/ME.ano ⁻¹	5,69	16,01	181,37
Número de animais comercializados/ME.ano ⁻¹	0,52	1,16	130,80
PV total (kg) animais comercializados/ME.ano ⁻¹	7,30	17,65	141,70
Desfrute (%)	19,15	32,99	72,27

¹Dados de pesquisa; ¹Não inclui venda de matrizes e reprodutores descartados.
Fonte: Adaptado de Guimarães Filho e Vivallo (1989).

Do ponto de vista técnico, o SIPRO proporciona uma produtividade consideravelmente superior à do modelo tradicional, destacando-se ainda vantagens na preservação da caatinga e possibilidade de maior integração entre a agricultura e a pecuária, por meio do uso de restos de culturas e de culturas suplementares.

Quanto à análise econômica, o modelo produtivo pode proporcionar taxas de retorno da ordem de 22%, correspondendo a mais de quatro vezes o valor das taxas de retorno do sistema tradicional e, em condições normais, os saldos gerados pelo SIPRO seriam suficientes para o pagamento do investimento no prazo de oito anos, desde que a atividade não constitua, neste período, fonte única de subsistência da família (GUIMARÃES FILHO; VIVALLO, 1989).

Sistema Glória de produção de leite

No Território do Alto Sertão Sergipano, predomina a produção de leite em sistemas de base familiar, sendo que os ovinos complementam a renda do produtor de leite, enquanto os suínos são criados para aproveitamento do soro resultante do beneficiamento do leite, realizado, principalmente, pelas queijarias existentes na região. O milho e o feijão de arranca são as principais culturas, presentes em todas as áreas do território, cultivadas para o consumo humano e, às vezes, para o consumo animal.

Apesar de os produtores familiares diversificarem a sua produção, se beneficiando de um dos mais importantes elementos para a reprodução física e social das comunidades rurais, que é a biodiversidade, diversos fatores têm contribuído atualmente para a perda dessa biodiversidade, favorecendo a não sustentabilidade dos sistemas de produção. Segundo os agricultores, o maior problema enfrentado por eles é a alta dependência de insumos externos, principalmente a compra de ração para alimentação do gado, caracterizando uma vulnerabilidade da produção no período seco. O maior desejo e, pode-se dizer preocupação, que eles têm é de plantar o milho no início das chuvas e implantar ou aumentar as áreas de palma. Com base nestas informações, o sistema Glória foi desenvolvido para fortalecer os sistemas de produção das regiões semiáridas, particularmente aquelas localizadas em uma região de transição do agreste para o sertão.

Trata-se de um sistema agroecológico com as seguintes características: base familiar e moderado uso de insumos externos, para a produção sustentável, a baixo custo, em pequenas propriedades do Semiárido; fundamentado em infraestrutura agrossilvipastoril assentada em espécies (leguminosas, cactáceas, gramíneas) adaptadas à seca; diversidade temporal e espacial dos subsistemas cultivados; uso de animais geneticamente compatíveis com o ambiente; uso mínimo de agroquímicos; práticas de conservação de forragem; reciclagem de resíduos vegetais para animais e de animais para cultivos; predominância de mão-de-obra familiar e da tração animal (SÁ; SÁ, 2006).

Infraestrutura agrossilvipastoril

É constituída dos seguintes componentes: pastagens cultivadas com os capins: búfel, gramão e corrente; bancos de proteína de leucena cultivada em alamedas (4,0 m x 1,0 m) e consorciada com milho e/ou feijão; bancos de proteína de gliricídia cultivada em alamedas (4,0 m x 1,0 m) e consorciada com milho; áreas de palma forrageira cultivadas com as variedades gigante e redonda em sistema adensado, em espaçamento de 1,0 m x 0,25 m e 1,0 m x 0,5 m, respectivamente, e em sistema de fileiras simples (3,0 m x 0,25 m) consorciadas com gliricídia nas linhas e milho nas entrelinhas; áreas reflorestadas com sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) estabelecidas em espaçamento de 10,0 m x 3,0 m e cercas vivas forrageiras de gliricídia (CARVALHO FILHO et al., 2007).

Dimensionamento da área

Para assegurar uma disponibilidade de forragem de boa qualidade de forma contínua ao longo do ano, as áreas destinadas a cada componente são dimensionadas como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Dimensionamento da área para o Sistema Glória de produção de leite.

Componente	% da área	Exemplo para 35 ha
Pastagens cultivadas	57%	20
Bancos de proteína de leucena com milho	10%	3,5
Bancos de proteína de gliricídia com milho	10%	3,5
Palma x gliricídia x milho	10%	3,5
Palma adensada	3%	1,0
Área reflorestada	10%	3,5

Fonte: Adaptado de Guimarães Filho e Vivallo (1989).

Este sistema permite uma produção média de 8-10 litros de leite por vaca por dia, sendo possível trabalhar com uma taxa de lotação de uma unidade animal por hectare. Não é um sistema fechado, mas sim um conjunto de tecnologias que podem ser utilizadas para outros sistemas de produção, de acordo com a característica de cada sistema e região. Algumas características desse modelo produtivo estão ilustradas na Figura 4.



Fotos: Cristiane Otto de Sá.

Figura 4. a) Milho cultivado entre as fileiras de glicírcia; b) cerca viva de glicírcia; c) e silagem de glicírcia armazenada em tambor ©.

Sistema integrado de uso de rejeitos de dessalinizadores

No Semiárido brasileiro, boa parte da água subterrânea é salina ou salobra, sendo inviável para o uso doméstico, dessandatação humana e animal. O uso de dessalinizadores é uma das estratégias para a obtenção de água potável a partir dessas águas com elevados teores de sais. Entretanto, apenas 30% a 60% da água submetida ao dessalinizador se torna potável, constituindo-se o restante (40% a 70%) em um rejeito com teores de sais maiores que os da água originária. Para evitar que o rejeito retorne ao solo, essa água residuária segue para tanques de criação de peixes (tilápias) e, posteriormente, para a irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.), que é uma espécie halófila usada para a obtenção de forragem destinada à alimentação animal (PORTO et al., 2004).

Nos tanques de criação de peixes, são utilizadas tilápias em função de seu conhecido bom desempenho em água salobra e por apresentar também rápido crescimento, rusticidade e carne com sabor apreciável, sendo os alevinos facilmente encontrados no Nordeste brasileiro. A densidade de cultivo utilizada varia de 3 peixes.m³ a 4 peixes.m³, obtendo-se bons desempenhos produtivos em ambas as densidades, porém melhor qualidade de água é observada com o uso de 3 peixes.m³.

Em avaliação do desempenho da tilápia rosa (Red Koina) com densidade de cultivo de 4 peixes.m³, Paulino et al. (2003) observaram sobrevivência de 94,69%, conversão alimentar de 2,3:1, ganho de peso diário de 2,73g.dia⁻¹ e peso médio final de 518,72g em 153 dias de experimento, mesmo em condições de renovação de água de 5% abaixo do esperado, que é 10%.

Em virtude da facilidade de comercialização e por apresentar melhor desempenho produtivo pode também ser utilizada no sistema a tilápia tailandesa. Em estudo realizado na Embrapa Semiárido, com o objetivo de comparar os desempenhos produtivos das tilápias rosa e tailandesa, foi observado que a tailandesa apresentou maior ganho de peso médio diário (7,20 vs. 4,42 g.dia⁻¹) e, conseqüentemente, maior ganho de peso durante o período avaliado (154,0 vs. 119,6 g.período⁻¹), resultando em maior peso final (717 vs. 438g) (CAMPECHE et al., 2008).

Na irrigação da erva-sal, a maior produção de forragem foi obtida com a aplicação de 225 litros do efluente por dia.planta⁻¹, contudo a maior eficiência de aplicação (quantidade de forragem produzida por litro de efluente aplicado) foi com cerca de 75 litros.dia⁻¹ (PORTO et al., 2006). Em média, a erva-sal retira 3,93% de sal do solo ou 1.145 kg de sal.ano⁻¹ (PORTO et al., 2001). Nesse modelo de produção, a erva-sal pode alcançar valores superiores a 30.000 kg de MS/ha.ano⁻¹, sendo que maiores produções de forragem são obtidas em cultivos mais adensados, com 1 m x 1m ou 2 m x 2m em relação a 3 m x 3m e 4 m x 4m. Essa planta apresenta teores de PB que podem variar de 8% a 20% da MS e valores de DIVMS que variam de 45% a 55% (Tabela 5). Os cortes na erva-sal são realizados em intervalos de 6, 9 ou 12 meses, sendo que melhor valor nutritivo e composição morfológica da erva-sal são observados no corte com 6 meses de rebrote.

Tabela 5. Composição químico-bromatológica da erva-sal.

Parâmetro	Valor ¹	Valor ²
Matéria seca	88,11	87,00
Matéria orgânica	68,23	72,00
Matéria mineral	32,03	23,00
Proteína bruta	8,85	20,00
Extrato etéreo	1,04	2,00
Fibra em detergente neutro	46,79	50,00
Fibra em detergente ácido	21,62	-
Hemicelulose	25,17	-
Carboidratos totais	58,08	55,00
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	45,04	55,00
Carboidratos não fibrosos	11,29	-

Fontes: ¹ Alves et al. (2007); ² Souto et al. (2005), adicionado 5% de ureia.

Quanto aos minerais, a erva-sal apresenta em sua composição cerca 14,98g.kg⁻¹ de N; 12,68 g.kg⁻¹ de Ca, 8,21 mg.kg⁻¹ de Mg; 2,25 mg.kg⁻¹ de S; 35,26 mg.kg⁻¹ de B; 281,17 mg.kg⁻¹ de Mn; 9,72 mg.kg⁻¹ de Cu e 46.904,4 mg.kg⁻¹ de Na, indicando que esses são principais elementos minerais extraídos do solo pela planta (SANTOS et al. 2009).

O uso de rações contendo feno de erva-sal tende a promover maior ingestão de água pelos animais. Além disso, essa forrageira pode ser conservada na forma de silagem, apresentando um bom perfil fermentativo, com pequenas perdas de forragem observadas durante o processo de ensilagem. A associação da erva-sal com outros ingredientes forrageiros, como o capim-buffel, o capim-elefante, a maniçoba e a leucena também melhora a qualidade das silagens, muito provavelmente devido ao aumento dos teores de MS.

Em pesquisa conduzida por Souto et al. (2005), os ganhos de peso dos ovinos confinados, alimentados com rações contendo 38,3% de feno de erva-sal, 6,6% de melancia forrageira, 55,1% da mistura entre raspa de mandioca e ureia (5% de ureia) atingiram 145 g/animal.dia⁻¹, enquanto no estudo realizado por Araújo (2009), também com ovinos confinados, observou-se ganhos de peso de até 233 g/animal.dia⁻¹ alimentados com rações contendo 48% de feno de erva-sal, 39,2% de milho moído, 11,5% de farelo de soja e 1,3% de ureia. Esses estudos demonstram o bom potencial da erva-sal para compor rações para animais ruminantes.

Sistema de produção de ovinos em áreas irrigadas

Trata-se de um modelo de produção intensiva, direcionado para a terminação de ovinos. Nesse sistema, é utilizado o método de pastejo em lotação rotacionada, utilizando pastagens cultivadas de capins dos gêneros *Cynodon*, *Brachiaria*, *Panicum* ou *Pennisetum*. As áreas poderão ser divididas em, pelo menos, quatro piquetes, promovendo o rodízio dos mesmos com os animais. Os animais permanecerão em cada piquete entre um e oito dias, dependendo do número de piquetes de cada área.

A adubação e a irrigação são componentes importantes desse modelo produtivo. É recomendado o uso de 100 Kg/ha.ano⁻¹ a 200 Kg/ha.ano⁻¹ de adubação fosfatada e potássica, além de 300 kg de ureia/ha.ano⁻¹ a 400 kg de

ureia/ha.ano⁻¹. Entretanto, a fertilização das áreas dos pastos deve ser efetuada com base nos resultados da análise do solo, de acordo com a interpretação do técnico. A irrigação, por sua vez, pode ser realizada por diferentes métodos e equipamentos. Recomenda-se o uso de lâminas de água que reponham a evaporação e possam também atender à demanda hídrica da planta. Em Petrolina, PE, em pastos de capim-tifton 85, é utilizada uma lâmina de água média de 6 mm diários, que varia de acordo com a época do ano e a fase fisiológica da planta.

Os índices zootécnicos obtidos nesse sistema com o uso exclusivo do pasto na alimentação dos animais são: 70 g/animal.dia⁻¹ a 100 g/animal.dia⁻¹, rendimentos de carcaça variando de 41,8% a 43% e taxa de lotação entre 70 e 150 cabeças de ovinos.ha⁻¹. Com o uso de suplementos concentrados, o ganho de peso e os rendimentos de carcaça aumentam consideravelmente, alcançando 165 g/animal.dia⁻¹ e 45,4%, respectivamente. A taxa de lotação também tem acréscimo em torno de 20% em relação ao sistema que utiliza apenas o pasto na alimentação dos animais.

Os pastos poderão ser utilizados durante o ano todo, sendo que após a engorda de um lote de animais, inicia-se outro. Os ciclos de engorda poderão variar de 90 a 180 dias utilizando animais a partir da desmama até 30 kg a 40 kg de peso corporal. Contudo, recomenda-se, durante o período chuvoso do ano, evitar manter os animais nos pastos, em virtude da elevada infecção por parasitas gastrintestinais, redução no tempo em pastejo e aumento das afecções de casco. Em estudos conduzidos no Vale do São Francisco durante a estação chuvosa do ano, especialmente nos meses de fevereiro a abril, que são os períodos de maior ocorrência de chuvas, durante 40 a 70 dias houve redução no peso corporal dos animais. Durante o período chuvoso, pode-se utilizar as áreas de pasto para produzir forragem e conservá-la na forma de feno ou silagem.

Quanto ao manejo sanitário, o modelo preconiza a vacinação dos animais de acordo com o indicado pela agência de defesa sanitária municipal e vermifugação supressiva mensal, associada a avaliação ocular e contagem de ovos por grama de fezes dos animais. Quando confirmada a ineficácia do produto, é alterado o princípio ativo.

Para o conforto dos animais, devem ser utilizadas áreas de lazer para oferecer sombra, com acesso voluntário aos piquetes, permitindo que os animais definam o momento do pastejo ou do descanso. De forma emergencial, poderão ser utilizados sombrites até o crescimento das árvores. Nesse modelo, a ingestão de água tem variado de 0,6 litro/animal.dia⁻¹ a 1,6 litro/animal.dia⁻¹, durante os meses de junho a setembro, ou seja, início do período mais quente do ano, enquanto que o consumo de suplemento mineral variou de 9,6 g/animal.dia⁻¹ a 13,0 g/animal.dia⁻¹, com média de 10 g/animal.dia⁻¹.

Considerando os desempenhos produtivos médios observados, ou seja, 90g/animal.dia⁻¹ de ganho de peso, 43% de rendimento de carcaça, 20 kg de peso corporal inicial e ciclos de engorda de 120 a 180 dias, a produção de carne/ha.ano⁻¹ variou de 3.285 kg para a engorda durante 180 dias a 3.973 kg em 120 dias, ou seja, no menor ciclo produtivo houve maior produção total de carne. Assim, a renda bruta no ciclo de 180 dias teve variação de R\$ 22.995,00 a R\$ 24.637,50 com preços de venda da carcaça variando de R\$ 7,00 a R\$ 7,50, respectivamente. No ciclo de 120 dias, a variação foi de 27.811,00 a 29.797,50 ao longo do ano. Na Tabela 6, são apresentados os indicadores econômicos do modelo produtivo.

Tabela 6. Indicadores econômicos do sistema de produção de ovinos em áreas irrigadas para o Semiárido brasileiro

Item	Custos	
	120 dias	180 dias
Reposição de animais (R\$.ano ⁻¹)	18.000,00	12.000,00
Adubação (R\$.ano ⁻¹)	600,00	600,00
Energia elétrica (R\$.ano ⁻¹)	2.400,00	2.400,00
Medicamentos (R\$.ano ⁻¹)	1.062,00	630,00
Supl. Mineral (R\$.ano ⁻¹)	1,095,00	730,00
	Receitas	
Produção de carne (kg/ha.ano ⁻¹)	3973	3285
Valor de venda (R\$.ano ⁻¹)	7,50	7,50
Renda bruta (R\$/ha.ano ⁻¹)	29797,5	24637,5
Diferença ¹ (R\$/ha.ano ⁻¹)	6.642,00	8.270,00

¹Renda bruta menos os principais custos. Não foram considerados as depreciações e juros nos cálculos.

Apesar da obtenção de maiores valores de renda bruta com o ciclo de engorda de 120 dias em relação a 180 dias, a diferença entre a renda bruta e os principais custos é maior para o ciclo de engorda maior, em virtude da menor reposição de

animais, já que a reposição foi o principal componente do custo de produção. Além disso, a propriedade deverá ser bastante eficiente com relação aos índices produtivos, investir nas negociações de preços de compra de animais e venda das carcaças, valorizar a implantação de sistemas de irrigação mais simples e baratos e reduzir os investimentos em cercas e instalações (deixando-se somente o necessário). Todos esses itens trarão importantes contribuições ao desempenho econômico do sistema de produção, podendo ser decisivos para a rentabilidade da atividade. O uso de áreas maiores que 1 (um) hectare poderá contribuir também na redução ou diluição de alguns custos como aqueles relacionados às instalações e à mão-de-obra.

Com relação ao solo, em três anos de monitoramento dos teores de matéria orgânica e de macro e micronutrientes, não foram observados reduções ou prejuízos a esses componentes com a pastagem submetida ao manejo intensivo, sendo um importante indicativo da sustentabilidade ambiental promovida pelo modelo de produção apesar de se constituir em uma exploração intensiva.

Modelos de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) para o Semiárido

A ILPF é um conceito que abrange as integrações entre agricultura, silvicultura e/ou pecuária. Muito antes do surgimento desse conceito, a Embrapa Semiárido, já realizava diversos tipos de consórcios entre culturas agrícolas e florestais com a pecuária. As particularidades regionais do Nordeste, como a predominância de pequenos estabelecimentos de base familiar e a exigência do aumento da eficiência de uso da terra foram fatores que incentivaram esse tipo de prática para a região. Os sistemas CBL, Cabrito ecológico da caatinga, Sipro e Glória são exemplos de ILPF para o Semiárido, pois integram a vegetação nativa com culturas destinadas à produção animal e à alimentação humana.

A Embrapa Semiárido contribuiu, também, com diversos outros modelos considerados ILPF como a frutivocultura (GUIMARÃES FILHO; SOARES, 2000a), os consórcios entre várias culturas como algaroba, palma forrageira, capim-buffel, capim-urochloa, maniçoba, melancia-forrageira e outros (Figuras 5a, 5b e 5c).



Fotos: Tadeu Voltolini.

Figura 5. Produtor efetuando plantio de milho em área de palma-forrageira (5a); cultivo associado de milho, guandu e melancia-forrageira (5b) e consórcio de capim-buffel e maniçoba.

A frutivocultura corresponde ao consórcio de ovinos com espécies frutíferas, especialmente mangueira, coqueiro e cajueiro. A base do sistema é a subdivisão da área da fruteira em diversas parcelas que são pastejadas em rotação, por um dado número de cabeças, agrupadas em um piquete móvel de cerca eletrificada. Com isso, a forragem presente pode ser uniformemente consumida antes de transferência dos animais para a parcela seguinte.

A ideia é que o sistema mantenha os ovinos na área da fruteira por sete a nove meses do ano, deixando a mesma livre de animais nos períodos de maior vulnerabilidade, como a floração e a frutificação. Há, contudo, a possibilidade de mantê-los no pomar por um pouco mais de tempo, ou até durante o ano inteiro, dependendo da espécie cultivada. Alguns produtores já o fazem, segundo eles, sem qualquer problema para as fruteiras. Tais produtores, contudo, não utilizam o sistema rotacionado, o que impede, pela seletividade no pastejo, que o pomar se beneficie, objetivo principal do sistema.

Como diretriz geral, os animais só devem ser colocados para pastar nos pomares onde as fruteiras já estejam em idade de produção, o que varia de acordo com a espécie. A possibilidade de danos mais sérios é muito grande nas plantas jovens. Os animais também se beneficiam das práticas de poda e desbaste utilizadas periodicamente nas fruteiras, se alimentando de folhas, ramos finos e pequenos frutos. Cada piquete é pastejado por cerca de dois a cinco dias, mantendo-se a taxa de lotação entre 10 animais.ha⁻¹ e 30 animais.ha⁻¹, dependendo da oferta de forragem, se oriunda da vegetação espontânea ou de espécies forrageiras cultivadas. Prefere-se, nessa integração, utilizar animais destinados à engorda e terminação, vez que a presença de crias e de outras categorias animais pode dificultar o manejo dos animais e das áreas.

Em estudo conduzido em empresa comercial no município de Curaçá, BA, Guimarães Filho e Soares (2000b) observaram que os ramos mais baixos das mangueiras, que tiveram suas rebrotas consumidas por ovinos mestiços por três vezes (15 cab.ha^{-1}), a intervalos de cinco a seis semanas, não apresentaram diferença de produtividade ($130 \text{ kg.planta}^{-1}$) em relação às plantas das áreas sem animais. No mesmo período, a técnica permitiu economizar duas aplicações de herbicidas, quatro roçagens mecânicas e duas capinas e ainda proporcionou a produção de $85 \text{ kg de carne.ha.ano}^{-1}$ a $100 \text{ kg de carne.ha.ano}^{-1}$.

Essa integração proporcionou uma economia considerável na aplicação de herbicidas, roçadas e capinas equivalente a 4% a 8% do custo de produção da fruta. Esse modelo de produção também contribui com boa quantidade de esterco para ser aplicado nas lavouras, já que durante a noite, os animais são recolhidos em apriscos. Outras vantagens desse modelo são: a otimização da mão-de-obra na propriedade, o aumento da eficiência de uso da terra, a atenuação dos problemas ambientais decorrentes da aplicação de herbicidas e promoção de mais uma fonte de renda para a propriedade. O ganho de peso dos animais nesse modelo de produção é da ordem de $50 \text{ g/animal.dia}^{-1}$, o que corresponde a $85 \text{ kg de carne/ha.ano}^{-1}$.

Dentre as associações de cultivos, pode-se destacar a realizada entre algarobeiras e palma-forrageira ou com capim-buffel, visando criar um microclima favorável a essas culturas, contribuindo para o aumento da longevidade dos palmais e a retenção de água nas áreas de capim-buffel sem prejuízos à produção de madeira ou vagens da algarobeira. É possível, também, efetuar associações de culturas anuais como milho e feijão com as algarobeiras, especialmente na sua fase inicial de estabelecimento.

O consórcio entre a palma-forrageira e o feijão de corda durante dois anos consecutivos proporcionou, em média, 20% de redução na produção de raquetes, enquanto que com o sorgo, a produção do palmal foi reduzida em 40%, porém em ambos os casos, os restos de cultivo e as produções de feijão e sorgo compensaram a redução na produção de palma.

Quanto aos consórcios entre os capins buffel ou corrente com leguminosas arbóreas e arbustivas e eucalipto, os resultados são divergentes. A associação do

capim-buffel com a cunhã, com a orelha de onça não foi viável, pois a gramínea suprime o crescimento das leguminosas, que desaparecem a partir do segundo ano. Já o siratro e a soja perene são leguminosas indicadas para o consórcio com o buffel. Em adição, no consórcio entre capim-urochloa e eucalipto, foi possível observar ganhos de peso de bovinos da ordem de 650 g/animal.dia⁻¹, semelhantes às áreas não consorciadas, o que é um resultado vantajoso, pois além da produção animal, houve produção de madeira com incremento de 20% na produtividade das áreas não consorciadas.

Considerações finais

Apesar dos grandes desafios para a produção animal no Semiárido, são grandes as potencialidades da região para a criação de animais. Nas últimas décadas, houve um grande avanço na geração de conhecimentos e tecnologias destinadas à produção animal, especialmente para as áreas dependentes de chuva, com forte contribuição da Embrapa Semiárido.

O manejo racional da vegetação nativa da caatinga, o estudo das forrageiras nativas a serem cultivadas e destinadas à alimentação animal, o conhecimento do valor alimentar dos coprodutos das agroindústrias regionais, a adaptação do cultivo e o conhecimento das formas de utilização das forrageiras exóticas e, sobretudo, o desenvolvimento de sistemas produtivos destinados à criação de ruminantes são alguns exemplos da ação da Embrapa Semiárido para a região, que trouxeram um novo cenário para a produção animal do Semiárido.

O desenvolvimento de novos modelos produtivos, incluindo a integração lavoura-pecuária-floresta, a intensificação do uso de tecnologias de base agroecológica para a redução do uso de insumos externos, dos custos de produção e de impactos ambientais, assim como a agregação de valor aos produtos de origem animal obtidos da pequena produção familiar são algumas das perspectivas e dos novos desafios para essa instituição, com o intuito de contribuir com a inserção social e econômica das comunidades tradicionais e dos produtores rurais do Semiárido, de um modo geral.

Referências

ALBUQUERQUE, S. G. de; RAO, M. R. Espaçamento da palma em consórcio com sorgo e feijão de corda no sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 645-650, 1997.

ALVES, J. N.; ARAÚJO, G. G. L. de; PORTO, E. R.; CASTRO, J. M. C.; SOUZA, L. C. Feno de erva sal (*Atriplex nummularia* Lindtl.) e palma forrageira (*Opuntia ficus* Mill.) em dietas para caprinos e ovinos. *Revista Científica de Produção Animal*. Teresina, v. 9, n.1, p. 43-52, 2007.

ARAÚJO, F. P.; MOREIRA, J. N. Pustumeira: uma nova e boa opção forrageira para áreas de sequeiro. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 2006. 1 folder.

ARAÚJO, G. G. L. de; MOREIRA, J. N.; FERREIRA, M. de A.; TURCO, S. H. N.; SOCORRO, E. P. do. Consumo voluntário e desempenho de ovinos submetidos a dietas contendo diferentes níveis de feno de maniçoba. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 35, n. 1, p. 123-130, 2004.

ARAUJO, R. F. S. da S. Avaliação nutricional e função renal de ovinos alimentados com feno de erva-sal (*Atriplex nummularia*) e farelo de milho em substituição à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.). 2009. 47 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BARROSO, D. D.; ARAÚJO, G. G. L. de; SILVA, D. S. da; GONZAGA NETO, S.; MEDINA, F. T. Desempenho de ovinos terminados em confinamento com resíduo desidratado de vitivinícolas associado a diferentes fontes energéticas. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 36, n. 5, p. 1.553-1.557, 2006.

BRANDÃO, L. G. N.; PEREIRA, L. G. R.; ARAGÃO, A. S. L.; SOUZA, R. A. S.; ARAÚJO, G. G. L. de; BRANDÃO, W. N.; SANTOS, R. D. dos. Efeito de aditivos nas frações fibrosas e ácidos orgânicos de silagens de co-produto de desfibramento do sisal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009. Maringá. Anais... Maringá : SBZ, 2009. 1 CD-ROM.

CAMPECHE, D. F. B.; PAULINO, R. V.; LIMA, V. T.; PORTO, E. R.; RIBEIRO, R. P.; GOMES, P. C. Desempenho e variabilidade genética de linhagens de tilápia cultivada em água salobra. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5., 2008, Aracaju. Anais... Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. 1 CD-ROM.

CARVALHO FILHO, O. M. de; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P. H. Gliricidia sepium – leguminosa promissora para as regiões semi-áridas. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 17 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 35).

CARVALHO FILHO, O. M. de; SÁ, J. L. de; ARAÚJO, G. G. de; SÁ, C. O. de. Produção de leite em sistema agroecológico no semiárido sergipano. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Cruz Alta, v. 2, n. 1, p. 1585-1588, 2007.

CAVALCANTI, N. de B. Utilização do mamãozinho-de-veado na alimentação dos animais na seca. Petrolina: Embrapa Semi-árido, 2004, 2 p. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 60).

CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G.. M. de. Mandacaru sem espinhos (*Cereus hildemannianus* K. Schum.). Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006, 2 p. (Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido, 72).

DANTAS, F. R.; ARAÚJO, G. G. L. de; SILVA, D. S. da; PEREIRA, L. G. R.; GONZAGA NETO, S.; TOSTO, M. L. Composição química e características fermentativas de silagens de maniçoba (*Manihot* sp.) com percentuais de co-produto de vitivinícolas desidratado. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. Salvador, v. 9, n. 2, p. 247-257, 2008.

GUIMARÃES FILHO, C.; VIVALLO, A. G. Desempenho técnico e viabilidade econômica de um sistema de produção alternativo para caprinos no Sertão de Pernambuco. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1989. 34 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 37).

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G.. G.; RICHÉ, G. R. Sistema caatinga-búfel-leucena para produção de bovinos no Semi-Árido. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1995. 39 p. (Embrapa-CPATSA. Circular Técnica, 34).

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G. G.; OLIVEIRA, M. C. de. Desempenho de novilhos suplementados no período seco com mistura múltipla a base de leucena no semi-árido brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBZ, 1999, p. 32.

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G.. G. Fruti-ovinocultura: Limitações e possibilidades de consórcio com frutífera. Petrolina/PE. Embrapa Semi-árido, 2000a, 10 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 52).

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G. G. Efeito do consórcio com ovinos na produtividade da mangueira irrigada. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p.102-105, 2000b.

HOLANDA JÚNIOR, E. V.; NOGUEIRA, D. M.; ARAÚJO, G. G. L. de; MIRANDA, D. B. de; GUIMARÃES FILHO, C.; REVOREDO, D. de O. Desempenho do sistema de produção do "cabrito ecológico" no Semi-Árido: resultados do 1 ano. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004. Campo Grande, MS. Anais... Campo Grande, MS: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

LIMA, P. C. F. Prosopis vegetative propagation through cuttings. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROSOPIS, 2., 1987, Recife. The current stage of Knowledge on Prosopis juliflora. Roma: FAO, 1988. p. 223-228.

MANERA, D. B.; VOLTOLINI, T. V.; SOUZA, R. A.; PEREIRA, L. G. R.; MORAES, S. A. de Avaliação quantitativa e morfométrica de carcaças de ovinos mantidos em pastagens irrigadas suplementados com concentrado contendo diferentes resíduos da produção de

biodiesel. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 4.; FEIRA NACIONAL DO AGRONEGÓCIO DA CAPRINO-OVINOCULTURA DE CORTE, 3., 2009, João Pessoa. Anais... João Pessoa: EMEPA-PB, 2009. 1 CD-ROM.

MENEZES, D. R.; COSTA, R. G.; ARAÚJO, G. G. L. de; PEREIRA, L. G. R.; VOLTOLINI, T. V.; OLIVEIRA, P. T. L. de; TOSTO, M. S. L. Coeficientes de digestibilidade de nutrientes em dietas contendo torta de mamona para ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. Inovação científica e tecnológica em zootecnia: anais dos resumos. Maringá: SBZ: UEM, 2009. 1 CD-ROM.

MORAES, S. A. de; ARAÚJO, G. G. L. de; VOLTOLINI, T. V.; SANTOS, E. F.; SILVA, A. P. G. da; LIRA JÚNIOR, W. de B. Desempenho produtivo e parâmetros de carcaça de ovinos criados em pastagens de capim bufel recebendo doses crescentes de concentrado. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 11.; SIMPÓSIO SERGIPANO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 2008, Aracaju. Anais... Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal; Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. 1 CD-ROM.

MOREIRA, J. N. Produção de leite de vacas Guzerá e Girolando utilizando a caatinga, no período chuvoso e pasto de capim búfel diferido no período seco no sertão de Pernambuco. 2005. 91 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MOREIRA, J. N.; VOLTOLINI, T. V.; MOURA NETO, J. B. de; SANTOS, R. D. dos; FRANÇA, C. A. de; ARAÚJO, G. G. L. Alternativas de volumosos para caprinos em crescimento. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, v. 9, p. 407-415, 2008.

MORGADO, L. B. Sorgo. In: KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Ed.). Espécies vegetais exóticas com potencialidade para o Semi-Árido brasileiro. Embrapa Semi-Árido, 2005. p. 251-271.

MOURA NETO, J. B. de; MOREIRA, J. N.; NOGUEIRA, D. M.; VOLTOLINI, T. V.; FRANÇA, C. A. de. Efeito do período da estação de monta e do tipo de cruzamento sobre o desempenho reprodutivo de cabras exploradas em sistema de produção agroecológico. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5.; SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 11.; SIMPÓSIO SERGIPANO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 2008, Aracaju. Anais... Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal; Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. 1 CD-ROM.

NOGUEIRA, D. M.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; ARAÚJO, G. G. L. de; DALMAS, P. S.; MIRANDA, D. B. de; REVOREDO, D. de O. Desempenho de carcaças de caprinos em sistema de produção orgânica na região semi-árida do Nordeste do Brasil. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004. Campo Grande, MS. Anais... Campo Grande, MS: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, M. C. de.; SILVA, B. F. A. Melancia forrageira: um novo recurso alimentar para a

pecuária das regiões secas do Nordeste do Brasil. Petrolina:Embrapa Semi-Árido, 2000. 17 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 49).

OLVIEIRA, M. G. de.; SILVA, C. M. M. de S.; ALBUQUERQUE, S. G. de.; BERNARDINO, F. A. Comportamento de gramíneas forrageiras sob condições de pastejo intensivo por bovinos na região semi-árida do Nordeste do Brasil. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 15 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 56).

PAULINO, R. V.; ARAÚJO, O. J.; PORTO, E. R. Cultivo de tilápia rosa (*Oreochromis sp.*) utilizando-se rejeito de dessalinização de água salobra subterrânea. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 13., 2003, Porto Seguro. Resumos... Porto Seguro: APEB, 2003. 1 CD-ROM.

PEREIRA, L. G. R.; MAURÍCIO, R. M.; MENEZES, D. R.; ARAÚJO, G. G. L. de; SOUSA, L. F.; CARVALHO, W. T. V.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Influência da glicerina bruta sobre a cinética de fermentação ruminal in vitro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2009, Lavras. Anais... Lavras: SBZ, 2009. 1 CD-ROM.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; JUNIOR SILVA, L. G. A. Uso do rejeito da dessalinização da água salobra para irrigação da erva sal (*Atriplex nummularia*). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 111-114, 2001.

PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. de; ARAÚJO, G. G. L. de; AMORIM, M. C. C.; PAULINO, R. V.; MATOS, A. N. B. Sistema de Produção Integrado usando efluente da dessalinização. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 22 p. (Embrapa Semi-Árido. Documento, 187).

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; DUTRA, M. T.; PAULINO, R.V.; BRITO, L. T. de L.; MATOS, A. N. B. Rendimento da *Atriplex nummularia* irrigada com efluentes da criação de tilápia em rejeito da dessalinização de água. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 97-103, 2006.

SÁ, J. L. de; SÁ, C. O. O sistema Glória de produção de leite para o Semi-Árido. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 2006. (Embrapa Semi-Árido. Instrução Técnica, 77).

SALVIANO, L. M. C. Programa de melhoramento e manejo de pastagens no Nordeste, PROPASTO/Nordeste: relatório técnico anual 1980. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1981. 110 p.

SALVIANO, L. M. C. Leucena: fonte de proteína para os rebanhos. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1984. 16 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 11).

SALVIANO, L. M. C.; NUNES, M. do C. F. S. Feno de Maniçoba na suplementação de novilhos alimentados com feno de capim búfel. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1991. 14 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 38).

SALVIANO, L. M. C.; SOARES, J. G. G. Feno de maniçoba: forragem para enfrentar as secas. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 2000. 2 p. (EMBRAPA-CPATSA. Instruções Técnicas, 40).

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. de; MENEZES, E. A. Guandu. In: KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Ed.). Espécies vegetais exóticas com potencialidade para o Semi-Árido brasileiro. Embrapa Semi-Árido, 2005. p. 227-250.

SANTOS, R. D. dos; PEREIRA, L. G. R.; ARAÚJO, G. G. L. de; MORAES, S. A. de; NEVES, A. L. A.; BRANDÃO, L. G. N.; SILVA, W. E. de L. Consumo e digestibilidade aparente das silagens de seis genótipos de milho precoce e super precoce. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5., 2008, Aracaju. Anais... Aracaju: CNPA, 2008. 1 CD-ROM.

SANTOS, O. O. dos; MISTURA, C.; ARAÚJO, G. G. L. de; PEREIRA, L. G. R.; PORTO, E. R.; ARAÚJO, J. R. de; SILVA, J. R. R. Composição mineral de silagens de erva-sal com diferentes proporções de capim-elefante. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. Inovação científica e tecnológica em zootecnia: anais dos resumos. Maringá: SBZ: UEM, 2009. 1 CD-ROM.

SILVA, C. M. M. de S.; OLIVEIRA, M. C. de.; SOARES, J. G. G. Avaliação de forrageiras nativas e exóticas para a região semi-árida do Nordeste. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1984. 38 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documento, 27).

SILVA, R. L. N. V.; ARAÚJO, G. G. L. DE; SOCORRO, E. P.; OLIVEIRA, R. L.; GARCEZ NETO, A. F.; BAGALDO, A. R. Níveis de inclusão do farelo de melancia forrageira em dietas para ovinos. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 38, p. 1142-1148, 2009.

SOARES, J. G. G. Cultivo da Maniçoba para a produção de forragem no Semi-Árido brasileiro. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1995, 4 p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 59).

SOUTO, J. C. R.; ARAÚJO, G. G. L.; MOREIRA, J. N.; SILVA, D. S.; PORTO, E. R.; TURCO, S. H. N.; MEDEIROS, A. N. Desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de feno de erva sal (*Atriplex nummularia* Lindtl.). Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 36, n. 3, p. 376-381, 2005.

SOUZA, F. B. de; OLIVEIRA, M. C. de. Coleta, introdução e seleção de forrageiras nativas e exóticas. In: QUEIRÓZ, M. A. de.; RAMOS, S. R. R. Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatna.embrapa.br>>. Acesso em: 8 jan 2003.

VOLTOLINI, T. V.; MOREIRA, J. N.; SANTOS, R. D. D.; PEREIRA, L. G. R.; ARAUJO, G. G. L. de; NOGUEIRA, D. M.; SANTOS, B. R. C. dos. Alimentos energéticos em rações para caprinos em crescimento. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, v. 10, n. 2, p. 302-310, 2009.

Espécies arbóreas exóticas de uso múltiplo para o Semiárido brasileiro



Capítulo 7

**Marcos Antonio Drumond
Jorge Ribaski
Iêdo Bezerra Sá
Clóvis Eduardo de Souza Nascimento
Viseldo Ribeiro de Oliveira**

Introdução

A região semiárida do Brasil está compreendida entre os paralelos 3° e 18° latitude sul e 35° e 46° longitude oeste, ocupando cerca de 900 mil km². A precipitação média anual varia de 400 a 800 mm, concentrada nos meses de fevereiro e março (GOLFARI; CASER, 1977). A temperatura média varia de 22 a 28°C, com umidade relativa entre 50% e 70%. A insolação média é alta (2.800 horas.ano⁻¹), com taxas de evaporação em torno de 2.000 mm.ano⁻¹ (EMBRAPA, 1979). Os solos formam um verdadeiro mosaico, com predominância dos Latossolos Vermelho-Amarelo e Luvisolos; são geralmente rasos, chegando a apresentar afloramentos rochosos, de baixa capacidade de retenção de água, com baixos teores de nutrientes e matéria orgânica. A vegetação existente é uma formação arbóreo arbustiva, com pequena diversidade de espécies arbóreas, denominada Caatinga, caracterizada pela baixa capacidade para produção de madeira e forragem. Quanto à produção madeireira, o volume médio encontrado varia de 7 m³.ha⁻¹ a 58 m³.ha⁻¹ (TAVARES et al., 1970; CARVALHO, 1971; LIMA et al., 1978), enquanto a demanda por madeira é, em média, 6,7 m³/ano.pessoa⁻¹, consumidos ou comercializados pela população rural (RIBASKI, 1986). Para a pecuária, a capacidade de suporte da vegetação nativa é, em média, 17 ha para cada bovino adulto (SALVIANO et al., 1982) e de 1 ha a 3 ha para unidade caprina (GUIMARÃES FILHO; SOARES, 1988). Nos últimos anos, o Semiárido do Nordeste brasileiro tem passado por um processo acelerado de degradação ambiental e socioeconômica, especialmente pela escassez de água. Milhares de hectares foram abandonados e excluídos do sistema produtivo, como resultado da degradação. Outra consequência danosa deste processo é o aumento dramático do desemprego na região, levando boa parte da população a viver em condições de miséria.

O estudo de seleção de espécies de uso múltiplo em áreas de elevado déficit hídrico, conduzido pela Embrapa Semiárido, demonstrou o potencial da região para os sistemas agroflorestais. Estes têm sido realizados em diversos países, principalmente nos subdesenvolvidos, visando solucionar problemas ambientais e socioeconômicos. Os sistemas agroflorestais têm como principal característica a inclusão de espécies arbóreas em associação com culturas agrícolas e/ou produção agropecuária, combinando, simultânea ou

sequencialmente, culturas de ciclo anual, perenes ou semiperenes, com plantas de floresta e com a criação de animais, aplicando práticas de manejo que são compatíveis com os padrões culturais da população local. Além disso, as associações de culturas perenes, anuais e espécies nativas nos sistemas agroflorestais apresentam diversos elementos de sustentabilidade ecológica. Entre eles, podem ser citados a redução da erosão do solo, o aumento do teor de matéria orgânica e de umidade no solo, a redução da variação de temperatura do solo e a utilização mais eficiente dos distintos comprimentos de onda da energia luminosa. Apesar de os sistemas agroflorestais serem mais produtivos e sustentáveis em regiões de solos férteis, estas práticas têm, igualmente, um alto potencial para manter e melhorar a produtividade em áreas acometidas pelas adversidades climáticas, que apresentam problemas de baixa fertilidade ou escassez de umidade nos solos. Para atender à demanda dos sistemas agroflorestais no Semiárido brasileiro, destacam-se as espécies potenciais e de múltiplo uso.

Também inserida nesse contexto, a Chapada do Araripe, formada por um mosaico vegetacional onde predominam manchas de floresta ombrófila e estacional, cerrado, caatinga e carrasco, resultantes da heterogeneidade ambiental, modelada no decorrer de diversos períodos geológicos (GIULIETTI et. al., 2004), se constitui em um importante planalto na divisa dos estados de Pernambuco, Piauí e Ceará. Nesta região, a precipitação pluviométrica média anual de 750 mm possibilita maior oportunidade de sucesso aos empreendimentos agropecuários. No lado pernambucano, vários municípios e dezenas de fábricas, fabriquetas e olarias exploram um mineral bruto, a gipsita, que representa a principal atividade econômica da região. A região do Araripe destaca-se como grande produtora de gesso, onde esta exploração demanda a utilização de fontes energéticas durante o processo de industrialização. Atualmente, a principal fonte energética da região tem sido a madeira extraída da Caatinga. Estudos recentes têm demonstrado desmatamento excessivo relacionado à áreas de desertificação. Com o intuito de reduzir o desmatamento e continuar impulsionando o pólo de produção de gesso da região, o eucalipto vem sendo difundido como alternativa para gerar energia para a indústria. Aliada à demanda energética de madeira para a exploração e a queima da gipsita, está a necessidade forrageira para atender à demanda da pecuária regional. Para isso, o Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta surge como

importante alternativa, onde o plantio do eucalipto consorciado com culturas adaptadas à região, como a mandioca e o feijão caupi, pode ser realizado com o intuito de amortizar os investimentos feitos para a implantação de florestas energéticas, bem como incentivar o consórcio de espécies arbóreas de rápido crescimento com forrageiras adaptadas à região visando garantir a estabilidade da produção e elevar a produtividade da terra, diversificar a produção, melhorar a fertilidade do solo e aumentar a oferta de forragem de boa qualidade, considerando que o uso de espécies arbóreas garante a circulação de nutrientes e o aporte significativo de matéria orgânica, condições essenciais para se cultivar de maneira continuada.

As espécies consideradas neste capítulo - leucena, gliricídia, algarobeira e eucalipto - foram aquelas pesquisadas pela Embrapa Semiárido e que apresentaram bom desenvolvimento silvicultural em áreas dependentes de chuva, com precipitação média anual variando de 500 a 600 mm (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Médias de altura, diâmetro - DAP (Diâmetro à Altura do Peito), volume de madeira, incremento médio anual (IMA) e sobrevivência de algumas espécies arbóreas exóticas cultivadas no município de Petrolina, PE.

Espécie	Idade (ano)	Altura (m)	DAP (cm)	Volume (m ³ .ha ⁻¹)	IMA m ³ /ha.ano ⁻¹	Sobrev. (%)
<i>Eucalyptus crebra</i> ¹	5	5,1	6,5	24	5,0	94
<i>Leucaena leucocephala</i> ¹	4	4,5	4,2	18	4,5	90
<i>Prosopis juliflora</i> ¹	5	3,2	3,2	15	3,0	98
<i>Gliricidia sepium</i> ²	4,5	4,0	4,4	17	3,8	100

Fontes: ¹Lima (1986); ²Drumond, (1992).

Tabela 2. Densidade básica da madeira (g.cm^{-3}), rendimento gravimétrico de carbonização (%) a $420\pm 20^\circ\text{C}$, teor de carbono fixo (%), teor de cinza (%) por meio da análise química imediata do carvão (base seca) de três espécies arbóreas exóticas.

Espécie	Densidade (g.cm^{-3})	Carvão (%)	Carbono (%)	Cinza (%)
<i>Eucalyptus urophylla</i> *	0,54	35,8	81	0,5
<i>Leucaena leucocephala</i> *	0,62	34,7	81	1,0
<i>Prosopis juliflora</i>	0,85	43,0	74	1,6

Fontes: Drumond et al. (1984); *Jesus et al. (1988).

Leucena - *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. - família Mimosaceae

Dentre as 22 espécies do gênero, a *Leucaena leucocephala* é a mais difundida e a que apresenta maior distribuição geográfica. É uma planta arbóreo-arbustiva, com altura de 3 a 8 m e diâmetro à altura do peito (DAP) de até 30 cm. É uma espécie perene, de rápido crescimento, nativa das Américas, ocorrendo desde o Texas, EUA ao Equador, concentrando-se no México e na América Central (BREWBAKER, 1978).

No Nordeste brasileiro, a leucena foi difundida na década de 1970, pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), em parceria com o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Na Embrapa Semiárido, os trabalhos tiveram seu início em 1978, com o Programa Nacional de Pesquisa Florestal – Regional Nordeste (PNPF/NE).

Sua ampla divulgação no Brasil se deu com uma reportagem sobre a espécie na mídia televisiva nacional que coincidia com a comemoração dos dez anos da Revista Globo Rural. Nesta ocasião, a Embrapa Semiárido doou grande quantidade de sementes, que foram distribuídas em pequenas amostras, juntamente com cada exemplar da edição comemorativa da Revista. Com isso, a Embrapa Semiárido recebeu milhares de cartas de todas as partes do Brasil, de pessoas solicitando mais informações e sementes para cultivar a espécie em suas propriedades.

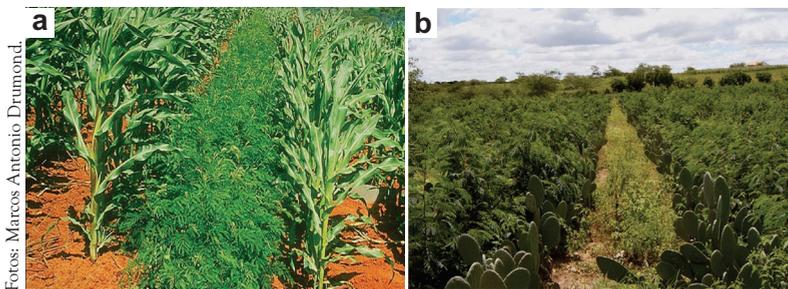
No Semiárido brasileiro, a leucena apresenta crescimento rápido, chegando a atingir até 3m de altura no primeiro ano, com grande capacidade de regeneração (Figura 1). O destaque da espécie recai sobre sua multiplicidade de usos como madeireira, forrageira, melhoradora de solos e recuperadora de áreas degradadas. Quando plantada em curva de nível, com captação de água in situ, sua produtividade chega a duplicar nos dois primeiros anos.



Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 1. Rebrota de leucena em área de caatinga. Petrolina, PE.

Como melhoradora de solos, a espécie associa-se, simbioticamente, com bactérias do gênero *Rhizobium*, que fixam até 500 kg/ha.ano⁻¹ a 600 kg/ha.ano⁻¹ de nitrogênio, para as variedades K8 e K341, respectivamente (GUEVARRA, 1980), podendo associar-se com fungos do gênero *Mycorrhizae*, que viabilizam a utilização do fósforo não disponível para a maioria das culturas. No Campo Experimental de Nossa Senhora da Glória, SE, pertencente à Embrapa Semiárido, a espécie tem mostrado ótimos resultados, especialmente quando consorciada com culturas como milho e palma forrageira (Figura 2).



Fotos: Marcos Antonio Drumond.

Figura 2. Plantio de leucena consorciada a) com milho e b) com palma forrageira.

Drumond e Lima (1997), estudando o comportamento silvicultural de algumas espécies arbóreas em áreas degradadas pela deposição de rejeitos da mineração de cobre, verificaram que a leucena destacou-se em relação às demais espécies, alcançando 2,9 m de altura, aos oito meses de idade, com 100% de sobrevivência (Figura 3). Passados 15 anos, a espécie favoreceu o crescimento de outras espécies nativas e o estabelecimento do capim- buffel, recuperando integralmente a cobertura vegetal da área, constituindo num sistema agroflorestal produtivo (Figura 3).

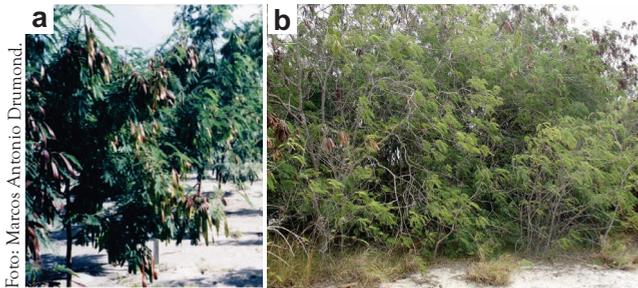


Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 3. Leucena aos a) seis meses e b) aos 15 anos em área degradada pela deposição de rejeitos finos da mineração de cobre em Jaguarari, BA.

Como madeira, o poder calorífico está em torno de $4.200 \text{ Kcal.kg}^{-1}$ a $4.600 \text{ Kcal.kg}^{-1}$ (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980) e peso específico entre $0,55 \text{ g.cm}^{-3}$ e $0,70 \text{ g.cm}^{-3}$, podendo ser usada como lenha e carvão. No Brasil, Jesus et al. (1988) verificaram que as variedades K8 e K72 de leucena basicamente não diferem entre si, apresentando densidade básica da madeira (620 kg.m^{-3}) superior à do *Eucalyptus urophylla* (540 kg.m^{-3}). O valor de conversão de carvão é de 34,7% sobre o peso básico, com 81,0% de carbono fixo e 1,5% de conteúdo de cinzas.

Com o objetivo de avaliar a produção madeireira de 12 variedades de leucena procedentes de Linhares, ES e de Sete Lagoas, MG, em duas situações edafoclimáticas do Semiárido brasileiro, Lima (2005a, 2005b) relatou incremento médio anual acima de $9 \text{ m}^3/\text{ha.ano}^{-1}$ para as variedades K67, K29 e K62, na localidade de Trindade,

PE, e acima de $7 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{ano}^{-1}$ para a variedade K67 na localidade de Mossoró, RN. Como não houve um controle rigoroso sobre essas variedades, houve o cruzamento entre elas e o material genético hoje existente é único, sem distinção de variedade, onde apenas o manejo da espécie irá defini-la como madeireira ou forrageira, especialmente.

Segundo Silva et al. (1980), a sobrevivência da leucena acima de 90% foi verificada em diversas localidades, enquanto que Lima (1986), comparando o desenvolvimento dessa espécie com *Eucalyptus crebra* e *Prosopis juliflora*, ambas indicadas para reflorestamento em regiões semiáridas, constatou potencialidade da leucena para uso em sistemas agroflorestais, visando tanto a produção forrageira quanto a madeireira, chegando a apresentar, aos quatro anos de idade, uma produção de $18 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 4).



Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 4. Cultivo de leucena para produção de lenha e estacas em Petrolina, PE.

Como forrageira, a leucena é altamente palatável e de grande valor nutritivo (Tabela 3). A produção de matéria seca comestível de leucena é constituída de folhas e caules finos, sendo a produção anual de matéria seca no Nordeste brasileiro variável de local para local, conforme resultados obtidos por Silva (1992), de $1.311 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $7.043 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, em Petrolina, PE; por Sousa et al. (1998), de 1.248 a $3.157 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, em Sobral, CE, e por Farias et al. (2002), de $1.929,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $11.641,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, em Barra de Santa Rosa, PB.

Tabela 3. Análise bromatológica¹ de forragem usada na alimentação de bovinos, com base na matéria seca de leucena e gliricídia.

Composição	Silagem de leucena (%)	Silagem de gliricídia (%)
Matéria seca	36,29	30,97
Proteína bruta	19,18	22,82
Fibra bruta	16,30	16,97
Extrato etéreo	05,95	04,19
Resíduo mineral	10,07	08,57
Nutrientes digestíveis totais ²	71,89	63,80

¹Análise realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Tabuleiros Costeiros, por O. M. de Carvalho Filho;

²Valores calculados conforme LATIN AMERICAN TABLES OF FEED COMPOSITION, McDOWELL, et al. (1974).

A folhagem e os frutos mais novos chegam a apresentar teores proteicos de 35%, enquanto, na folhagem mais velha, este teor fica em torno de 25%. Alguns estudos desenvolvidos na Austrália relatam que a folhagem de leucena é tóxica quando ministrada como alimento único por período prolongado, pela grande quantidade de mimosina existente na sua composição. Entretanto, a ocorrência de intoxicações é praticamente inexistente no Brasil, devido à presença de bactérias que digerem, satisfatoriamente, a mimosina no rúmen dos animais.

Na década de 1990, a Embrapa Semiárido estabeleceu um modelo físico do sistema CBL, originalmente implantado numa área de 87 ha do Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina, PE, subdividindo-a em três partes: 3% ocupados com um plantio de leucena, 40% com pastagem de capim-buffel e os 57% restantes ocupada com vegetação nativa da caatinga. Atualmente, após alguns ajustes, é um sistema integrado de produção de bovinos em que se combina a caatinga (C), o capim-buffel (B), a leucena (L) e outros recursos forrageiros para produção competitiva de bovinos no Semiárido. Com concepção básica, o sistema CBL apresenta cinco características fundamentais: a) utiliza a Caatinga como um de seus componentes, por dois a quatro meses do ano; b) utiliza pastos tolerantes à seca, em sistema rotacional, para

complementar a alimentação, volumosa do rebanho no restante do ano; c) utiliza feno e silagem produzidos a partir de bancos de proteína/energia (Figura 5), para suplementar a alimentação dos animais nos períodos mais críticos; d) mantém uma reserva estratégica de espécies forrageiras de alta tolerância à seca severa, para assegurar, neste período, um nível satisfatório de produtividade do rebanho, e e) funciona como um subsistema capaz de se adequar e interagir com os demais componentes da unidade produtiva, dentro da diversidade agroecológica e socioeconômica observada no Semiárido.



Foto: Orlando Monteiro de Carvalho.

Figura 5. Animais pastejando no banco de proteína de leucena.

Gliricídia - *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. - família Fabaceae

Espécie arbórea que pode atingir até 15 m de altura e diâmetro à altura do peito (DAP) de até 30 cm (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980). A gliricídia ocorre naturalmente do México até a Colômbia, Venezuela e Guianas, tendo sido introduzida e naturalizada ao longo das regiões tropicais (DUQUE, 1998). Segundo Dunsdon et al. (1991) e Hughes, citado por Parrotta (1992), esta leguminosa é uma espécie de grande interesse comercial/econômico pelas suas características de uso múltiplo, sendo cultivada em diversos países tropicais.

No Brasil, há vários anos esta espécie é cultivada na zona cacauera da Bahia, para o sombreamento do cacau, tendo sido introduzida na região semiárida em 1985, pela Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE, com estacas trazidas de plantas cultivadas pela Ceplac, em Itabuna, BA e, posteriormente, em 1987 por

meio de sementes fornecidas pelo Oxford Forestry Institute (OFI), procedentes da região de Laguna, Nicarágua, situada a 12°37' lat. N e 86°03' long. W, com 380 m de altitude e precipitação média anual de 922 mm, simultaneamente em Petrolina, PE e em Nossa Senhora da Glória, SE (DRUMOND; OLIVEIRA, 1998; DRUMOND et al., 1999). Em ensaio experimental, foram avaliadas quinze espécies procedentes de regiões semiáridas da América Central, destacando-se a gliricídia por apresentar rápido crescimento com incremento médio anual de 7,9 m³/ha.ano⁻¹ e 8,6 m³/ha.ano⁻¹, respectivamente, em Petrolina e em Nossa Senhora da Glória (Tabela 4), além da grande capacidade de regeneração, tolerância à seca e por propagar-se sexuada e assexuadamente com facilidade. Comparando os dados de crescimento nas duas localidades, concluiu-se que a espécie apresenta excelente comportamento nas condições semiáridas testadas.

Com o objetivo de conhecer o comportamento da gliricídia em outras condições edafoclimáticas do Nordeste, em 1988, a Embrapa Semiárido plantou essa espécie no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m e sem adubação de fundação, em Aracaju, SE (lat. 10°54' S, long. 37°03' e 3 m de altitude), em areia quartzosa; em Tianguá, CE (lat. 3°44' S, long. 40°59' e 795 m de altitude), na Serra da Ibiapaba; em Parnaíba, PI (lat. 2°54' S, long. 41°41' e 12 m de altitude), e em Limoeiro do Norte, CE (lat. 5°09' S, long. 38°06' e 35 m de altitude), em área da Cal Sublime, onde a mesma apresentou um excelente crescimento inicial.

Tabela 4. Comportamento silvicultural de *Gliricidia sepium* nos municípios de Petrolina, PE e Nossa Senhora da Glória, SE, aos 28, 38 e 48 meses de idade.

Local	Altura (m)			DAP (cm)			Vol. (m ³ .ha ⁻¹)	IMA (m ³ .ha ⁻¹)
	28*	38*	48*	28*	38*	48*	48*	48*
Petrolina	2,5	4,0	4,2	2,5	2,7	4,1	35,6	7,9
N.S.Glória	1,8	3,7	4,0	-	4,0	4,4	38,9	8,6

DAP = Diâmetro à altura do peito; Vol. = volume cilíndrico; IMA = Incremento médio anual; * = meses
Fontes: Drumond et al. (1999); Drumond e Oliveira, (1998).

No Semiárido sergipano, a gliricídia tem sido utilizada como fonte proteica para suplementação de dietas a baixo custo para vacas leiteiras (Tabela 3). Apesar de ser uma espécie de folhas decíduas no período seco, as podas podem alterar sua fenologia, favorecendo o fornecimento de forragem durante todo o ano (Figura 6) (CARVALHO FILHO et al., 1997; DRUMOND; CARVALHO FILHO, 2005).



Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 6. Plantas de gliricídia manejadas para produção de forragem, em Nossa Senhora da Glória, SE.

Como forrageira, sua folhagem é palatável e de alto valor proteico (Tabela 3), podendo ser consumida por bovinos, ovinos, suínos, caprinos e aves (CARVALHO FILHO et al., 1997), porém é considerada tóxica para os equinos (SHERMAN, 1977), caninos (MORTON, 1981) e roedores (HAINES, 1961), justificando-se um de seus nomes vulgares na América Central: “matarratón”.

Segundo Carvalho Filho et al. (1997), no sistema de plantio utilizando a gliricídia como banco de proteína, esta espécie pode produzir de 3 t a 4,5 t de matéria seca comestível por hectare a cada três meses, biomassa essa capaz de suplementar de 20 a 30 cabeças de bovinos adultos durante 1 mês. No sistema de pastejo direto, estima-se 15% a 20% de perda pelo pisoteio dos animais. A utilização do banco de proteína de gliricídia não é recomendável antes dos 8 meses de seu estabelecimento, até a plena fixação do sistema radicular.

Como cercas vivas (Figura 7), para sustentação de arames farpados, é uma das espécies mais utilizadas nos trópicos, especialmente pelos pequenos produtores rurais, podendo funcionar como árvore de sombra, amenizando as elevadas

temperaturas a que está sujeita a região semiárida no verão, oferecendo, assim, maior conforto para os animais. Em síntese, a gliricídia como cerca viva pode servir simultaneamente para as seguintes funções: cercar (proteger) as áreas, alimentar os animais pela poda da folhagem, embelezar a propriedade, proporcionar sombra aos animais e, eventualmente, produzir madeira das podas dos galhos mais grossos para suprir a demanda energética do produtor rural.



Figura 7. Cerca viva de gliricídia na Estação Experimental da Embrapa, em Nossa Senhora da Glória, SE.

Como madeireira, é considerada de excelente qualidade para lenha, possuindo poder calorífico da ordem de $4.900 \text{ kcal.kg}^{-1}$ (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980) sendo de $4.550 \text{ kcal.kg}^{-1}$ para lenha e $7.150 \text{ kcal.kg}^{-1}$ para carvão (OTÁROLA, 1995).

A espécie é recomendada para o controle de erosão e estabilização de terraços de rodovias, em função de sua alta sobrevivência e resistência ao fogo, rebrotando com muita facilidade (Figura 8), podendo ser utilizada, também, como adubo verde e para o sombreamento de cacau e café, muito comum no sul da Bahia.



Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 8. Regeneração de gliricídia após a ocorrência de fogo na área plantada na Estação Experimental da Embrapa em Nossa Senhora da Glória, SE.

Algarobeira - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. - família Mimosaceae

A algarobeira é uma árvore xerófila, com altura variando de 4 m a 8 m. Em condições ótimas, chega a apresentar 18 m de altura e 80 cm de diâmetro. A espécie vegeta desde o nível do mar até altitudes de 1.500 m, com precipitação de 150 mm a 750 mm por ano (HUECK, 1972; GOOR; BARNEY, 1976). Sua introdução no Brasil ocorreu a partir de 1942, em Serra Talhada, PE, com sementes originárias da região de Piura, no Peru (AZEVEDO, 1961; GOMES, 1961).

Na Região Nordeste do Brasil, a espécie é encontrada em populações cultivadas e subespontâneas, sendo considerada de crescimento rápido. Sua frutificação, em alguns casos, inicia-se a partir do segundo ano (Figura 9) e é facilmente multiplicada por sementes. Pelo fato de as sementes possuírem dormência tegumentar, o tratamento mais simples para sua germinação é a imersão em água fervente durante dois minutos ou em água fria por 24 horas.

A importância da cultura da algarobeira como mais uma alternativa para as áreas secas é evidenciada pelas múltiplas utilizações em uma propriedade rural. A algarobeira pode ser usada como: planta melífera; recuperadora de áreas degradadas, especialmente daquelas com problemas de salinização; planta sombreadora, excelente nos sistemas silvipastoris; produtora de álcool e outros produtos químicos; produtora de forragem e de madeira para diversos usos.



Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 9. Frutificação da algarobeira aos dois anos de idade em Petrolina, PE.

Como produtora de madeira, com densidade de $0,85 \text{ g.cm}^{-3}$ (DRUMOND et al., 1984), pode ser utilizada como: lenha, carvão, cerca, construções rurais, tacos e móveis, com uma produção madeireira variando de $3,5 \text{ t/ha.ano}^{-1}$ (LIMA, 1994) a $9,4 \text{ t/ha.ano}^{-1}$ (ZAKIA et al., 1989). O plantio das algarobeiras, quando feito em curvas de nível (Figura 10), proporciona um aumento de 30% na produção de biomassa quando comparado aos plantios convencionais, até os 36 meses de idade.



Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 10. Algarobeiras plantadas em curva de nível. Petrolina, PE.

Como forrageira, as vagens, em qualquer estágio de maturação, juntamente com as folhas, são utilizadas para alimentação de bovinos, caprinos, ovinos e equinos. Outra vantagem da algarobeira no Semiárido é que ela está sempre com folhagem verde e produzindo vagens na época em que a maioria das espécies nativas está desfolhada, coincidindo com o período mais seco do ano.

A produção de vagens na região Nordeste varia de 3 t/ha.ano⁻¹ a 8 t/ha.ano⁻¹, supondo existir uma correlação entre as condições de sítio com a produção de vagens, onde, em áreas com acentuada deficiência hídrica, tem-se observado, independentemente do bom desenvolvimento das plantas, baixa produção de vagem, enquanto em áreas com bom suprimento de umidade, tal como as degradadas das planícies aluviais, observa-se elevada produção (NASCIMENTO, 2008).

Em Petrolina, Lima (1994) relatou valores de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de folhas e vagens de *Prosopis juliflora* (Tabela 5) que se assemelham aos de algumas espécies forrageiras tradicionais na região, tais como catingueira, faveleira e mororó.

Tabela 5. Teor de proteína bruta (PB), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e tanino em folhas e vagens de *Prosopis juliflora*, em Petrolina, PE.

Proteína bruta (%)		DIVMS (%)		Tanino (%)
Folhas	Frutos	Folhas	Frutos	Folhas
18,49	7,82	59,06	74,59	1,89

Fonte: Lima (1994).

Objetivando estudar o desenvolvimento e a produtividade da algarobeira [*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.] quando consorciada com o agave (*Agave sisalana* Perr. ex Engelm.), Lima (1999) verificou que sete anos após a implantação do sistema, os resultados demonstraram não haver competição entre as espécies, tendo ambas apresentado bom desenvolvimento, com sobrevivência média de 88% e 92% e altura média de 5,1 m e 4,6 m, respectivamente, para as algarobeiras plantadas isoladas e consorciadas. Por meio de equação de volume, o autor estimou a produção de lenha de algarobeira em 7,1 m³.ha⁻¹ e 7,8 m³.ha⁻¹ para árvores isoladas e consorciadas, respectivamente. A produtividade e a qualidade do agave não foram avaliadas, embora as plantas tenham apresentado excelente desenvolvimento.

Com o objetivo de estudar os efeitos do sombreamento da algarobeira na produção da palma forrageira, uma pesquisa foi conduzida pela Embrapa

Semiárido, no município de Petrolina, PE. Quatro anos após a implantação da palma numa área com algarobeira com 16 anos de idade, Albuquerque e Rao (1997) verificou que as produções obtidas foram 2,31 t. de MS/ha.ano⁻¹; 2,24 t. de MS/ha.ano⁻¹; 2,44 t. de MS/ha.ano⁻¹; 2,35 t. de MS/ha.ano⁻¹ e 3,18 t. de MS/ha.ano⁻¹ para os espaçamentos da algarobeira de 5 m x 5 m, 7 m x 7 m, 10 m x 10 m, 12 m x 12 m e para a parcela isolada, respectivamente, sendo o tratamento sem algarobeira superior ($P < 0,05$) aos outros tratamentos. A altura média da palma foi de 1,33 m; 1,36 m; 1,40 m; 1,39 m e 1,32 m para a mesma sequência dos tratamentos, não havendo diferença significativa. A maior produção obtida no plantio isolado, sem sombreamento, é atribuída à ausência de competição da algarobeira por água e nutrientes. Houve mortalidade significativa ($P < 0,05$) da algarobeira no espaçamento 5 m x 5 m (26,1%), que pode ser atribuída à competição intraespecífica por umidade e nutrientes.

Num estudo para verificar os efeitos da presença da algarobeira sobre a disponibilidade e a qualidade da forragem em uma pastagem de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L. var. *biloela*), enfocando aspectos ecofisiológicos e nutricionais, Ribaski (1987) realizou avaliações em um sistema silvipastoril, com aproximadamente 15 anos de idade, durante nove meses entre os períodos seco e chuvoso. Sobre a pastagem de capim-buffel, foram avaliadas a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), fotossíntese líquida, eficiência fotossintética, temperatura do ar, temperatura das folhas e umidade relativa. Após o corte, foram determinados o rendimento de matéria seca total da parte aérea da gramínea, o teor de matéria seca da forragem, o conteúdo de clorofila a e b nas folhas, a área específica foliar, o valor nutritivo (proteína bruta, fibra e digestibilidade) e a composição mineral da forragem (N, P, K, Ca e Mg). No solo, foram determinados os teores de umidade e a fertilidade. Os resultados da avaliação mostraram que o sombreamento proporcionado pelas árvores melhorou as condições microclimáticas sobre a pastagem, amenizando, em média, 1,5 °C a temperatura do ar e em torno de 2,7 °C a temperatura das folhas da gramínea, contribuindo para melhor conservar a umidade do solo. A presença da leguminosa arbórea na pastagem de capim-buffel favoreceu a fertilidade do solo, por meio do incremento dos teores de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, além de reduzir o pH do solo. Sob condições de luminosidade reduzida, as folhas do capim-buffel apresentaram maior área

específica foliar e maiores teores de clorofila a e b em relação àquelas expostas diretamente ao sol. A gramínea sombreada compensou os mais baixos níveis de radiação (RFA) com a maior eficiência fotossintética. A disponibilidade de matéria seca total do capim-buffel foi reduzida sob a copa das árvores (Figura 11), porém a forragem produzida nessas condições de luminosidade reduzida apresentou melhor valor nutritivo.



Figura 11. Algarobeiras em área de pastagem com capim-buffel em Petrolina, PE.

Eucalipto – *Eucalyptus* sp. - família Myrtaceae

O gênero *Eucalyptus* é originalmente australiano. Detém cerca de 600 espécies e variedades endêmicas no país, ocorrendo ainda em Timor e várias ilhas adjacentes, como Flores, Alor, Wetar (PRYOR, 1976). É um gênero de grande plasticidade, dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em grande amplitude edafoclimática, extrapolando as do local de origem (ELDRIDGE, 1975). Os eucaliptos são plantas madeireiras, sempre verdes, que ocupam diversos ambientes na Austrália, incluindo desde áreas pantanosas até muito secas, com ocorrência de espécies em solos de baixada, de alta fertilidade e até em solos arenosos muito pobres (ASSIS, 1986).

Em todo o mundo, as plantações de eucalipto ocupam uma área de, aproximadamente, 20.071.701 ha, destacando-se o Brasil, com 21%, seguido da Índia, com 19%, China, com 13%, Austrália, com 5%, Uruguai, Chile, Portugal, Espanha, Vietnã e Sudão, com 3% cada, Tailândia, África do Sul, Peru e Argentina, com 2% cada, Paquistão, com 1% e outros países, com 15% (FAO, 2009).

A grande diversidade em espécies confere ao gênero *Eucalyptus* uma vasta fonte de madeiras, que variam conforme características tais como: dureza, peso, cor, elasticidade, entre outras, com isso, proporcionando diversos usos, como, por exemplo: postes, papel, celulose, carvão, estacas e dormentes (BOLAND et al., 1994).

Além dos usos tradicionais, há uma forte tendência na utilização de madeiras para fins mais nobres, como fabricação de casas, móveis e estruturas, principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil, pela falta de opção de espécies nativas, decorrente do desmatamento.

Considerando a baixa produtividade madeireira da vegetação de Caatinga e a crescente demanda por recursos florestais do Semiárido, especialmente para fins energéticos decorrentes da expansão das indústrias de transformação, torna-se premente o aumento da oferta de madeira, como fonte geradora de energia por meio de reflorestamento com espécies de rápido crescimento.

Como exemplo de área consumidora de lenha no Nordeste, destaca-se a região do Araripe, entre os municípios pernambucanos de Ouricuri e Araripina, onde existe uma concentração de indústrias de gesso que utilizam a lenha como fonte de energia, consumindo, em média, $1.901.554 \text{ m}^{\text{st}} \cdot \text{ano}^{-1}$ (incluindo os consumos industrial, comercial e domiciliar), que implica numa superfície de corte sob manejo da vegetação nativa entre $9.508 \text{ ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ (ciclo de rotação com 13 anos) e $11.885 \text{ ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ (ciclo de rotação de 15 anos), considerando, respectivamente, incrementos médios entre $160 \text{ m}^{\text{st}}/\text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ e $200 \text{ m}^{\text{st}}/\text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$. Diante desta demanda e da baixa oferta de madeira, as indústrias começam a se mobilizar, no sentido de obter apoio de órgãos ligados ao setor florestal, sobre orientações técnicas de reflorestamento, a começar pela indicação de espécies potenciais para a região.

Com o objetivo de selecionar espécies do gênero *Eucalyptus* potenciais para a região semiárida do Brasil, a Embrapa Semiárido, por meio do Programa Nacional de Pesquisa Florestal no Semiárido brasileiro, implantou diversos experimentos em diferentes localidades: 1) municípios do estado da Bahia: Caetitê, Contendas do Sincorá, Brumado e Euclides da Cunha; 2) municípios do estado de Pernambuco: Trindade e Petrolina; 3) municípios da Paraíba:

Umbuzeiro e Souza; 4) município do Rio Grande do Norte: Pedro Avelino, e 5) município do Ceará: Barbalha (Tabela 6). Foram introduzidas 24 espécies e 180 procedências de *Eucalyptus* (Tabela 7).

Em cada uma destas localidades, foi instalado um experimento, com delineamento de blocos ao caso, com parcelas lineares de cinco plantas, com dez repetições. Foi adotado um espaçamento único de 3,0 m x 2,0 m. As observações constaram das seguintes mensurações: sobrevivência, altura total de plantas e diâmetro à altura do peito (DAP). As mensurações foram iniciadas aos seis meses após o plantio e, posteriormente, a cada doze meses.

Tabela 6. Localização geográfica e dados climáticos dos municípios onde foram testadas as diferentes espécie e procedências de *Eucalyptus*.

Localidade	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)
Caetitê, BA	14°04'	42°28'	826	847	21,4
Contendas do Sincorá, BA	13°45'	41°02'	286	557	22,7
Brumado, BA	14°12'	41°40'	457	640	25,0
Euclides da Cunha, BA	10°30'	40°01'	523	724	23,6
Petrolina, PE	09°24'	40°30'	376	480	26,0
Trindade, PE	07°45'	40°16'	450	565	26,0
Souza, PB	06°45'	38°13'	220	784	27,0
Umbuzeiro, PB	07°41'	35°39'	541	658	26,4
Barbalha, CE	07°18'	39°18'	414	1.112	24,1
Pedro Avelino-RN	05°31'	36°23'	097	414	25,5

Fonte: Drumond e Oliveira (2006).

Tabela 7. Espécies e procedências de *Eucalyptus* introduzidas pela Embrapa Semiárido, por meio do programa Nacional de Pesquisa Florestal no Semiárido brasileiro.

Espécie	Procedências introduzidas/ano								Total
	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1997	
<i>E. alba</i>	07	-	-	-	-	-	03	-	10
<i>E. brassiana</i>	-	-	03	-	01	01	06	-	11
<i>E. brevifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	01	01
<i>E.camaldulensis</i>	10	09	01	-	-	01	08	02	31
<i>E. citriodora</i>	01	-	-	-	-	01	11	02	15
<i>E. cloesiana</i>	-	-	-	-	-	-	02	-	02
<i>E. crebra</i>	02	-	-	-	-	-	07	-	09
<i>E.depranophylla</i>	-	-	-	-	01	-	01	-	02
<i>E. exserta</i>	04	-	03	-	-	-	01	-	08
<i>E. grandis</i>	01	-	-	-	-	-	-	-	01
<i>E. intermedia</i>	-	-	-	-	-	01	03	-	04
<i>E. maculata</i>	-	-	-	-	-	-	06	-	06
<i>E. microtheca</i>	-	-	02	21	-	-	01	-	24
<i>E. miniata</i>	-	-	-	-	01	-	-	-	01
<i>E. nesophila</i>	04	-	-	-	01	-	-	-	05
<i>E. paniculata</i>	-	-	-	-	-	-	04	-	04
<i>E. pellita</i>	-	-	-	-	01	-	05	-	06
<i>E. pilularis</i>	-	-	-	-	-	-	01	-	01
<i>E. polycarpa</i>	03	-	-	-	-	-	01	-	04
<i>E. pyrocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	04	-	04
<i>E. robusta</i>	-	-	-	-	-	01	-	-	01
<i>E. tereticornis</i>	-	15	04	-	-	-	04	03	26
<i>E. tessellaris</i>	02	-	-	-	01	-	-	-	03
<i>E. urophylla</i>	01	-	-	-	-	-	-	-	01
Total	35	24	13	21	06	05	68	08	180

Fonte: Drummond e Oliveira (2006).

Na Tabela 8, são apresentados os resultados da produtividade volumétrica de madeira das diferentes espécies do gênero *Eucalyptus* e respectivos locais de introdução.

Em face à diversidade de solo e clima do Semiárido brasileiro, as produtividades madeireiras das espécies variaram de local para local. As espécies que mais se destacaram foram *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. crebra* e *E. exserta*. O maior incremento médio anual ($62,5 \text{ m}^3/\text{ha}\cdot\text{ano}^{-1}$) foi observado em *E. tereticornis*, em

Brumado, BA, localizado a 900 m de altitude, em um microclima propício ao desenvolvimento vegetativo das plantas, enquanto que em Contendas do Sincorá, BA, região de extrema aridez, sua produtividade foi dez vezes menor ($5,9 \text{ m}^3/\text{ha.ano}^{-1}$). Entretanto, *E. camaldulensis* (Figura 12) foi a espécie de maior incremento médio anual em todas as localidades testadas, variando de $60,8 \text{ m}^3/\text{ha.ano}^{-1}$, em Caetité, BA, com precipitação média em torno de 800 mm.ano^{-1} a $8,0 \text{ m}^3/\text{ha.ano}^{-1}$, em Contendas do Sincorá, BA, com precipitação média em torno de 500 mm.ano^{-1} .

Tabela 8. Produtividade média das espécies do gênero *Eucalyptus* em diferentes localidades do Semiárido brasileiro.

Espécie	Localidade/Volume cilíndrico ($\text{m}^3/\text{ha.ano}^{-1}$)									
	1	2	3 ^{mc}	4	5	6	7	8	9	10
<i>E. alba</i>	12,2	6,3	4,0	6,8	2,7	3,6	-	1,9	3,6	2,4
<i>E. camaldulensis</i>	60,8	8,0	44,2	25,6	8,5	19,1	41,6	14,4	10,0	9,6
<i>E. citriodora</i>	38,0	5,3	54,1	24,2	-	19,7	-	6,5	9,6	9,0
<i>E. crebra</i>	7,5	5,2	8,0	9,9	16,2	24,2	-	2,0	-	-
<i>E. exserta</i>	28,9	5,2	27,8	25,7	-	23,3	-	10,0	10,2	5,0
<i>E. microtheca</i>	0,9	4,8	-	1,8	2,1	-	-	-	-	-
<i>E. tereticornis</i>	-	5,9	62,5	23,0	10,3	23,4	-	7,0	26,0	-

1 Caetité, BA (5 anos); 2. Contendas do Sincorá, BA (4 anos); 3. Brumado, BA (5 anos); 4. Euclides da Cunha, BA (5 anos); 5. Petrolina, PE (7 anos); 6. Trindade, PE (6 anos); 7. Souza, PB (7 anos); 8. Umbuzeiro, PB (4 anos); 9. Barbalha, CE (6 anos), e 10. Pedro Avelino, RN (5 anos).

^{mc} região de microclima

Fonte: Drumond e Oliveira (2006).

Na Figura 13, observam-se os índices de déficit hídrico para os municípios representativos das três situações bioclimáticas da região semiárida do Nordeste brasileiro (GOLFARI; CASER, 1977). Nas localidades que apresentam valores médios de déficit hídrico acima de 120 mm, não é recomendável o plantio comercial de nenhuma espécie florestal com expectativa de retorno econômico.



Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 12. *Eucalyptus camaldulensis* aos 14 anos de idade em Petrolina, PE.

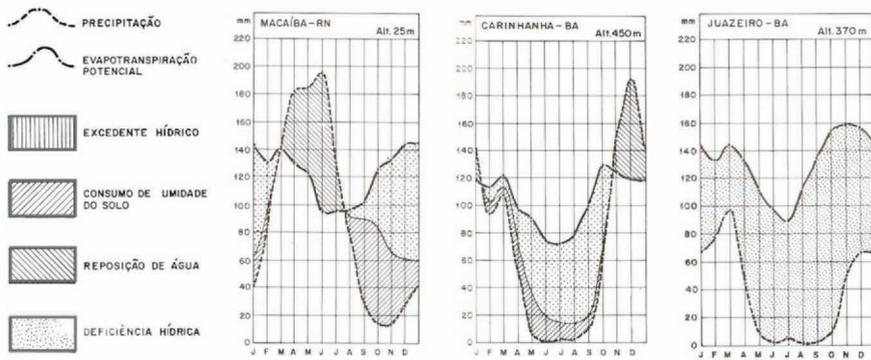


Figura 13. Balanço hídrico de diferentes localidades do Semiárido brasileiro. Fonte: Golfari e Caser (1977).

Segundo trabalho que vem sendo desenvolvido por Drumond et al. (2009), em fase inicial de implantação de um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, na Chapada do Araripe, o plantio de híbridos de *Eucalyptus* para produção de madeira para lenha, com o cultivo do feijão caupi nas entrelinhas na fase inicial (Figura 14), favoreceu a redução dos custos de implantação do empreendimento florestal, colhendo, aos 80 dias de implantação do ensaio, o equivalente a $800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de feijão. Nesta mesma área, plantou-se o capim-

digitaria, que, aos 27 meses de idade do eucalipto, o capim aos 8 meses de estabelecido apresentou 30% de ocupação da área plantada (Figura 15). Para o eucalipto, a sobrevivência foi de 90%, enquanto que o crescimento médio em altura foi de 10,8 m, sendo o crescimento médio em diâmetro igual a 8,2 cm.



Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 14. Cultivo do feijão caupi nas entrelinhas do plantio de *Eucalyptus* sp. aos 80 dias de idade, na Chapada do Araripe, Araripina, PE.



Foto: Marcos Antonio Drumond.

Figura 15. Eucalipto x capim-digitaria aos 27 meses de idade na Chapada do Araripe, Araripina, PE.

Em Petrolina, PE, com o objetivo de reduzir os custos de reflorestamento na região semiárida, por meio de consórcio de espécies florestais com gramíneas, Lima (1999) estudou a viabilidade do plantio do *Eucalyptus crebra* F. Muell. em diferentes espaçamentos (3,0 m x 1,0 m; 3,0 m x 2,0 m; 3,0 m x 3,0 m; 3,0 m x 4,0 m e 3,0 m x 5,0 m) associado ao capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). A implantação da gramínea foi feita um ano após o plantio do eucalipto, que apresentava altura média de 1,69 m e 83% de sobrevivência. Três anos após a implantação, toda a área experimental estava ocupada pela gramínea e as plantas de *E. crebra* estavam com altura média de 4,3 m, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos analisados. Para sobrevivência, constataram-se diferenças

significativas, que corresponderam a 11% no menor espaçamento (3,0 m x 1,0 m) e a 52% no espaçamento mais amplo (3,0 m x 5,0 m). A produção média de matéria seca de capim foi de 7,1 t.ha⁻¹, com média de seis touceiras por metro quadrado. A altura média de plantas de *Eucalyptus crebra* no Município de Petrolina, PE, aos quatro anos de idade, foi de 4,1 m para a melhor procedência, quando plantada em população isolada, apresentando sobrevivência média de 96% (DRUMOND et al., 2004).

Outra experiência de sistema agrossilvicultural conduzida na Embrapa Semiárido foi um ensaio envolvendo o consórcio eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) x capim-urocloa (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy). Conforme Oliveira (1999), o capim-urocloa é uma gramínea que tem apresentado bom desempenho no sertão de Pernambuco, sendo considerada a segunda opção depois do capim-buffel. Nos anos com precipitações acima da média local (560 mm), ele se mostra bastante agressivo. Com relação ao eucalipto, as pesquisas com espécies/procedências começaram em Petrolina, PE no final da década de 1970, tendo o *E. camaldulensis* se destacado como uma das mais tolerantes às condições edafoclimáticas da região.

Uma área experimental com essa espécie, estabelecida no Campo Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE, foi invadida naturalmente por capins introduzidos em áreas próximas, sendo o capim-urocloa predominante, ocupando 90% da cobertura do estrato herbáceo. Nessa área, bovinos machos foram colocados para pastejo em 1991 e 1992, durante três meses em cada ano. Os bovinos ganharam, em média, 650 g por animal por dia nos dois períodos. Com relação ao rendimento volumétrico do eucalipto, os resultados (Tabela 9) mostram que mesmo que as árvores na área sob pastejo já tivessem apresentado volume de madeira maior desde o início, a diferença se acentuou, tornando-se significativa ($P < 0,1$). Esta diferença, provavelmente, se deve ao controle das invasoras exercido pelos bovinos durante o período de pastejo.

Tabela 9. Volume de madeira do eucalipto antes da entrada dos animais (1990) e nos dois períodos após a saída dos animais (1992-1993).

Tratamento	Volume de madeira (m ³ .ha ⁻¹)		
	1990	1992	1993
Área sem pastejo	47,2 a	59,6 a	65,1 a
Área sob pastejo	51,3 a	67,4 b	73,0 b
Diferença	4,1	7,8	7,9

Na mesma coluna, médias com letras iguais não diferem entre si (teste T; P<0,1).

Fonte: Ribaski et al. (1993).

Considerações finais

No Semiárido brasileiro, o comportamento silvicultural das espécies leucena, algaroba e gliricídia, em áreas de sequeiro, tem-se mostrado bastante promissor, principalmente quando são levados em consideração a densidade da madeira, o rendimento gravimétrico de carbonização e os teores de carbono fixo e cinza apresentados pela leucena e pela algarobeira.

A boa adaptação das espécies às condições semiáridas do Nordeste brasileiro, aliada ao bom desenvolvimento silvicultural, em face de sua característica de múltiplo uso, torna a leucena, a gliricídia e a algarobeira excelentes alternativas energéticas e forrageiras para as condições de baixo índice pluviométrico.

Na Chapada do Araripe, o sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta, utilizando híbridos de *Eucalyptus* como espécie madeireira, consorciado com feijão caupi na fase inicial do plantio florestal, pode reduzir os custos de implantação do empreendimento florestal e, posteriormente, com o estabelecimento do capim-digitaria, poderá atender à demanda forrageira e de lenha para uso nas calcinadoras.

Dentre as espécies introduzidas pela Embrapa Semiárido na região, as que mais se destacaram em produtividade de madeira foram *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. crebra* e *E. exserta*, sendo *E. camaldulensis* a espécie que apresentou o maior incremento médio anual na maioria das localidades testadas.

O uso das espécies leucena, gliricídia, algarobeira e eucalipto poderá proporcionar as seguintes vantagens: a) preservação das espécies nativas

lenhosas; b) produção de forragem, em quantidade e qualidade, superior às da pastagem nativa; c) produção de lenha em menor espaço e tempo, e d) utilização em sistemas agroflorestais.

Referências

- ALBUQUERQUE, S. G. de; RAO, M. R. Espaçamento da palma forrageira em consórcio com sorgo e feijão-de-corda no Sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 645-650, 1997.
- ASSIS, T. F. de. Melhoramento genético do eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 36-46 set. 1986.
- AZEVEDO, G. *Algaroba*. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 1961. 31 p. (SIA, 843).
- BOLAND, D.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. *Forest trees of Australia*. 4nd ed. Melbourne: CSIRO, 1994. p. 193-194.
- BREWBAKER, J. L. *Guide to the systematics of genus Leucaena (Mimosaceae)*, Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1978. 16 p.
- CARVALHO, G. H. de. Contribuição para a determinação da reserva madeireira do Sertão Central do Estado de Pernambuco. *Boletim de Recursos Naturais*, Recife, v. 9, p. 289-312, jan/fev. 1971.
- CARVALHO FILHO, O. M. de; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P. H. *Gliricidia sepium - leguminosa promissora para regiões semi-áridas*. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 16 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 35).
- DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; TAVARES, J. A., PEREIRA, L. G. R.; RIBASKI, J.; SÁ, I. B. Integração lavoura pecuária floresta na Chapada do Araripe, Pernambuco: resultados preliminares. In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO-LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA EMBRAPA, 2009, Brasília, DF. *Resumos e palestras apresentadas*. Brasília, DF: Embrapa, 2009. 1 CD-ROM
- DRUMOND, M. A.; CARVALHO FILHO, O. M. de. *Gliricidia*. In: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Ed.). *Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o Semi Árido brasileiro*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 10, p. 301-317.
- DRUMOND, M. A.; CARVALHO FILHO, O. M. de. Introdução e avaliação da *Gliricidia sepium* na região semi-árida do Nordeste brasileiro. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatna.embrapa.br>>. Acesso em: 8 jan 2003.

DRUMOND, M. A.; LIMA, A. Q. Comportamento silvicultural de algumas espécies arbóreas na bacia de rejeitos da Mineração Caraíba. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto-MG. **Anais...** Viçosa-MG: SINRAD, 1997. p. 401-406.

DRUMOND, M. A.; MORGADO, L. B.; RIBASKI, J.; ALBUQUERQUE, S. G. de; CARVALHO FILHO, O. M. de. Contribuição da Embrapa Semi-árido para o desenvolvimento dos sistemas agroflorestais no Semi-árido brasileiro. **Agrossilvicultura**, Viçosa, MG, v. 1, n. 2, p. 145-153, 2004.

DRUMOND, M.A.; OLIVEIRA, V.R. de. Introduccion y seleccion de especies arboreas forrageras en el area semiarida del Estado de Pernambuco. In: CONGRESO LATINOAMERICANO IUFRO, 1., 1998, Valdivia, Chile. **Actas...** Valdivia: IUFRO, 1998.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; CARVALHO FILHO, O. M. de. Introdução e seleção de espécies forrageiras exóticas na região semi-árida do estado de Sergipe. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 251-256, 1999.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de. Seleção de espécies/procedências do gênero *Eucalyptus* potenciais para o Semi-Árido do Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO IUFRO, 2., 2006, La Serena. **Trabajos completos**. Santiago: INFOR; FAO, 2006. 1 CD-ROM.

DRUMOND, M. A.; PIRES, I. E.; BRITO, J. O. Algarobeira: uma alternativa para preservar as espécies nativas do Nordeste Semi-árido. In: SEMINÁRIO SOBRE POTENCIALIDADE FLORESTAL DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1., 1984. **Silvicultura**, São Paulo, v. 10, n. 37, p. 51-52, 1984. (Edição especial).

DRUMOND, M. A. Reflorestamento na região Semi-árida do Nordeste brasileiro In: NOVAIS, A. B. de; SÃO JOSÉ, A. R.; BARBOSA, A. de A.; SOUZA, I. V. B. **Reflorestamento no Brasil**. Vitória da Conquista: UESB, 1992. p. 28-34.

DUNSDON, A. J.; STEWART, J. L.; HUGHES, C. E. *Gliricidia sepium*. In: DUNSDON, A. J.; STEWART, J. L.; HUGHES, C. E. **Species descriptions and biomass tables**. Oxford: Forest Institute, 1991. p. 35-38.

DUQUE, J. A. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Gliricidia_sepium>. Acesso em: 23 ago. 1998.

ELDRIDGE, K. G. **An annotated bibliography of genetic variation in *E. amaldulensis*** Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1975. 9 p.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-árido. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa do Trópico Semi-Árido: 1977-1978**. Brasília, DF, 1979.

FARIAS, J. J.; SILVA, D. S.; QUEIROZ FILHO, J. L. **Aspectos produtivos de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) em diferentes alturas e intervalos de cortes**.

Disponível em:

<<http://www.sbz.org.br/eventos/PortoAlegre/homepagesbz/For/FOR145.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2002.

FAO. **Global Eucalyptus map**. Rome, 2009. 1 mapa.

GIULIETTI, A. M.; DU BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B., VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P., FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N., BARBOSA, M. R. V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. C.; M. TABARELLI, M., FONSECA, T., LINS, V. (Org.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2004. p. 48-90.

GOLFARI, L.; CASER, R. L. **Zoneamento ecológico da Região Nordeste para experimentação florestal**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal do Cerrado, 1977. 116 p. (PRODEPEF. Série Técnica, 10).

GOMES, P. **A algarobeira**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1961. 49 p. (SAI, 865).

GOOR, A. Y.; BARNEY, C. W. **Forest tree planting in arid zone**. 2nd ed. New York: The Ronald, 1976. 504 p.

GUEVARRA, A. D. Management of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. For maximum yield nitrogen contribution to intercropped corn. In: HALOS S. C. **Abstract of Leucaena**. College: Laguna Forest Research Institute, 1980. p. 14-15. (FORI Reference series, 8).

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G. G. Goat reproductive performance as affected by stocking rate on caatinga vegetation in the semiarid Northeast Brazil. In: INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CONFERENCE ARID LANDS: TODAY AND TOMORROW, 1985, Tucson,-Arizona. **Proceedings...** Bolder: Westview Press, 1988. p. 351-357.

HAINES, H. C. Madre de cacao. **Nuestra Tierra, Paz y Progreso**, [S.l.], v. 5, n. 46, p. 115-116, 1961.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. São Paulo: Polígono: Universidade de Brasília, 1972. 458 p.

JESUS, R. M.; ROSSMANN, N. C.; BROUARD, J. S. *Eucalyptus/Leucaena* mixture - wood properties. **IPEF**, [Piracicaba], n. 39, p. 49-51, 1988.

LIMA, P. C. F., DRUMOND, M. A.; SOUZA, S. M. de; LIMA, J. L. S. de. Inventário florestal da Fazenda Canaã. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. **Silvicultura**, São Paulo, v. 2, n. 14, p. 398-399, 1978. Edição especial.

LIMA, P. C. F. The productivity in the semiarid zone of Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 16, n. 1/4, p. 5-13, 1986.

- LIMA, P. C. F. **Comportamento silvicultural de espécies de Prosopis em Petrolina-PE, região semi-árida brasileira.** 1994. 110 f. Tese (Doutorado em Silvicultura) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- LIMA, P. C. F. Recursos genéticos e avaliação do gênero *Prosopis* no Nordeste do Brasil. In: QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatia.embrapa.br>>. Acesso em: 8 jan 2003.
- LIMA, P. C. F. Algarobeira. In: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Ed.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o Semi-árido brasileiro.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005a. cap. 2, p. 37-79.
- LIMA, P. C. F. Leucena. In: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Ed.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o Semi-Árido brasileiro.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005b. cap. 5, p. 157-194.
- McDOWELL, L. R.; CONRAD, J. H.; THOMAS, J. E.; HARRIS, L. E. **Latin american tables of feed composition.** Gainesville: University of Florida; Institute of Food and Agricultural Sciences, 1974. 509 p.
- MORTON, J. F. **Atlas of medicinal plants of Middle America.** Springfield: C. C. Thomas, 1981. 1.420 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Firewood crops: Shrub and tree species for energy production.** Washington, 1980. 237 p.
- OLIVEIRA, M. C. de. **Capim urocloa: produção e manejo no Semi-Árido do Nordeste do Brasil.** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1999. 20 p. (Circular Técnica, 43).
- OTÁROLA, A. Cercas vivas de madero negro: practica agroforestal para sitios con estación seca marcada. **Agroforesteria en las Américas**, Turrialba, v. 2, n. 5, p. 24-30, 1995.
- NASCIMENTO, C. E. de S. **Comportamento invasor da algarobeira Prosopis juliflora (Sw) DC. nas planícies aluviais da Caatinga.** 2008. 115 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- PARROTTA, A. J. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. **Gliricidia, mother of cocoa Leguminosae (Papilionoideae) Legume family.** Rio Piedras: Institute of Tropical Forestry, 1992. 7 p. (SO-ITF-SM-50).
- PRYOR, L. O. **Biology of Eucalyptus.** London: Edward Arnold, 1976. 82 p. (Studies in Biology, 61.).
- RIBASKI, J. **Avaliação do uso dos recursos florestais em imóveis rurais na região de Ouricuri-PE.** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1986. 37 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 31).

- RIBASKI, J. Comportamento da algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) DC) e do capim-búfel (*Cenchrus ciliaris*) em plantio consorciado na região de Petrolina, PE. **Revista da Associação Brasileira de Algaroba**, [Mossoró], v. 1, n. 2, p. 171-225, 1987.
- RIBASKI, J.; OLIVEIRA, M. C. de; CRUZ, S. C. Avaliação de um sistema silvipastoril em região semiárida, envolvendo a consorciação de eucalipto com pastagens. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS: SBEF, 1993. p. 2 68-269.
- SALVIANO, L. M. C.; ALBUQUERQUE, S.G.; SOARES, J. G. G. Diferentes taxas de lotação em áreas de caatinga I. Desempenho animal. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 19., 1982, Piracicaba. **Anais...** Campinas: SBZ, 1982. p. 365-366.
- SHERMAN, P. J. **Tropical forage legumes**. Roma: FAO, 1977, 609 p. (FAO. Plant Production and Protection Series, 2).
- SILVA, C. M. M. de S. **A avaliação do gênero Leucaena na região semi-árida de Pernambuco**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1992. 52 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 44).
- SILVA, H. D. da; PIRES, I. E.; RIBASKI, J.; DRUMOND, M. A.; LIMA, P. C. F.; SOUZA, S. M. de; FERREIRA, C. A. **Comportamento de essências florestais nas regiões áridas e semi-áridas do Nordeste: resultados preliminares**. Brasília, DF: Embrapa-DID, 1980. 25 p.
- SOUSA, F. B. de; ARAUJO FILHO, J. A. de; SILVA, N. L. da. Parâmetros agronômicos de oito genótipos de leucena - ano II. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 448-449.
- TAVARES, S.; PAIVA, F. A. F.; TAVARES, E. J. de S.; CARVALHO, G. H. de; LIMA, J. L. S. de. Inventário florestal de Pernambuco: estudo preliminar das matas remanescentes dos municípios de Ouricuri, Bodocó, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina. **Boletim de Recursos Naturais**, Recife, v. 8, n. 1/2, p. 149-194, 1970.
- ZAKIA, M. J. B.; PAREYN, F. G.; BURKART, R. N.; ISAIA, E. M. I. Incremento médio anual de algarobais no Seridó-RN. **IPA News**, Recife, n. 8, p. 1-4, 1989.

Recursos genéticos vegetais conservados na Embrapa Semiárido



Capítulo 8

**Alineaurea Florentino Silva
Carlos Antonio F. Santos
Francisco Pinheiro Araújo
Francisco Pinheiro Lima Neto
José Nilton Moreira
Maria Aldete J. de F. Ferreira
Patrícia Coelho de S. Leão
Rita de Cássia Souza Dias
Severino G. de Albuquerque**

Introdução

Há cerca de 10.000 anos atrás, com o início da agricultura, o homem passou de caçador e coletor a agricultor, domesticando plantas e animais para atender às suas necessidades. Das 300 mil espécies de plantas descritas, o homem utilizou para sua alimentação cerca de 3.000 (PATERNIANI, 1988). Atualmente, o homem utiliza 300 espécies, das quais 15 representam 90% de toda a sua alimentação. As mais utilizadas são arroz, banana, batata, batata doce, beterraba açucareira, cana-de-açúcar, centeio, cevada, feijão, coco, mandioca, milho, soja, tomate e trigo (GOODMAN, 1990).

No início do século 20, os trabalhos conduzidos por Nikolai I. Vavilov, representaram um marco para os recursos genéticos vegetais, implementando o primeiro programa de coleção de germoplasma em larga escala (NASS, 2001). Para entender o que significa recursos genéticos vegetais e sua conservação é preciso ter conhecimento de alguns termos como biodiversidade, recursos biológicos, germoplasma, acesso de germoplasma e conservação propriamente dita. Tais termos podem ser consultados em McNeely et al. (1990), Nass (2001), Querol (1993), Hoyt (1992) e Vilela-Morales et al. (1997).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e suas instituições parceiras, contribuíram e contribuem para o estabelecimento de coleções de germoplasma, resultando na organização de um acervo de recursos genéticos de importância estratégica para o país. Este acervo, representado pelos bancos de germoplasma, é de fundamental importância para os programas de pré-melhoramento e melhoramento visando atender a uma agricultura em expansão, agregando produtividade, diversidade, adaptação a estresses bióticos e abióticos, entre outros benefícios (NASS et al. 2001, 2007). No Brasil, existem cerca de 170 Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) mantidos em Unidades da Embrapa, Universidades e Instituições de Pesquisa, componentes do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, que totaliza cerca de 250.000 amostras de materiais vegetais.

Nesse capítulo, será descrito o estado da arte dos Bancos Ativos de Germoplasma mantidos pela Embrapa Semiárido. Estes BAGs preservam acervos estratégicos para a região semiárida, pois conservam acessos de diversas

espécies fundamentais para uso em programas de melhoramento genético ou para uso direto na agricultura.

Espécies de interesse, bancos e coleções de germoplasma

Cucurbitáceas

Dentre as espécies cultivadas pelos agricultores do Nordeste brasileiro, as cucurbitáceas se destacam por apresentar uma grande variação de tipos de frutos, de ciclo, em termos de resistência/tolerância aos principais estresses bióticos.

As Cucurbitáceas são divididas em cinco sub-famílias: *Fevilleae*, *Melothrieae*, *Cucurbitaceae*, *Sicyoideae* e *Cyclanthereae* (BISOGNIN, 2002). Os gêneros cultivados mais importantes são *Cucurbita* L., *Cucumis* L., *Citrullus* L., *Lagenaria* L., e *Luffa* L., pertencentes a sub-família das *Cucurbitaceae*, e *Sechium* L., pertencente a sub-família das *Sicyoideae* (WHITAKER; DAVIS, 1962). O número de cromossomos varia de espécie para espécie, apresentando $2n=14$ em pepino (*Cucumis sativus* L.), $2n=22$ em *Citrullus* e *Lagenaria*, $2n=24$ em *Cucumis melo* e *anguria* e *Sechium*, $2n=26$ em *Luffa* e $2n=40$ em *Cucurbita* (BISOGNIN, 2002).

A família possui aproximadamente 118 gêneros e aproximadamente 825 espécies distribuídas pelas regiões tropicais do planeta. Verifica-se que, no rol das espécies utilizadas pelo homem, têm origem em vários continentes: nas Américas, espécies dos gêneros *Cucurbita*, *Lagenaria*, *Sechium*, *Sicana odorifera* e *Luffa operculata*; na África, *Citrullus*, *Cucumis melo* e a espécie *Cucumis anguria*; na Ásia, as espécies *Cucumis sativus*, *Luffa cylindrica* e *Momordica charantia* (ESQUINAS-ALCAZAR; GULICK, 1983; NUEZ et al., 2000).

O processo de domesticação dessas espécies remonta de muitos anos atrás. Há registros arqueológicos da associação entre o homem e o gênero *Lagenaria* no Peru desde 11.000 a 13.000 anos a.C., bem como algumas espécies de *Cucurbita* cultivadas nas Américas Central e do Sul pelos Maias, Incas e Astecas (ESQUINAS-ALCAZAR; GULICK, 1983). A melancia tem registros de cultivos desde tempos pré-históricos como revelam pinturas encontradas no Egito (ROMÃO et al., 2008).

O Brasil, especialmente o Nordeste brasileiro, dispõe de inúmeras espécies de cucurbitáceas, entre elas, *Citrullus* spp., *Cucurbita* spp., *Cucumis* spp., *Lagenaria siceraria* e *Luffa cylindrica* que foram introduzidas há muitos anos e cultivadas até os dias de hoje, principalmente, na agricultura de sequeiro, em pequenos estabelecimentos agrícolas, tendo dado origem a inúmeras variedades tradicionais (QUEIROZ, 1993).

Entre as variedades tradicionais, principalmente de melancia, abóbora, jerimum caboclo e melão, existe uma forte pressão de erosão genética, através do processo de substituição das mesmas por cultivares comerciais, ou abandono do cultivo, seja ele pelas secas prolongadas ou pela questão do êxodo rural (QUEIROZ et al., 1998; BARBIERI, 2006) e mais recentemente, por pragas como a mosca-branca, que comprometem seriamente esses cultivos na produção familiar. Alguns dessas variedades tradicionais foram resgatados tendo-se formado um Banco Ativo de Germoplasma de Cucurbitáceas na Embrapa Semiárido. A coleta, multiplicação, caracterização, avaliação, conservação e utilização de acessos das cucurbitáceas se converteram em um fator importante para manutenção da variabilidade genética deste gênero de grande importância socioeconômica para o Nordeste brasileiro (QUEIROZ et al., 1999; DIAS et al., 2008).

O Banco Ativo de Germoplasma de Cucurbitáceas para o Nordeste brasileiro está localizado na cidade de Petrolina, PE e conta com 2.000 acessos de cucurbitáceas coletados em diversas áreas de cultivo tradicional e/ou introduzidos no período de 1987 a 2008. Este banco de sementes é constituído principalmente por acessos que foram coletados em áreas de produtores, feiras-livres e CEASAs em 111 municípios dos estados da Bahia, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Piauí, Paraíba, Sergipe, Minas Gerais, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Sul, Rondônia. Mas consta também de acessos oriundos de outros países (Estados Unidos da América, Espanha, Portugal, Quirguistão, Suíça e Moçambique). O quantitativo por espécie é a seguinte: 643 de *C. moschata*, 187 de *C. maxima*, 843 de *Citrullus lanatus*, 27 de *C. lanatus* var. *citroides*, 146 de *Cucumis anguria* e 154 de *Cucumis melo* (DIAS et al., 2008).

A abóbora (*Cucurbita moschata*) é uma espécie indígena americana com significativa participação na alimentação de muitos países. Possui ampla

distribuição no Sudeste do México, América Central, Colômbia e Peru (WHITAKER; CARTER, 1946; WHITAKER; CUTLER, 1965). No Brasil, a região Nordeste destaca-se como área de alta variabilidade (ESQUINAS-ALCAZAR; GULLICK, 1983). Do ponto de vista sócioeconômico, as abóboras são importantes por fazer parte da alimentação básica das populações de várias regiões do país. No entanto, em diagnóstico recente, realizado no Estado de Pernambuco, verificou-se que nos últimos cinco anos a mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) dizimou praticamente o cultivo de abóboras no sertão, que era feito para consumo humano e engorda de suínos (FERREIRA et al., 2007).

No entanto, considerando o germoplasma atualmente plantado na grande maioria das áreas do Nordeste, verifica-se que ainda faltam plantas com características adequadas para diferentes sistemas de cultivos, especialmente tolerantes às doenças foliares, bem como tamanho e formato de frutos mais adequados para o comércio, com boas características de textura da polpa e sabor. De forma geral, os objetivos do melhoramento de *Cucurbita* são direcionados à obtenção de cultivares uniformes, de cavidade pequena, polpa com elevados sólidos solúveis, polpa de coloração alaranjado intenso, com pouca ou nenhuma fibra, plantas com ramas compactas, alto rendimento e resistente às pragas e doenças (RAMOS et al., 1999). A identificação de genótipos com resistência à mosca-branca é um grande desafio para a retomada do cultivo em condições de sequeiro no sertão pernambucano.

É importante ressaltar que há variabilidade dessas espécies distribuídas no Nordeste do Brasil e que foram feitas coletas em 69 municípios do Nordeste brasileiro, mas ainda há regiões produtoras de abóboras em que não foram contempladas por coletas. Bem como, nos trabalhos de caracterização de plantas e frutos de abóbora realizados pela Embrapa Semiárido, em parceria com outras instituições de ensino e pesquisa, já foram selecionados acessos para trabalhos de melhoramento visando à obtenção de genótipos mais precoces, ricos em betacarotenos, tolerantes ao oídio e à mosca-branca (AMARIZ et al., 2009; BORGES et al., 2009).

As raças crioulas de melancia são produzidos apenas uma vez por ano, durante o período chuvoso e apresentam grande variabilidade quanto às características de aparência externa, cor da polpa, teor de açúcar, conservação pós-colheita, entre

outras. A variabilidade genética trazida do continente africano, aliada ao processo de manejo da cultura na agricultura tradicional da região, tornou o Nordeste brasileiro um centro secundário de diversificação da melancia (ROMÃO, 1995).

Verifica-se que grande variabilidade já foi identificada nas amostras coletadas que foram avaliadas. Por exemplo, estudos preliminares de Souza et al. (1988) e Dias et al. (1989) mostraram variação quanto à resistência ao oídio (*Sphaeroteca fuliginea*) em melancia, enquanto que Araújo e Souza (1988) e Araújo et al. (1989) também encontraram tolerância ao vírus do mosaico da melancia WMV-1, hoje PRSV-w, numa amostra de melancia comumente designada pelos produtores de “melancia de porco” ou “melancia de cavalo” (ASSIS, 2000). Também foram encontradas fontes de resistência às viroses PRSV-w, WMV-2 e ZYMV em dois acessos de melancia do BAG. Dias (1993) observou uma grande variação na resposta de acessos de melancia à *Didymella bryoniae* quando inoculados com suspensão de esporos do fungo e Romão (1995), estudando vários acessos de melancia, encontrou variação quanto a características de planta e fruto. Ferreira (1996), estudando parentais contrastantes, encontrou variação na capacidade geral e na capacidade específica de combinação para vários caracteres de importância econômica em melancia. Souza et al. (1999) encontraram variação no comportamento de linhas tetraplóides de melancia quando autofecundadas ou cruzadas, quanto ao pegamento de frutos e ao número de sementes por fruto.

É importante considerar que novos trabalhos são necessários para se conhecer a dimensão da riqueza deste BAG e dar continuidade à documentação nas bases de passaporte, caracterização e avaliação do Sistema Brasileiro de Informação de Recursos Genéticos (SIBRARGEN). Deve-se também ressaltar, que alguns fatores dificultam os trabalhos do BAG à exemplo da alogamia que exige a polinização manual controlada de cada entrada, no processo de multiplicação de sementes, devido à ação das abelhas na polinização natural das flores, e a área ocupada por uma planta ser relativamente grande (abóbora= 8 m²; melancia= 4 m² e melão= 1 m²). Tais fatores restringem a velocidade da multiplicação e caracterização dos acessos preservados no BAG. No entanto, as informações já obtidas, graças à integração pesquisa e ensino, têm promovido um significativo uso do germoplasma preservado.

Desde o final da década de 80, a Embrapa Semiárido e instituições parceiras (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e Universidade Federal de Viçosa (UFV)), fizeram um esforço para resgatar, multiplicar, preservar e intensificar a utilização do germoplasma de cucurbitáceas. Em consonância com o uso sustentável da biodiversidade e respeito ao meio ambiente. Finalmente, a variabilidade contida no banco de germoplasma alimenta uma estratégia de avanços dos programas de melhoramento de cucurbitáceas para os cultivos em regime de agricultura familiar do Nordeste brasileiro, frente aos impactos ambientais causados pela sociedade moderna.

Buffel

A alimentação dos rebanhos no Semiárido, durante muitos anos, esteve baseada na vegetação nativa da caatinga. Entretanto, nas últimas cinco décadas, tem-se observado um esforço para se produzir a forragem através de plantas cultivadas. Várias gramíneas têm sido avaliadas, ao longo dos anos, para a formação de pastagens no Semiárido, buscando-se, sobretudo, elevada produtividade e persistência, onde se destacam o capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* cv. Planaltina), capim-gramão (*Cynodon dactylon*, (L.) Pers. var. *aridus* cv. Calie), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) e principalmente, capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) (MOREIRA et al., 2007). Esta última espécie tem se destacado pela sua notável adaptação às condições de semiaridez (DANTAS NETO et al., 2000), associando uma rápida germinação e estabelecimento, precocidade na produção de sementes e capacidade de entrar em dormência na época seca (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 1998).

Quando da inauguração da Embrapa Semiárido, e dada a importância da produção animal na região, observou-se a necessidade de se instalar um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de culturas forrageiras como forma de encontrar alternativas para a sazonalidade na produção de forragem, o maior problema enfrentado pela pecuária na região. Duas hipóteses foram colocadas como

justificativas para a necessidade de novas alternativas forrageiras para a região (OLIVEIRA et al., 1998):

1) Existem espécies exóticas, com potencial forrageiro, economicamente viáveis, capazes de se adaptarem ao clima e ao solo da região semiárida do Nordeste do Brasil.

2) A caracterização e avaliação detalhada de germoplasma introduzido, de diversas procedências, aumentam as chances de sucesso na busca de cultivares, ecotipos ou espécies, com potenciais forrageiros, capazes de elevar os padrões produtivos dos rebanhos da região.

Assim, em 1977, foi instalado o Banco Ativo de Germoplasma de espécies forrageiras da Embrapa Semiárido. Inicialmente, os trabalhos se concentraram em espécies nativas destacando-se, entre outras, o mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel), a jureminha (*Desmanthus virgatus* (L.) Willd) e a camaratuba (*Cratylia mollis* Mart. ex. Benth), além das exóticas como a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) e o guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) entre as leguminosas; e o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), capim-rosado (*Rynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb) e capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Daudy), entre as gramíneas, todas exóticas. Algumas espécies dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* foram também avaliadas, porém sem sucesso, sob as condições de sequeiro a que foram submetidas. As gramíneas nativas como *Antephora pubescens* Nees, *Antephora hermaphrodita* Kuntze, *Aristida Setifolia* H.B.K., *Brachiaria Plantaginea* (Link) Hitch, *Eragrostis* sp, *Gymnopogon* sp, *Paspalum* sp, *Pappophorum mucronulatum* Nees e *Setaria globulifera* Steud.) Griseb. foram avaliadas e não demonstraram potenciais forrageiros em termos de produtividade e persistência compatíveis com a melhoria dos padrões técnicos da pecuária regional.

De todas as espécies avaliadas inicialmente, o capim-buffel foi a que apresentou o maior potencial se constituindo na espécie forrageira mais importante para o semiárido nordestino. Segundo Oliveira (1993), o capim-buffel é originário da África, Índia e Indonésia e foi introduzido no Brasil em 1952, no estado de São Paulo, de onde foi trazido para o Nordeste. Após passar por avaliações preliminares nas condições semiáridas, demonstrando possuir várias características consideradas importantes para esta região, como boa capacidade

produtiva, resistência a longos períodos de estiagem e a baixos índices pluviométricos (<100mm anuais), além da capacidade de permanecer no campo, como "feno em pé" por um longo período, sem se decompor, como acontece com as espécies nativas. Com estas avaliações, o BAG de plantas forrageiras da Embrapa Semiárido, assumiu o capim-buffel como espécie referencial, já tendo desenvolvido muitos trabalhos com esta forrageira, tanto sobre caracterização das cultivares e ecótipos, como avaliações agronômicas, visando disponibilizar o máximo de informações para os pecuaristas da região, a exemplo de Oliveira (1993), Oliveira et al (1998), Guimarães Filho et al (1995).

O BAG Buffel é composto por 117 acessos oriundos da própria Embrapa (Gado de Corte, Recursos Genéticos e Biotecnologia), de instituições estrangeiras (Australian Commonwealth Scientific and Research Organization (CSIRO), Indian Agricultural Research Institute (IARI), National Agricultural Research Systems (NARS), Texas A & M University, USA) e de coletas feitas na Paraíba, Pernambuco, Bahia Sergipe e São Paulo. Está instalado em parcelas de 15m² (5m x 3m) com seis fileiras distanciadas de 0,50m cada, no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE, numa altitude de 370m e 10° de Latitude Sul. O solo é classificado como latossolo vermelho-amarelo, fase distrófica, com pH 6,0; fósforo 2 ppm; matéria orgânica 1,0%; potássio 0,64m.e./100 g; cálcio 1,3 m.e./100g; magnésio 0,57 m.e./100 g; alumínio 0,16 m.e./100 g. Os acessos do BAG Buffel têm sido caracterizados na busca de identificar ou até mesmo disponibilizar genótipos de interesse para os produtores. Sabe-se que o melhoramento genético das espécies vegetais constitui um dos fatores principais para incrementar os índices de produção. No caso das espécies forrageiras, também está comprovado que a obtenção de pastagens melhoradas é uma das alternativas utilizadas para aumentar a produtividade dos rebanhos.

Feijão guandu

A grande variabilidade genética existente no germoplasma do guandu possibilitou o desenvolvimento de plantas insensíveis aos efeitos fototermais, precoces e com altura inferior a 1m (LAXMAN et al., 1990). No Brasil, o material genético utilizado nos cultivos é originário do período colonial, apresentando como características principais, plantas de porte elevado,

sensibilidade ao fotoperiodismo e maturação tardia dos grãos. Ao contrário dos genótipos precoces, os ecótipos cultivados no Nordeste brasileiro apresentam grãos e vagens maiores (SANTOS et al., 2000).

Essa espécie é uma das principais leguminosas cultivadas nos trópicos e subtropicais. Apesar de ocupar o sexto lugar no mundo em área e produção de grãos em comparação com outras leguminosas, como o feijão, ervilha e grão de bico, apresenta em relação a essas, maior diversidade de uso (NENÊ; SHEILA, 1990). O guandu tem uma longa história como cultura de subsistência em regiões semiáridas. A sua habilidade em produzir economicamente em solos com déficit hídricos, a torna uma importante cultura para a agricultura dependente de chuva (CHAUHAN, 1990).

Para um programa sistemático de melhoramento vegetal o germoplasma é o material básico e a chave para o sucesso repousa na diversidade genética da cultura (REMANANDAN, 1990). Pela sua habilidade produtiva e boa adaptação às condições semiáridas, a Embrapa Semiárido iniciou os estudos com guandu a partir de introduções de germoplasma provenientes do International Crops Research Institute for the Semi-Arid-Tropics (ICRISAT), na Índia e da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), na América Latina e Caribe e de acessos coletados em diversas áreas produtoras do Nordeste, onde a cultura é plantada em pequena escala.

Na coleta de genótipos de feijão guandu em algumas regiões dos estados de Pernambuco, Bahia e do Ceará adotou-se o critério de formação de amostras aleatórias representativas de uma população, não se efetuando nenhuma amostragem especial para coleta de variações fenotípicas visíveis. Do total de 244 acessos de guandu da Embrapa Semiárido, 182 foram introduzidos de outros países, principalmente da Índia, e 62 foram coletados no Nordeste ou introduzidos de outras regiões do Brasil. Esta coleção poderá ser ampliada com a inclusão de linhagens que poderão ser selecionadas dentro dos cruzamentos efetuados entre alguns materiais introduzidos e coletados.

Os acessos da coleção de germoplasma foram caracterizados e avaliados da seguinte forma:

1. Caracterização preliminar: foram avaliados 121 acessos para 26 descritores

recomendados e pelo International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), atual Bioversity International, entre os quais podem ser citados: ramificação, cor do talo, cor da flor, altura do primeiro ramo, altura da planta, retenção de folhas, peso de 100 sementes, dias para a maturação em regime de sequeiro, comprimento da vagem, número de sementes/vagem e cor principal da semente (SANTOS et al., 2000);

2. Caracterização e avaliação de acessos: realizados três experimentos, consistindo em: I) avaliação de dez acessos provenientes do Caribe e da Índia com diferentes portes, usos e ciclos vegetativos. O acesso Vald 1, usado como padrão nesse experimento, foi coletado no distrito de Massaroca, Juazeiro, BA; II) avaliação de guandu precoce, composto por 18 acessos e III) avaliação de acessos de feijão guandu extra-precoce, composto por 19 acessos. Vale ressaltar que os acessos utilizados nos dois últimos experimentos são procedentes do ICRISAT. As características avaliadas para esses últimos acessos foram: produção de grãos, produção de massa seca ao sol, período do plantio à primeira colheita de grãos, altura da planta, peso de 100 grãos, comprimento da vagem, número médio de sementes/vagem e cor da semente. A produção de grãos foi resultado de três colheitas sucessivas realizadas até o mês de setembro, enquanto a massa seca resultou de mensurações dos ramos com diâmetro inferior a 1,5 cm. Em amostras de controle, observou-se que a massa seca em estufa a 106°C correspondeu a, aproximadamente, 92% da massa seca ao sol (SANTOS et al., 1999, 2001).

Os trabalhos de recursos genéticos e melhoramento vegetal resultaram na recomendação de duas cultivares de guandu para o sertão pernambucano:

1. Guandu Taipeiro - De origem indiana, foi introduzido no Brasil com o nome de D1 Type e avaliado nos anos de 1992 a 1994, em Petrolina, PE. É uma planta arbustiva, com altura normalmente inferior a 1m, podendo atingir 1,5m sob condições edafoclimáticas e de manejo favoráveis. As vagens têm comprimento médio de 4,5cm, são achatadas lateralmente e contêm de três a quatro sementes cada. As sementes são de cor cinza-claro e formato arredondado, com número médio de 15.000 sementes por kg. Apresenta talos verdes, folhas constituídas de três folíolos ovais alongados e recobertos por uma pubescência aveludada. Possui boa previsibilidade produtiva, ramos finos e

grande retenção de folhas no mês de setembro, que é um mês caracterizado por intensa seca.

2. Guandu Petrolina - foi obtido após três ciclos de seleção massal, numa mistura de grãos de cores branca e marrom do acesso UW 10, enviado pelo Escritório Regional da FAO para a América Latina e o Caribe, em 1988. A mistura varietal do UW 10 foi selecionada para cor branca do grão, precocidade e menor susceptibilidade ao caruncho, nas condições de cultivo de Petrolina, PE. Foi avaliado nos anos de 1992 a 1994, em experimento de competição, em Petrolina, PE. Essa variedade é do tipo anão, de crescimento determinado, de menor sensibilidade ao comprimento do dia, com vagens em cachos no final dos ramos, o que facilita a sua colheita manual. A cor externa das pétalas é roxa, sendo as pétalas internas (asas) de cor amarela. A cor do talo é esverdeada. A altura média dessa variedade é de 64 cm, com altura do primeiro ramo a 5 cm do solo, sendo os ramos dispostos numa posição semi-estendida. A vagem apresenta 6,2 cm de comprimento, bastante superior ao comprimento da vagem do material cultivado pelos agricultores nordestinos, possuindo, em média, cinco sementes de cor branca. O peso de 100 sementes é de 10,9g.

Foram realizados, ainda, cruzamentos dirigidos para desenvolvimento de novas populações de guandu, buscando genótipos mais produtivos e mais adaptados às condições do sertão pernambucano: 1. Genótipos forrageiros: cruzamentos em esquema dialélico entre D2 Type, D1 Type, D3 Type, Vald.2 e ICP 7035. As populações foram conduzidas até a geração F₃; 2. Guandu granífero: cruzamento em esquema dialélico entre ICP 7623, ICPL 90045, ICPL 90053, ICPL 89020, ICPL 89027, UW 10, D2 Type e D3 Type. Essas populações foram também conduzidas até a geração F₃.

No geral, os resultados dos genótipos graníferos, forrageiros e de produção mista destacaram o potencial do guandu para as condições de semiaridez do sertão pernambucano e a possibilidade de inclusão dessa leguminosa em sistemas diversificados de exploração agropecuária das pequenas e médias propriedades. Para a produção de massa seca, o guandu forrageiro apresenta a vantagem de produzir nos primeiros seis meses do ano e em períodos de aguda escassez de forragem, quando comparado a outras leguminosas, como a *Leucena*. Já o guandu granífero, ou de aptidão mista, deveria ser considerado

para as pequenas propriedades, pois possibilita a colheita de grãos em períodos críticos do ano, em que outras leguminosas já completaram o seu ciclo e não têm mais a capacidade de produzir grãos (SANTOS et al., 2001).

Torna-se necessário, entretanto, que os programas das instituições de pesquisa e ensino do semiárido brasileiro, notadamente de melhoramento vegetal, passem a considerar o desenvolvimento de genótipos mais adaptados às condições da região. Pesquisas que abordem essas questões deveriam ser enfatizadas e reiniciadas, pois o guandu apresenta variabilidade e potencial genético.

Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) constitui cultura chave para convivência com o semiárido nordestino. A variabilidade genética desta espécie tem sido promissora nos estudos envolvendo viabilidade das diferentes formas de uso da planta, sejam das raízes ou da parte aérea.

A Embrapa Semiárido, identificando grande potencial nessa diversidade para a região, implantou em fevereiro de 1995, um Banco Ativo de Germoplasma de Mandioca (BAG de Mandioca), localizado na Estação Experimental de Bebedouro, Petrolina, PE, sendo constituído, naquela época, por 64 acessos (SILVA et al., 2006) (Figura 1). Hoje, quinze anos após sua implantação, o BAG de Mandioca possui mais de 550 acessos, sendo que 430 foram inseridos na plataforma de recursos genéticos da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e algumas de suas informações de passaporte encontram-se disponibilizados para consulta. Os acessos não inseridos na Plataforma ainda não foram caracterizados morfológicamente ou são duplicados, porém são mantidos em campo para trabalhos futuros. Ainda são realizadas coletas para introdução de novos acessos objetivando representatividade de genes ainda encontrados no BAG. As coletas feitas para a constituição do BAG ocorreram em diversas regiões, cujas altitudes variaram de 0 a 854m acima do nível do mar. As latitudes onde foram coletadas as amostras variaram de 01° 27' 21" até 29° 35' 12" e as longitudes de 35° 13' 58" até 51° 22' 32". O BAG de Mandioca do Semiárido é renovado anualmente, sendo mantido em campo sob irrigação localizada e os genótipos mais promissores para a região são multiplicados para fins de experimentação.



Figura 1. Banco Ativo de Germoplasma de Mandioca do Semiárido brasileiro, Petrolina, PE.

Atualmente, tem sido dada prioridade para a caracterização agrônômica das plantas, visando a seleção dos acessos promissores para o uso como alimentação humana, animal (forragem) e processamento. Nestas caracterizações são avaliadas o peso de parte aérea, da raiz, o tempo de cozimento, precocidade, teor de amido nas raízes e fatores anti-nutricionais, como presença de HCN. Com as caracterizações podem-se conduzir pesquisas de campo, com melhoramento, convencional ou participativo. Nesse sentido, algumas variedades tem se destacado em produtividade em áreas dependentes de chuva como a Engana Ladrão (TSA 1) e Brasília (TSA 128) (SILVA, A. et al., 2009). Estas variedades encontram-se bem disseminadas na região, sendo a Engana Ladrão possuidora de alto teor de HCN (brava) e a Brasília com baixo HCN (mansa). As duas têm sido consideradas importantes, tanto do ponto de vista de material forrageiro, como para consumo humano (Brasília) nas áreas dependentes de chuva.

No intuito de incentivar os agricultores a resgatar algumas práticas importantes para a sustentabilidade ambiental, identificando não apenas genótipos mais produtivos, mas também que tenham maior eficiência de uso do solo e da água, foram avaliadas diferentes variedades em sistema produtivo com um desenho próximo aos sistemas de base agroecológica. Verificou-se nestes sistemas genótipos com boa adaptação aos sistemas de base agroecológica, alcançando índices de produtividade de raízes até 50% superiores às médias regionais, que não passam de 13 mil kg/ha (SILVA, A, et al., 2009a, ALVES et al., 2007).

O trabalho participativo com a mandioca tem proporcionado aos produtores alcançarem autonomia suficiente para definição das melhores formas de

utilização da planta inteira, seja na alimentação humana ou animal, evitando as intempéries climáticas e as leis do mercado inerentes ao contexto semiárido.

Atualmente, a comercialização da farinha de mandioca tem se mantido como uma das alternativas rentáveis para o Semiárido, participando inclusive de programas governamentais de compra direta de alimentos, favorecendo o escoamento da produção com preço mínimo garantido ao produtor. Apesar disso, alternativas de processamento das raízes e da parte aérea da planta, têm sido viáveis na diversificação do processamento e da comercialização da mandioca, tornando o produtor mais independente de um mercado restritivo regional. Este aspecto assegura mais ainda a mandioca como cultura valorizada para o Semiárido, pois, além de ser tolerante a déficit hídrico e possuir uma gama de variedades disponíveis para os sistemas mais diversos de produção, a infinidade de usos a mantém como um componente imprescindível num sistema de produção sustentável de base familiar e agroecológica predominante no Semiárido.

O passo seguinte aos trabalhos realizados no BAG de mandioca ser alcançado pela pesquisa é a avaliação aprofundada de genótipos para diferentes usos (processamento de farinha, alimentação humana e animal) pelos agricultores no Semiárido nordestino.

Manga

A mangueira é considerada uma das mais importantes espécies frutíferas tropicais, produzindo frutos que apresentam excelente qualidade e são, geralmente, muito apreciados. Principalmente em decorrência da elevada plasticidade fenotípica constatada, conferindo-lhe ampla facilidade de adaptação aos diversos ambientes nos quais é introduzida, a mangueira se dispersou por todos os continentes, sendo cultivada, atualmente, em vários países de climas tropical e subtropical (PINTO et al., 2002a).

Domesticada há milhares de anos, a mangueira, originária do continente asiático, foi introduzida no continente americano, provavelmente, durante a colonização portuguesa e espanhola. O processo de introdução de genótipos no território brasileiro, entretanto, prosseguiu no século passado, quando variedades desenvolvidas no exterior foram adicionadas às coleções nacionais.

Considerando-se a crescente e extraordinária relevância da cultura da mangueira, os trabalhos de caracterização dos acessos conservados nas coleções mantidas por instituições nacionais, incluindo aqueles presentes no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido, adquirem extrema importância (PINTO et al., 2002a, 2002b).

A mangicultura desenvolvida nas propriedades localizadas no Submédio do Vale do São Francisco, área do bioma semiárido, destaca-se no cenário nacional. Entre 2005 e 2007, a referida região, na área estimada de 21 mil hectares, foi responsável por mais de 90% das exportações brasileiras de mangas, ultrapassando o contingente de 100 mil toneladas e proporcionando à nação 80 milhões de dólares. Em 2008, os elevados patamares associados às exportações foram mantidos, observando-se a remessa de mais de 130 mil toneladas, especialmente para a Europa e os Estados Unidos, propiciando ao país uma receita superior a 118 milhões de dólares. Verifica-se, entretanto, que a produção anual do Vale do São Francisco, estimada em, aproximadamente, 400 mil toneladas, supera consideravelmente o montante exportado, possibilitando, assim, o abastecimento do consumo interno. Observando-se que os pomares recentemente implantados ainda não ingressaram nas estatísticas publicadas conclui-se, naturalmente, que a produção da região deverá superar os atuais patamares (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2008, 2009).

O Banco Ativo de Germoplasma de Manga da Embrapa Semiárido, localizado na Estação Experimental de Mandacaru, Juazeiro, BA, mantém 150 acessos, sendo provavelmente a maior coleção brasileira da espécie. Atualmente, a variabilidade genética da espécie mantida no Semiárido brasileiro compreende tanto mangueiras encontradas no território nacional, denominadas crioulas, como mangueiras introduzidas de outros países, tais como Estados Unidos, México, Israel, Índia, Tailândia, África do Sul, Austrália e Filipinas.

Os acessos do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido são provenientes da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizada em Cruz das Almas, BA, da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF e da Embrapa Meio-Norte, localizada em Teresina, PI. Deve-se destacar que os acessos nacionais oriundos da Embrapa Cerrados são híbridos desenvolvidos

pela própria instituição, que estão sendo avaliados em diferentes ambientes do território brasileiro para verificar o potencial produtivo. Alguns outros acessos, especificamente os mais recentes, foram introduzidos diretamente do Instituto Agrônomo de Campinas, em Campinas, SP, por meio da doação de acessos, enquanto os demais foram coletados em propriedades agrícolas da região ou cedidos tanto por colecionadores particulares como por pesquisadores de outras instituições. Como o trabalho de enriquecimento do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido é contínuo, concentrando o material biológico necessário ao projeto de melhoramento genético da mangueira desenvolvido pela instituição, pelo menos cinco novas introduções estão previstas para os próximos meses, as quais consistem em híbridos desenvolvidos pela Embrapa Cerrados. Por último, deve-se ressaltar que dos acessos conservados pela Embrapa Semiárido, três representam outras espécies, ao passo que todos os demais são integrantes da espécie *Mangifera indica* L.

As características mais importantes e relevantes dos acessos e que, portanto, são descritas nos trabalhos de caracterização conduzidos pela instituição estão relacionadas ao hábito de crescimento, ao porte, à folha completamente desenvolvida, à inflorescência, à precocidade, à embrionia das sementes, à resistência às principais doenças detectadas no Submédio do Vale do São Francisco, à resistência às moscas das frutas e aos frutos, compreendendo, pois, o peso, o diâmetro longitudinal, o diâmetro transversal, a consistência da polpa, a coloração da polpa, a coloração da casca, o teor de fibras, o teor de sólidos solúveis totais, o teor de açúcares solúveis totais, o teor de açúcares redutores, o teor de amido, o teor de carotenóides totais, o teor de vitamina C, a acidez total titulável e o número de dias necessários, a partir do estágio de maturidade fisiológica, ao completo amadurecimento.

Os trabalhos de caracterização dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido estão sendo realizados com a finalidade de conhecer o potencial apresentado por cada genótipo, tanto para a recomendação imediata, como uma variedade para os mangicultores, como, também, para o aproveitamento no programa de hibridações desenvolvido pela instituição, possibilitando a ampliação da exploração da cultura no Semiárido brasileiro.

Com o processo de descrição dos genótipos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Manga da Embrapa Semiárido, muitos acessos com

características favoráveis já foram identificados e serão aproveitados futuramente no programa de hibridações da instituição (COSTA et al., 2008; RIBEIRO et al., 2008; SANTOS; LIMA NETO, 2008; SANTOS et al., 2008, 2009; SILVA, R. et al., 2009). Entretanto, as atividades relacionadas à caracterização continuarão nos próximos anos, dando prosseguimento à caracterização morfológica e química que já foi praticamente concluída em quase 120 e 75 acessos, respectivamente. A conclusão do referido processo de caracterização e documentação dos acessos, certamente, possibilitará um aproveitamento futuro ainda mais consistente da cultura da mangueira no Submédio do Vale do São Francisco e em todo o bioma semiárido.

Maracujá do Mato

A família Passifloraceae compreende cerca de 19 gêneros e 530 espécies, com distribuição tropical e subtropical, particularmente da América e África. Desses gêneros, cinco ocorrem no Neotrópico abrangendo quase 400 espécies e quatro gêneros no Brasil, com cerca de 130 espécies (BERNACCI et al., 2003). Por tradição os cultivos comerciais em quase todo o país basicamente são realizados com o maracujá amarelo ou azedo (MELETTI et al., 2005). O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial desse maracujá e a região Nordeste do Brasil é a principal produtora, responsável por 44% da produção, com uma área cultivada de 17.306 ha e cerca de 214.467 t anuais, destacando-se os estados da Bahia, Ceará e Sergipe como os maiores produtores (AGRIANUAL, 2006)

Embora as pesquisas com maracujazeiros estejam amplamente dirigidas às espécies cultivadas e, principalmente, a *Passiflora edulis*, f. *flavicarpa* Deg, existem várias espécies silvestres de maracujazeiros com potencial agrônomo, que não têm recebido atenção da pesquisa. Por exemplo, o maracujá do mato, espécie de ocorrência espontânea na região semiárida do Nordeste brasileiro, que, além do potencial de uso em programas de melhoramento vegetal, apresenta potencial econômico para agricultura familiar.

Considerando que as espécies silvestres são mantidas na natureza pela seleção natural, é provável que as mesmas tenham genes úteis para o melhoramento do maracujazeiro cultivado, principalmente para estresses bióticos e abióticos. Para tanto, a coleta, a conservação e a caracterização destas espécies silvestres são essenciais para inserir caracteres de importância econômica e/ou alimentar aos

programas de melhoramento genético das espécies de *Passiflora* com valor comercial.

Com a finalidade de avaliar a variabilidade morfoagronômica de *Passiflora cincinnata* Mast., distribuída em diferentes regiões agroecológicas do Nordeste brasileiro, Araújo et al. (2008), coletaram 53 acessos de maracujá do mato em 34 municípios dos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Piauí, em 18 Unidades Geoambientais do Zoneamento Agroecológico do Nordeste.

Esta coleta permitiu a implantação de um Banco Ativo de Germoplasma de Maracujá do mato com 32 acessos conservados “in vivo” e “in vitro” na Embrapa Semiárido em Petrolina, PE. Outras espécies de ocorrência no semiárido foram coletadas e serão incorporadas ao Banco de germoplasma, a exemplo de dois acessos *P. luetzelburgii*, um acesso de *P. laurifolia*, quatro acessos de *P. setacea* e um acesso de *P. edulis* na sua forma silvestre. As coletas e a conservação contribuirão para a redução da perda de diversidade genética na região, além de disponibilizar um banco de genes para a realização de estudos sobre resistência a doenças limitantes dessa espécie.

Palma forrageira

Embora as temperaturas diurna e noturna ideais para a palma forrageira sejam 25 °C e 15 °C, respectivamente (NOBEL, 1995), esta cactácea encontrou no agreste do semiárido brasileiro (SAB), algumas boas condições que permitiram a sua expansão, ocupando hoje 500 mil ha (SANTOS; ALBUQUERQUE, 2001). No agreste, três tipos de palma são cultivados: a palma gigante e palma redonda, ambas *Opuntia ficus-indica* Mill., e palma doce (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). Contudo, no sertão, apenas *O. ficus-indica* é cultivada (SANTOS; ALBUQUERQUE, 2001). Esta zona é provavelmente, no mundo, uma das mais inóspitas para cultivo da palma, devido a alguns problemas como solos pobres, temperatura mínima alta (acima de 20,5 °C) e o período chuvoso caindo nos meses mais quentes. No agreste, com temperatura mínima de 18 °C e chuvas nos meses mais frios, o desempenho da palma é bem maior. Nas últimas décadas, surgiu outro problema, a cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti* Bouché).

A grande vantagem da palma para o Semiárido brasileiro está no fato dela poder ser armazenada “in vivo” no campo, sem perda do valor nutritivo, tornando-se assim uma grande segurança contra as secas prolongadas. Mas, ela também apresenta pontos de estrangulamentos, como a necessidade da adubação orgânica, as capinas e o transporte para o cocho.

Com base no exposto acima, a Embrapa Semiárido tem feito introduções de acessos de outros países, tais como da África do Sul em 1982, e dos EUA em 1989, visando à identificação de acessos adaptados às condições climáticas do Semiárido, bem como aqueles com características apropriadas para o seu cultivo e mecanização.

Os acessos foram mantidos no BAG e posteriormente comparados em três experimentos com o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico dos mesmos. No primeiro experimento, 30 acessos foram avaliados sob uma densidade de 7.150 plantas/ha. Após a detecção de um ataque da cochonilha de escama, fez-se uma avaliação visual e, em seguida, fez-se um teste com vários produtos, inclusive com o tratamento recomendado por Longo e Rapisarda (1995), qual seja, óleo mineral junto com um inseticida organo-fosforado. Os resultados foram prejudicados pelo alto coeficiente de variação. O corte dado em janeiro de 1998 foi logo seguido por uma grande seca entre os anos de 1998 e 1999. No sertão, havendo uma seca após o corte, pode ocorrer uma grande mortalidade, como já foi observado em propriedades da região. Os resultados mais importantes destacaram 14 acessos como mais promissores (Tabela 2) e podem assim ser relatados: (I) Vários acessos superaram a palma gigante, embora não significativamente; (II) Alta manutenção do estande do acesso 1267-Algerian fodder, indicando que o mesmo é muito resistente às condições climáticas do sertão de Pernambuco e, provavelmente, muito apropriado para outras zonas do semiárido brasileiro, como é o caso do Seridó (RN), região, onde a palma não apresentou até então boa adaptação. Este acesso seria muito indicado para cruzamentos, pois o seu uso direto como forragem ainda necessita de avaliações adicionais, devido a presença de espinhos; (III) Todos os produtos controlaram a cochonilha e o produto mais indicado inicialmente é o sal comum em, no mínimo, três aplicações espaçadas de 10 dias (1,5 kg/20 litros), por ser o mais barato.

Tabela 2¹. Avaliação de trinta acessos de palma forrageira para os descritores conteúdo de matéria seca (MS), replantio, estande após seis anos, ataque da cochonilha de escama, em três anos de avaliação (dezembro de 1994 a janeiro de 1998). Petrolina, PE.

Acessos	MS ⁶ (t/ha/ano)	MS (%)	Replântio (Ago./1996) (%)	Ataque da cochonilha (0 - 10) ³	Estande ⁵ (Fev./2001) (%)
1317-Chile fruit ²	6,07 a	11,2	53,7	1,50	21,2
1327-Marmillon Fodder ²	4,18 ab	11,5	30,0	2,00	17,5
1267-Algeria Fodder ²	4,14 ab	11,4	12,5	0,50	91,2
1294-Mexico vegetable ²	4,02 ab	10,3	35,0	4,25	6,2
1278-Mexico Fodder ²	4,02 ab	12,2	16,2	7,00	18,7
1258-Additional cv. ²	3,92 ab	11,8	31,2	3,75	40,0
1311-Marmillon Fodder ²	3,70 ab	11,2	46,2	1,50	25,7
Agiriam - África do Sul)	3,65 abc	9,8	27,5	2,00	23,7
IPA Clone-20 (IPA/PE)	3,55 abcd	10,3	28,7	2,50	27,5
IPA Clone-19 (IPA/PE)	3,37 abcd	10,8	31,2	2,75	20,0
1316-Chile fruit ²	2,90 bcd	9,5	27,5	2,50	55,0
Palma gigante (local)	2,85 bcd	10,6	36,2	7,00	10,0
Média parcial (12 acessos)	3,86	10,9	31,4	3,10	29,7
Palma doce (local)	1,80 bcd	11,8	83,7	n.a. ⁴	7,5
Palma redonda (local)	1,73 bcd	10,9	47,5	6,00	2,5
Média Geral (14 acessos)	2,46 1,86	10,4	38,7	3,31	24,0

¹ Albuquerque e Santos (2006); ² Procedente do Texas (EUA); ³ 0 = sem ataque e 10 = ataque máximo; ⁴ Não avaliada; ⁵ Avaliação de estande feita três anos após colheita. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (P<0.05) pelo teste Duncan.

No segundo experimento, 20 acessos foram avaliados sob uma densidade de 20.000 plantas/ha, mas em parcelas de apenas uma fila de cada acesso (3,5 m²/parcela), sendo as oito variedades de maior produção do estudo anterior, as três localidades e nove provenientes do IPA (Figura 2). Os resultados mais importantes referem-se a sete acessos promissores (Tabela 3). A Palma gigante foi novamente superada por seis acessos, embora não significativamente, e o acesso 1267 destacou-se por apresentar produtividade superior à obtida em Palma

gigante (Tabela 3). Outros resultados importantes referem-se à maior altura e menor diâmetro transversal das variedades 1278 e 1311 (Tabela 3), consideradas características muito apropriadas para os sistemas de cultivo da região, quais sejam, maior crescimento vertical, e menor diâmetro transversal, parâmetros ideais para consórcio com culturas anuais, e na mecanização das operações de capinas e de distribuição de esterco e no transporte da palma para o cocho. Sistema de consórcio já havia sido estudado anteriormente por Albuquerque e Rao (1997).



Figura 2. Visão geral do Banco de com acessos procedentes de vários países e do programa de melhoramento genético do IPA.

Tabela 3¹. Avaliação agrônômica e morfológica de acessos de palma forrageira (produção, altura, diâmetro da planta e número de raquetes em 20 acessos) durante quatro anos de avaliação (2000-2004). Petrolina, PE.

Tratamentos (Acessos)	Prod. MS (t/ha/ano) (Duncan; P<0,05)	Altura da planta (m)	Diâmetro da planta (m)		Raquetes 1 ^a ordem	Raquetes 2 ^a ordem
			Longitudinal	Transversal	(n ^o /planta)	
1258-Additional cv.	10,45 a	1,500	1,208	0,957	3,19	6,05
IPA-90-73 ²	9,16 ab	1,528	1,079	1,161	2,82	5,34
1278-México F...	8,71 abc	1,677	1,122	0,882	3,65	6,83
IPA-Clone 20	8,24 abcd	1,463	1,013	1,091	3,19	6,02
IPA-90-155 ²	7,94 abcd	1,498	1,092	1,054	2,55	5,52
1311-Marmillon F...	7,59 abcd	1,639	0,938	0,781	3,21	6,40
.....
Palma gigante (local)	5,65 abcd	1,428	1,048	1,055	2,25	4,50

¹ Albuquerque e Santos (2006), exceto as duas últimas colunas; ² Procedente do IPA

No terceiro experimento, seis acessos foram testados em parcelas maiores (16 m²), sob densidade de 20.000 plantas/ha, havendo entre elas duas procedentes de Chapingo (México). Diferentemente dos outros trabalhos, a palma gigante foi a mais produtiva (Tabela 4), sendo seguida pela COPENA-F1 e IPA Clone-20. COPENA-F1 mostrou as mesmas características agrônômicas dos acessos 1278 e 1311. Como uma variedade melhorada na Universidade de Chapingo, vários estudos já foram conduzidos. Nos resultados de Vasquez et al. (1999), o teor de fibra em detergente ácido (ADF) foi o mais alto. Isto é uma indicação de alto teor de fibra que poderia resolver o problema da diarreia que a palma causa, quando fornecida como único volumoso, um problema já estudado no início do século passado nos EUA por Woodward et al. (1915).

Tabela 4¹. Produção, teor de matéria seca (MS), estande final, altura e diâmetro da planta, de seis variedades de palma aos quatro anos (2000-2004). Petrolina, PE.

Tratamentos (acessos)	Prod. MS (t/ha/ano) (Duncan; P<0.05)	MS (%)	Estande final (%)	Altura (m)	Diâmetro (m)	
					Longitudinal	Transversal
Palma gigante	10,81 a ¹	10,51	88,92	1,54	1,09	1,08
COPENA-F1 ²	7,70 a	9,93	69,42	1,73	1,08	0,90
IPA Clone-20	7,39 a	10,04	83,33	1,38	1,11	0,99
Palma redonda	6,79 ab	8,57	72,25	1,07	1,07	0,98
COPENA-V1 ²	3,14 bc	9,57	41,67	1,28	0,91	0,76
Palma doce	2,57 c	10,56	33,33	1,06	1,07	0,99
Média	6,40±2,13	9,86	64,62	1,34	1,05	0,95

¹Albuquerque e Santos (2006); ² Procedentes do México.

Dos três estudos de comparação entre acessos de palma, em dois deles outras variedades superaram a palma gigante embora não significativamente, e algumas se mostraram tolerantes à cochonilha de escama. Um acesso, denominado 1267 - Algeria Fodder, chama a atenção pela alta tolerância às condições edafoclimáticas sertão de Pernambuco, com manutenção do estande acima de 90%, mesmo depois da grande seca de 1998-99. Esta variedade deve ser aproveitada para cruzamentos, visando-se principalmente a obtenção de híbridos adaptados às zonas do Nordeste onde não se cultiva palma, à exemplo do Seridó (RN).

Três outras variedades se destacaram com características agronômicas apropriadas para consórcio e mecanização, como maior crescimento vertical e menor crescimento lateral, como decorrência de suas raquetes mais compridas e mais estreitas. Estas variedades foram a 1278 - México Fodder, 1311, Marmillon Fodder e COPENA-F1. Estes acessos devem ser testados em propriedades sob difusão controlada, como unidades de observação.

Síntese: E com relação as outras atividades de manejo ? Por favor, veja comentários já colocados para as outras espécies?

Psidium

A família Myrtaceae compreende aproximadamente 130 gêneros e 3000 espécies de árvores, arbustos, distribuídos principalmente nos trópicos e subtropicais (WATSON; DALLWITZ, 1992). O gênero *Psidium* dessa família inclui aproximadamente 150 espécies, com destaque para a goiabeira e espécies de araçazeiros (JAISWAL; JAISWAL, 2005). A goiabeira, *P. guajava*, é nativa do norte da América do Sul e amplamente distribuída nas regiões da América (RISTERUCCI et al., 2005), enquanto araçazeiro é um termo geralmente usado para espécies de *Psidium* de ocorrência espontânea por todo o Brasil (RASEIRA; RASEIRA, 1996). Apesar da sua importância, as espécies do gênero *Psidium* não estão bem representadas e documentadas nas poucas coleções de germoplasma existentes no Brasil, sendo que recente levantamento identificou que as coleções de germoplasma de *Psidium* somavam 310 acessos de goiabeira e 174 acessos de araçazeiros, representando pouca variabilidade dessas espécies (SANTOS et al., 2008a).

A coleção de *Psidium* da Embrapa Semiárido foi estabelecida em 2007 e 2008, com 118 acessos de goiabeira e 40 de araçazeiros, coletados em 35 regiões ecogeográficas de dez estados brasileiros definidas com base no Zoneamento Agroecológico do Nordeste e em mapas de vegetações do Brasil. Os acessos foram multiplicados por sementes, sendo cada acesso representado por seis indivíduos, no espaçamento de 4 m x 4 m, em Petrolina, PE (SANTOS et al., 2008a). Os acessos coletados por estado brasileiro apresentam a seguinte distribuição: Maranhão (25 de goiabeira e um de araçazeiro), Piauí (três de goiabeira e um de araçazeiro), Sergipe (12 de goiabeira e dois de araçazeiro), Bahia (10 de goiabeira e sete de araçazeiro), Pernambuco (nove de goiabeira e quatro de araçazeiro), Rio Grande do Sul (cinco de goiabeira e cinco de araçazeiro), Rondônia (15 de goiabeira e cinco de araçazeiro), Roraima (sete de goiabeira e quatro de araçazeiro), Goiás (17 de goiabeira e sete de araçazeiro) e Amazonas (15 de goiabeira e quatro de araçazeiro) (SANTOS et al., 2008).

Os acessos foram amostrados em áreas rurais pouco desenvolvidas para diminuir a chance da coleta de genótipos 'modernos', desenvolvidos em outras regiões. Além da conservação a campo, amostras de sementes de cada acesso foram coletadas e armazenadas em câmara fria para o re-establishimento da coleção, pois a goiabeira sofre de intenso ataque do nematóide *Meloidogyne mayaguensis* na região, bem como para intercâmbio com outras instituições de pesquisa.

Apesar de o Brasil ser considerado como área de diversidade da goiabeira, na coleta dos acessos da coleção de goiabeira da Embrapa Semiárido não foram encontradas plantas de ocorrência natural, estando à goiabeira sempre associada com a presença humana, vegetando em fundo de quintal, às margens de rodovias, antigas residências, entre outras. Essa constatação pode sugerir que as populações originais foram dizimadas ou que a área de diversidade propriamente assumida não foi prospectada na formação do BAG de *Psidium* da Embrapa Semiárido.

Santos et al. (2008) caracterizaram morfológicamente 118 acessos de goiabeira e 40 acessos de araçazeiros dessa coleção por meio da utilização de 40 descritores UPOV observando que: (I) A maioria dos acessos de araçazeiros apresentou espaços largos entre nervuras, contrastando com os acessos de goiabeira que

apresentaram de médio a estreitos; (II) Os frutos de araçazeiros foram classificados como pequenos, enquanto os frutos de goiabeira foram classificados com médios ou grandes e (III) As cores predominantes nos frutos de araçazeiros foram creme e branca, enquanto os frutos de goiabeira apresentaram cores de rosa claro a rosa escuro. Os autores concluíram que as diferenças entre frutos de araçazeiro e goiabeira foram os caracteres mais alterados pela seleção artificial na goiabeira.

Parte da coleção foi caracterizada molecularmente por meio da utilização de dez marcadores microssatélites (mPgCIR227, mPgCIR242, mPgCIR246, mPgCIR247, mPgCIR249, mPgCIR251, mPgCIR252, mPgCIR255, mPgCIR256 e mPgCIR257) com os seguintes resultados preliminares: (I) Sessenta e sete alelos foram anotados nos dez marcadores microssatélites; (II) Grupos de goiabeiras foram formados para os estados de Goiás, Roraima e Rondônia (Figura 3), sugerindo que a amostragem por estados e regiões geográficas, adotada para formação da coleção, foi eficiente para amostrar a variabilidade da goiabeira; (III) Um grupo de acessos de goiabeira, independentemente do estado de origem, indicou que as mesmas foram dispersas livremente de um lugar para outro entre os estados brasileiros avaliados (exceto Goiás, Roraima e Rondônia) (OLIVEIRA et al., 2009).

Correa et al. (2009a), avaliando 70 acessos da coleção, encontraram valores de proteínas próximos entre os acessos (de 0,23% a 0,88%), variações nos teores de açúcares totais de 5,5% a 14% da matéria fresca, sólidos solúveis variando de 8 °Brix a 16 °Brix e acidez titulável de 0,32% a 1,5% ácido cítrico. Nesses mesmos acessos, Correa et al. (2009b) encontraram valores de vitamina C variando de 44 mg/100 g a 408 mg/100 g de matéria fresca.

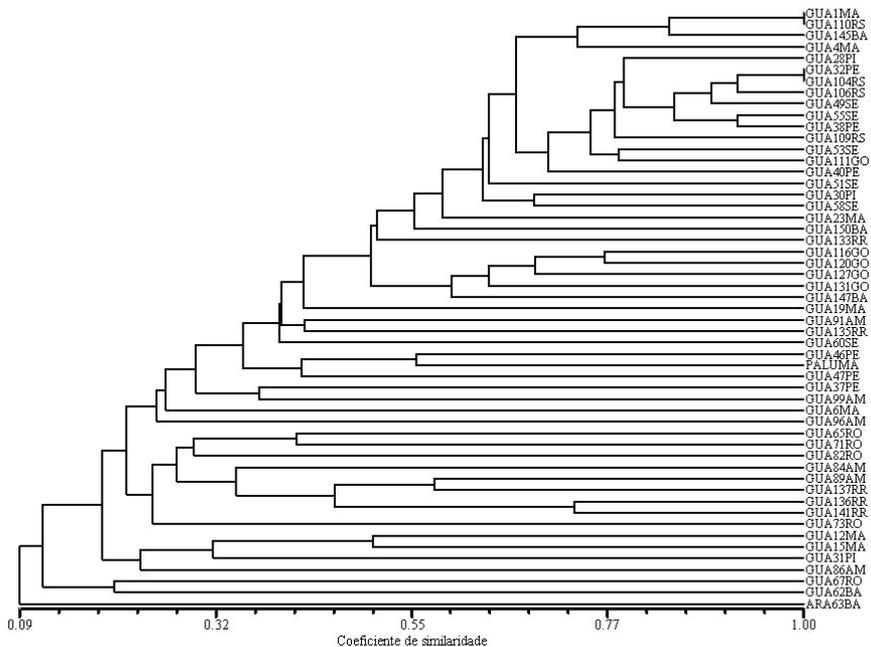


Figura 3. Dendrograma da dissimilaridade genética entre 54 acessos de *Psidium*, coletados em dez estados brasileiros, obtido pelo método UPGMA, utilizando o coeficiente de Jaccard, analisados com 67 alelos de dez marcadores microssatélites. Valor co-fenético = 0,86.

Videira

O Banco de Germoplasma de Videira da Embrapa Semiárido é o único presente na região Nordeste do país, em condições semiáridas, constituindo um recurso estratégico para a sustentabilidade da vitivinicultura tropical.

Em 1965, foi implantada pela Superintendência (SUDENE), no Campo Experimental de Mandacaru, Juazeiro, BA, uma pequena coleção constituída por acessos coletados na região Nordeste, e posteriormente, em 1968, a coleção foi ampliada com acessos procedentes da FAO, Itália e do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), São Paulo. A partir de 1979, já sob a responsabilidade da Embrapa Semiárido, esta coleção foi ampliada com acessos para vinho e passa (ALBUQUERQUE et al., 1988). A origem da maioria dos acessos introduzidos a partir da década de 90 foi o Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Uva e

Vinho, destacando-se em 1996, a formação de uma coleção de trabalho para melhoramento genético cujos genótipos foram incorporados ao Banco de Germoplasma e incluíam muitos híbridos interespecíficos e espécies silvestres americanas que constituem fontes de resistência para as principais doenças da videira.

Atualmente, o Banco é composto por 227 acessos dos quais 53,7% correspondem a acessos de uvas de mesa e passa; 30% de uvas para vinho e suco; 7,5% têm origem desconhecida; 5,3% são porta-enxertos e 3,5% são espécies americanas silvestres. Em relação à classificação botânica, eles incluem 134 acessos de *Vitis vinifera* L.; quatro de *Vitis labrusca* L.; 64 acessos híbridos interespecíficos e oito acessos de espécies americanas de *Vitis* (*Vitis rupestris*, *Vitis riparia*, *Vitis champinni*, *Vitis cinerea*, *Vitis gigas* Fennel, *Vitis candicans* Engelmann, *Vitis doaniana* Munson, *Vitis shurtleworthi* House), além de 17 acessos sem dados de passaporte. Portanto, 59% dos acessos, pertencem a espécie *Vitis vinifera* L., sendo os híbridos interespecíficos, o segundo grupo com maior número de acessos (28,2%).

O Banco de Germoplasma de *Vitis* spp. da Embrapa Semiárido está localizado no Campo Experimental de Mandacaru, Juazeiro-BA, cujas coordenadas geográficas são 9°24"S, 40°26"O e 365,5m de altitude. As plantas estão conduzidas em espaldeira com três fios de arame, irrigação localizada por gotejamento e espaçamento de 3m x 2m (Figura 4). Cada acesso é composto por quatro plantas que estão conduzidas em cordão bilateral, realizando-se duas podas anuais alternadas em podas curtas, que consistem em esporões com duas gemas e podas longas onde são mantidas ramos (varas) com seis a oito gemas.

A caracterização morfoagronômica está baseada em uma lista mínima de descritores quantitativos e qualitativos, recomendados pelo IPGRI (1997), que inclui a duração das principais fases fenológicas, produção, número de cachos, características dos cachos (massa, comprimento, largura, formato e compacidade), características das bagas (massa, comprimento, diâmetro, formato, cor, sabor, consistência da polpa, desgrane e presença de sementes), teor de sólidos solúveis totais e acidez total titulável. Outra característica avaliada e de grande importância para o melhoramento é o comportamento em relação às principais doenças que afetam a cultura nesta região.

Desde a década de 1980 foram iniciados os trabalhos de avaliação morfoagronômica dos acessos, destacando-se aqueles com características desejáveis para serem recomendados para o cultivo comercial ou utilizados pelos programas de melhoramento (ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 1982, 1999; LEÃO et al., 2005a, 2005b). Borges et al. (2008) e Leão (2008) analisaram a diversidade genética entre os acessos deste Banco de Germoplasma por meio de diferentes métodos de estatística multivariada, orientando a recomendação de cruzamentos com base nas suas distâncias genéticas. A seleção de fontes de resistência às doenças mais importantes, que afetam a viticultura no Submédio do Vale do São Francisco também tem sido objetivo de trabalhos de pesquisa (TAVARES et al., 1996, 1998; LOPES et al., 2005).

Os trabalhos realizados para análise de diversidade, baseados em caracteres morfológicos e agrônômicos de variáveis contínuas e discretas, demonstraram a presença de variabilidade satisfatória entre os acessos de uvas de mesa. Entretanto, esta variabilidade foi inferior entre os acessos de uvas para vinho (LEÃO, 2008).

A caracterização molecular de 81% dos acessos do BAG foi realizada por Leão (2008), utilizando sete marcadores microsátélites. Este foi o primeiro trabalho de caracterização molecular de um Banco de germoplasma de videira no Brasil com base em marcadores moleculares microsátélites. Os perfis alélicos obtidos foram comparados com bases de dados internacionais, permitindo a identificação de inúmeros acessos duplicados, sinônimas e erros de denominação, gerando uma base de dados robusta para a identificação de cultivares de videira.

A variabilidade genética existente entre os genótipos deste Banco de Germoplasma passou a ser utilizada, a partir de 2003, em um programa local de melhoramento, visando à obtenção de novas cultivares de uvas de mesa sem sementes melhor adaptadas às condições do semiárido brasileiro. Com este objetivo, 20 diferentes cruzamentos foram realizados até 2009, obtendo-se 2153 plântulas que estão em laboratório ou em fase de aclimação em casa de vegetação e 1105 novos híbridos que estão em campo para avaliação e seleção. Os acessos deste BAG são ainda a fonte de genes para diversos trabalhos de pesquisa realizados pela Embrapa Semiárido e outras instituições de ensino e

pesquisa.

Algumas cultivares para consumo in natura, passas, elaboração de sucos e vinhos destacam-se com características desejáveis devem ser avaliadas em experimentos para competição com cultivares comerciais, bem como em estudos de pós-colheita e mercado visando a sua possível recomendação como novas alternativas para cultivo na região semiárida do Nordeste brasileiro.



Fotos: Patrícia Coelho de Souza Leão.

Figura 4. Banco de Germoplasma de Videira da Embrapa Semiárido, em Juazeiro, BA.

Considerações finais

A agricultura no século 20 passou por grandes transformações, sendo o melhoramento das espécies um dos principais fatores que contribuiu para que tais transformações ocorressem. Com o melhoramento vegetal foi possível obter cultivares altamente produtivas e resistentes a fatores bióticos e abióticos. No entanto, só foi possível melhorar as espécies graças a disponibilidade dos recursos genéticos mantidos nos Bancos de Germoplasma e nas coleções de trabalho dos melhoristas, pois estes se constituem na principal matéria-prima dos programas de melhoramento.

Os Bancos de Germoplasma existentes na Embrapa Semiárido são de fundamental importância para o mundo. A região semiárida é caracterizada por possuir solos com baixa fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de umidade e solos salinos em determinados pontos, bem como altas temperaturas e baixa precipitação. Além disso, o sistema de cultivo praticado nessa região, em condições de sequeiro e livre de insumos, propicia uma interessante pressão de seleção para, por exemplo, genótipos tolerantes à seca, a doenças e a inseto-praga e mais adaptados à agricultura de base agroecológica, que preconiza um cultivo livre de agroquímicos. Esses bancos também são reservatórios de genes potenciais para caracteres de importância para os cultivos irrigados como produção, precocidade, porte mais compacto, características físico-químicas de frutos (formato, consistência da polpa, coloração da polpa, coloração da casca, teor de fibras, teor de sólidos solúveis totais, carotenóides totais, teor de vitamina C, acidez total titulável), resistência a altas temperaturas e a salinidade, seleção de genótipos para consumo *in natura* e de passas, elaboração de sucos e vinhos, bem como resistência/tolerância aos principais estresses bióticos presentes nos cultivos em área irrigada. Todos esses aspectos evidenciam a importância em manter e conhecer esses acervos, pois serão fundamentais frente às mudanças climáticas que têm sido observadas no mundo.

No entanto, as atividades desenvolvidas para o enriquecimento, manutenção, caracterização, avaliação e documentação de um Banco de Germoplasma são altamente onerosas e exigem muita mão-de-obra, especialmente nas coleções *in vivo*. Essas são atividades básicas, necessárias para se manter e conhecer o acervo genético conservado em um banco. Obviamente que pesquisas mais aplicadas e, portanto, também onerosas, são realizadas para se conhecer com maior profundidade o germoplasma conservado como, por exemplo, a prospecção de genes com o uso de ferramentas moleculares.

Por outro lado, é primordial importância é que essas coleções sejam constantemente ampliadas com a coleta e introdução de novos materiais. Essas etapas são cruciais e necessárias, pois o enriquecimento de uma coleção é realizado criteriosamente com a escolha de acessos que possuem características importantes para o melhoramento. Além disso, em muitos casos, ainda é preciso realizar coletas em regiões não contempladas. Exemplo disso é o caso das cucurbitáceas no Brasil, cujo diagnóstico demonstrou que apenas um acesso de

Cucurbita foi coletado na região Norte do país (FERREIRA et al., 2007; FERREIRA, 2008).

Embora, os recursos genéticos sejam estratégicos para um país em virtude da importância tanto para a geração atual quanto futura, são, ainda, poucos conhecidos pela sociedade civil. Sendo assim, cabe a comunidade científica desenvolver pesquisas básicas e aplicadas, assim como divulgá-las, para que a sociedade civil e as autoridades públicas tomem consciência da relevância desses acervos genéticos para o país e o mundo. Assim, espera-se que mais recursos financeiros sejam destinados a essa área.

Referências

- AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2006.
- ALBUQUERQUE, T. C. S. de; ALBUQUERQUE, J. A. S. de. **Comportamento de dez cultivares de videira na região do Submédio São Francisco**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1982. 20 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos,12).
- ALBUQUERQUE, T. C. S. de.; SOUZA, J. S. I. de; OLIVEIRA, F. Z. de. Aexpansão da viticultura no Submédio São Francisco. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ENOLOGIA E VITICULTURA, 2.; JORNADA LATINO-AMERICANA DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 2.; SIMPÓSIO ANUAL DE VITIVINICULTURA, 2., 1987, Garibaldi. **Anais...** Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Técnicos em Viticultura e Enologia, 1988. p. 1-8.
- ALBUQUERQUE, S. G. de; RAO, M. R. Espaçamento da palma em consórcio com sorgo e feijão-de-corda no Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 645-650, 1997.
- ALBUQUERQUE, T. C. S. de. Avaliação de genótipos de uva no semi-árido brasileiro. In: QUEIRÓZ, M. A de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido: Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatna.embrapa.br/catalogo/livrorg/index.html>>. Acesso em: 11 dez. 2007.
- ALBUQUERQUE, S. G. de; SANTOS, D. C. dos. Agronomic evaluation of *Opuntia* spp. varieties for fodder production in the semiarid Northeast, Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 728, p. 183-187, 2006.
- ALVES, A. A. C, SILVA, A. F., QUEIROZ, D. C., DITA, M. A. Avaliação de variedades de mandioca para tolerância à seca, em condições semiáridas do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 12, 2007, Paranavai. Mandioca: bioenergia, alimento e

renda - anais. Paranavai: SBM, 2007. 1 CD-ROM.

AMARIZ, A.; LIMA, M. A. C. de; BORGES, R. M. E.; BELÉM, S. F.; PASSOS, M. C. L. M. S.; TRINDADE, D. C. G. da; RIBEIRO, T. P. Caracterização da qualidade comercial e teor de carotenóides em acessos de abóbora. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. S541-S547, ago. 2009. 1 CD-ROM. Suplemento.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2008. 136 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2009. 136 p.

ARAÚJO FILHO, J. A. de; CARVALHO, F. C. de. Criação de ovinos a pasto no Semi-árido Nordestino In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 1998, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SNPA, 1998. p. 143-149.

ARAÚJO, F. P. de; SILVA, N. da; QUEIROZ, M. A. de. Divergência genética entre acessos de *Passiflora cincinnata* Mast com base em descritores morfoagronômicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 723-730, set. 2008.

ARAÚJO, J. P. de; DIAS, R. de C. S.; QUEIROZ, M. A. de; PESSOA, H. B. S. V. Avaliação de linhas de melancia visando resistência ao vírus WMV-1. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 7, n. 1, p. 41, 1989.

ARAÚJO, J. P. de; SOUZA, R. de C. Avaliação de germoplasma de melancia com provável resistência mecânica ao vírus WMV-1, em Petrolina-PE. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, n. 1, p. 45, 1988.

ASSIS, J. G. de A.; QUEIROZ, M. A. de; ARAÚJO, S. M. C.; BANDEL, G.; MARTINS, P. S. Implications of the introgression between *Citrullus colocynthis* and *C. lanatus* characters in the taxonomy, evolution dynamics and watermelon breeding. **Plant Genetic Resources Newsletter**, Roma, v. 121, p. 15-19, 2000.

BARBIERI, R. L.; HEIDEN, G.; NEITZKE, R. S.; GARRASTAZÚ, M. C.; SCHHWENGBER, J. E. **Banco ativo de germoplasma de cucurbitáceas da Embrapa Clima Temperado: período de 2002 a 2006**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 30 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 176).

BERNACCI, L. C.; VITTA, F. A.; BAKKER, Y. V. *Passiflora L.* In: WANDERLEY, M. das G. L.; SHEPERD, G. J.; MELHEM, T. S.; GIULIETTI, A. M.; KIRIZAWA, M. (Ed.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: FAPESP: RiMa, 2003. v. 3. p. 248-274.

BISOGNIN, A. D. Origin and evolution of cultivated cucurbits. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 32, n. 5, p. 715-723, 2002.

BORGES, R. M. E.; GONÇALVES, N. P. da S.; GOMES, A. P. de O.; ALVES, E. O. dos. Divergência fenotípica entre acessos de uvas de mesa no Semi-Árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 1025-1030, 2008.

BORGES, R. M. E.; LIMA, M. A. C. de; RESENDE, G. M. de; DIAS, R. de. C. S.; AMARIZ, A.; GONÇALVES, N. P. da S.; LOURA, E. S. A.; SILVA, L. S. de J.; ANDRADE, D. C. L. Caracteres morfológicos e qualidade pós-colheita avaliados em acessos de Cucurbita spp. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009, Aracaju. Anais... Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 1 CD-ROM (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 148).

CHAUHAN, Y. S. Pigeonpea: optimum agronomic management. In: NENE, Y. L.; HALL, S. D.; SHEILA, V. K. (Ed.). The pigeonpea. Cambridge: CAB International, 1990. p. 257-279.

CORREA, L. C.; SANTOS, C. A. F.; LIMA, G. P. P.; RODRIGUES, M. A.; RIBEIRO, H. L. C. Aspectos químicos e bioquímicos em goiabas e araçás do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semiárido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 12., 2009, Fortaleza. Desafios para produção de alimentos e bioenergia. Fortaleza: SBFV, 2009a. 1 CD-ROM.

CORRÊA, L. C.; SANTOS, C. A. F.; LIMA, G. P. P.; OLIVEIRA, M. M. de; ARAÚJO, J. S. Vitamina C em goiabas do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semiárido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 12., 2009, Fortaleza. Desafios para produção de alimentos e bioenergia. Fortaleza: SBFV, 2009b. 1 CD-ROM

COSTA, A. C. S.; LIMA, M. A. C. de; RIBEIRO, T. P.; SANTOS, A. C. B. dos; ANTÃO, T. dos S.; LIMA NETO, F. P. Caracterização físico-química de frutos de cultivares brasileiras de mangueira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semi-Árido. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. p. 157-163. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 210).

DANTAS NETO, J.; SILVA, F. de A. S. e; FURTADO, D. A.; MATOS, J. de A. de. Influencia da precipitação e idade da planta na produção e composição química do capim-búfel. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 35, n. 9, p. 1867-1874, 2000.

DIAS, R. de C. S. Características fisiológicas de *Didymella bryoniae* (Auersw) Rehm e fontes de resistência em melancia (*Citrullus lanatus*) (Thunb) Mansf. 1993. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

DIAS, R. de C. S.; ARAÚJO, J. P. de QUEIRÓZ, M. A. de. Resistência de populações de *Citrullus* ao oídio (*Sphaeroteca fuliginea*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 29, 1989, Recife. Resumos... Recife: SOB, 1989. p. 52.

DIAS, R. de C. S.; QUEIROZ, M. A. de; SOUZA, R. N. de; AMARAL, C. M. do; ALVES, J. C. da S. F.; GOEDERT, C. O.; CAJUEIRO, E. V. de M. Diagnóstico do banco ativo de germoplasma de cucurbitáceas para o Nordeste brasileiro: número e procedência dos acessos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2008, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. p. 329.

ESQUINAS-ALCAZAR, J. T.; GULICK, P. J. Genetic resources of cucurbitaceae. Rome: IPBGR, 1983. 101 p.

FERREIRA, M. A. J. da F. Abóboras e morangas: das Américas para o mundo. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. p. 61-88.

FERREIRA, M. A. J. da F.; MELO, A. M. T. de; CARMO, C. A. S. do; SILVA, D. J. H. da; LOPES, J. F.; QUEIRÓZ, M. A. de; DIAS, R. de C. S.; ROMÃO, R. L.; BARBIERI, R. L.; RAMOS, S. R. R.; NORONHA, S. E. de; ASSIS, J. G. de A. Diagnóstico sobre as condições de conservação on farm e distribuição geográfica de Cucurbita spp. no Brasil. **Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 25, n. 1, ago. 2007. 1 CD-ROM. Suplemento.**

FERREIRA, M. A. J. da F. **Análise dialéctica em melancia *Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.** 1996. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal.

GOODMAN, M. M. Genetic and germplasm stocks worth conserving. **Journal of Heredity**, Washington, v. 81, p. 11-16, 1990.

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G. G.; RICHÉ, G. R. **Sistema caatinga-buffel-leucena para produção de bovinos no Semi-árido**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1995. 39 p. (Embrapa-CPATSA. Circular Técnica, 34).

HOYT, E. **Conservação dos parentes silvestres das plantas cultivadas**. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, 1992. 52 p.

IPGRI. Descriptors for grapevine *Vitis* spp. Rome, 1997. 62 p. il.

JAISWAL, U., JAISWAL, V. S. Psidium guajava guava. In: LITZ, R. E. (Ed.). **Biotechnology of fruit and nuts crops**. Cambridge: CAB International, 2005. p. 395-401.

LAXMAN, S.; GUPTA, S. C.; FARIS, D. G. Pigeonpea: breeding. In: NENE, Y. L.; HALL, S. D.; SHEILA, V. K (Ed.). **The pigeonpea**. Cambridge: CAB International, 1990. p. 375-400.

LEÃO, P. C. de S. **Recursos genéticos de videira (*Vitis* spp.): caracterização e análise da diversidade da coleção de germoplasma da Embrapa Semi-Árido**. 2008. 114 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LEÃO, P. C. de S.; BRANDÃO, E. O.; GONÇALVES, N. P. da S.; FRANCO, C. P. Produção e qualidade de frutos de uvas de vinho durante quatro ciclos de produção no Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 2005, Gramado. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo: SBMP, 2005b. 1CD ROM.

LEÃO, P. C. de S.; BRANDÃO, E. O.; GONÇALVES, N. P. da S.; FRANCO, C. P. Produção e qualidade de frutos de uvas de mesa durante quatro ciclos de produção no Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 2005, Gramado. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo: SBMP, 2005a. 1 CD ROM.

LONGO, S.; RAPISARDA, C. Pests of cactus pear. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.;

- PIMIENTA-BARRIOS, E. (Ed.). **Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear**. Roma: FAO, 1995. p.100-108. (FAO. Plant Production and Protection Paper, 132).
- LOPES, D. B.; CABRAL, C. P.; NUNES, Y. R.; RODRIGUES, G. L.; COSTA, A. V. S.; COSTA, F. M.; AZEVEDO, A. LEÃO, P. C. de S. Reação de genótipos de videira a epidemias espontâneas de oídio (*Uncinula necator*), nas condições do semi-árido nordestino. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, p. 150, ago. 2005. Suplemento.
- MCNEELY, J. A.; MILLER, K. R.; REID, W. V.; MITTERMEIER, R. A.; WERNER, T. B. **Conserving the world's biological diversity**. Washington: IUCN: WRI: The World Bank. 1990. 193 p.
- MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C. Caracterização fenotípica de três seleções de maracujazeiro-roxo (*Passiflora edulis* Sims). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 268-272, 2005.
- MOREIRA, J. N.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, G. C. Potencial de produção de capim buffel na época seca no Semi-Árido pernambucano. **Caatinga**, Mossoró, v. 20, p. 20-27, 2007.
- NASS, L. L. Utilização de recursos genéticos vegetais no melhoramento. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento - plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 29-55.
- NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C., (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento - plantas**. Rondonópolis, MT : Fundação MT, 2001. 1183 p.
- NASS, L. L.; NISHIKAWA, M. A. N.; FÁVERO, A. P.; LOPES, M. A. Pré-melhoramento de germoplasma vegetal. In: NASS, L. L. (Ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 683-716.
- NENÊ, Y. L.; SHEILA, V. K. Pigeonpea: geography and importance. In: NENÊ, Y. L.; HALL, S. D.; SHEILA, V. K (Ed.). **The Pigeonpea**. Cambridge: CAB International, 1990. p. 1-14.
- NOBEL, P. S. Environmental biology. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. (Ed.). **Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear**. Roma: FAO, 1995. p. 36-48. (FAO. Plant Production and Protection Paper, 132).
- NUEZ, F.; RUIZ, J. J.; VALCÁRCEL, J. V.; FERNÁNDEZ CÓRDOVA, P. **Colección de semillas de calabaza del Centro de Conservación y Mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana**. Madrid: INIA: 2000. 158 p. (INIA. Agrícolas, 4).
- OLIVEIRA, M. C. de; SILVA, C. M. M. de S.; SOUZA, F. B. de. Capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) preservação ex-situ e avaliação aprofundada. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos

- Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <
<http://www.cpatna.embrapa.br/catalogo/livroorg/index.html> >. Acesso em: 15. fev. 2010.
- OLIVEIRA, M. C. de. **Capim Buffel: produção e manejo nas regiões secas do Nordeste**. Petrolina: EMBRAPA - CPATSA, 1993. 18 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 27).
- OLIVEIRA, M. M. de; SANTOS, C. A. F.; CORREA, L. C.; ARAÚJO, J. S.; RIBEIRO, H. L. C. Diversidade genética em acessos de goiabeira (*Psidium guajava* L.) de diferentes origens geográficas avaliadas por marcadores microssatélites. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 4., 2009, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. p. 94-100. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 221). Disponível em: <
http://www.cpatna.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/OPB2516.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2010.
- PATERNIANI, E. Diversidade genética em plantas cultivadas. In: ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP; Brasília, DF: EMBRAPA-CENARGEN, 1988. p. 75-77.
- PINTO, A. C. de Q.; COSTA, J. G. da; SANTOS, C. A. F. Principais variedades. In: GENU, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002a. cap. 5, p. 93-116.
- PINTO, A. C. de Q.; SOUZA, V. A. B. de; ROSSETTO, C. J.; FERREIRA, F. R.; COSTA, J. G. da. Melhoramento genético. In: GENU, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002b. cap. 4, p. 51-92.
- QUEIROZ, M. A. de. Potencial do germoplasma de cucurbitáceas no Nordeste brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 11, n. 1, p. 7-9, 1993.
- QUEIROZ, M. A. de; RAMOS, S. R. R.; ROMAO, R. L.; SILVA, M. A. S. da; DIAS, R. de C. S.; LIMA, M. F.; ASSIS, J. G. de A.; FERREIRA, M. A. J. F.; BORGES, R. M. E.; SOUZA, F. F. Recursos genéticos vegetais: o caso do banco de germoplasma (BAG) da EMBRAPA Semi-Árido. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 13., 1998, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: SBG: UEFS, 1998. p. 260-261.
- QUEIROZ, M. A. de; RAMOS, S. R. R.; MOURA, M. da C. C. L.; SILVA, M. A. S. da. Coleta e introdução de acessos de cucurbitáceas no Banco Ativo de Germoplasmas para o Nordeste brasileiro. In: SIMPOSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 2., 1999, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. CD-ROM.
- QUEROL, D. **Recursos genéticos, nosso tesouro esquecido: abordagem sócio-econômica**. Rio de Janeiro: AS-PTA. 1993. 206 p.
- RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A. de; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D. Recursos genéticos de *Cucurbita moschata*: caracterização morfológica de populações locais coletadas no Nordeste brasileiro. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.).

- Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: < <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/index.html> >. Acesso em: 15. fev. 2010.
- RASEIRA, M. do C. B.; RASEIRA, A. **Contribuição ao estudo do araçazeiro, *Psidium cattleianum*.** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1996 95 p.
- REMANANDAN, P. Pigeonpea: genetic resources. In: NENE, Y. L.; HALL, S. D.; SHEILA, V. K. (Ed.). **The pigeonpea.** Cambridge: CAB International, 1990. p. 89-115.
- RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C. de; COSTA, A. C. S.; TRINDADE, D. C. G. da; AMARIZ, A.; LIMA NETO, F. P. Caracterização físico-química de frutos e cultivares estrangeiras de mangueira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semi-Árido. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. p. 217-223. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 210).
- RISTERUCCI, A. M.; DUVAL, M. F.; ROHDE, W.; BILLOTTE, N. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Psidium guajava* L. **Molecular ecology notes**, Edinburgh, v. 5, p. 745-748, 2005.
- ROMÃO, R. L. **Dinâmica evolutiva e variabilidade de populações de melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai] em três regiões do Nordeste brasileiro.** 1995. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ROMÃO, R. L. ; ASSIS, J. G. A. ; QUEIROZ, M. A. de. Melancia: uma história africana de dar água na boca. In: BARBIERI, R. L. (Org.). **Origem e evolução de plantas cultivadas.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. v. 1, p.555-573.
- SANTOS, C. A. F.; MENEZES, E. A.; ARAUJO, F. P. de. Introdução, coleta e caracterização de recursos genéticos de guandu para produção de grãos e forragem. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/index.html>>. Acesso em: 15 jul. 2009.
- SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P. de; MENEZES, E. A. Avaliação de genótipos de guandu de diferentes ciclos e portes no sertão pernambucano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 12, n. 1/2, p. 31-40, 2000.
- SANTOS, C. A. F.; CASTRO, J. M. C. E.; SOUZA, F. F.; VILARINHO, A. A.; FERREIRA, F. R.; PADUA, J. G.; BORGES, R. M. E.; RODRIGUES, M. A. Preliminary characterization of *Psidium* germplasm in different Brazilian ecogeographic regions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 437-440, 2008a

SANTOS, I. C. N. dos; DAMASO, J. R. de M.; FERRAZ, S. D.; ARAÚJO, W. D. de; LIMA NETO, F. P. Caracterização morfológica de acessos de mangueira do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semi-Árido. In: ENCONTRO DA REDE DE RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS DO ESTADO DA BAHIA, 3.; SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS DE PLANTAS CULTIVADAS NO NORDESTE BRASILEIRO, 2., 2008, Vitória da Conquista. **Resumos expandidos...** Vitória da Conquista: UESB, 2008b. 1 CD-ROM.

SANTOS, D. C. dos; ALBUQUERQUE, S. G. de. Opuntia as forage in the Semi-arid Northeast of Brazil. In: MONDRAGON-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. (Ed.). **Cactus (Opuntia spp.) as forage**. Roma: FAO, 2001. p. 37-50. (FAO. Plant Production and Protection. Paper, 169).

SANTOS, I. C. N. dos; LIMA NETO, F. P. Caracterização morfológica de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de mangueira da Embrapa Semi-Árido. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 210).

SANTOS, I. C. N. dos; DAMASO, J. R. de M.; FERRAZ, S. D.; ARAÚJO, W. D.; LIMA NETO, F. P. Caracterização morfológica de variedades brasileiras e indianas de mangueira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semi-Árido. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 4., 2009, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. p. 87-93. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 221).

SILVA, A. F.; FRANÇA, C. R. R. S.; MAGALHÃES, C. A. S.; SANTOS, A. P. G.; A. FILHO, J. M. de. Caracterização do Banco Ativo de Germoplasma de mandioca do semi-árido nordestino. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17., 2006, Recife. **Conhecimentos para o novo milênio**. Recife: SBG, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, A. F., SANTANA, L. M. de, FRANÇA, C. R. R. S., MAGALHÃES, C. A. de S., ARAÚJO, C. R. de e AZEVEDO, S. G. de. Produção de diferentes variedades de mandioca em sistema agroecológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 33-38, 2009a.

SILVA, R. P. da; LIMA, M. A. C. de; RIBEIRO, T. P.; TRINDADE, D. C. G. da; AMARIZ, A.; LIMA NETO, F. P. Caracterização dos frutos de variedades do Banco Ativo de Germoplasma de mangueira da Embrapa Semi-Árido. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 4., 2009. Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009b. p. 218-224. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 221). Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/OPB2522.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2010.

SIMMONDS, N. W. Principles of crop improvement. New York : Longman, 1979. 408 p.

SOUZA, R. de C.; ARAÚJO, J. P. de; QUEIROZ, M. A. de. Avaliação da resistência de acessos de melancia ao oídio (*Sphaeroteca fuliginea*). **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 6,

n. 1, p. 82, 1988.

SOUZA, F. de F.; QUEIROZ, M. A. de; DIAS, R. de C. S. Melancia sem sementes: desenvolvimento e avaliação de híbridos triplóides experimentais de melancia. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, Brasília, DF, v. 2, n. 9, p. 90-95, 1999.

TAVARES, S. C. C. de H.; MELO, G. C.; PEREZ, J. O.; SILVA, W. A.; KARASAWA, M. Fontes de resistência de videira ao oídio no Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14.; REUNIÃO INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 42.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MIRTACEA, 1996, Curitiba. Resumos... Londrina: IAPAR, 1996. p. 399.

TAVARES, S. C. C. de H.; AMORIM, L. R. de; MENEZES, W. A. de; CRUZ, S. C. da. Comportamento de uva sem semente perante algumas doenças no Semi-Árido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. Resumos... Lavras :UFLA, 1998. p. 728.

VÁSQUEZ A., R. E.; GARZA V., R. J. de la. Caracterización de cinco cultivares de nopal forrajero. In: CONGRESO NACIONAL, 8.; INTERNACIONAL SOBRE CONOCIMIENTO Y APROVECHAMIENTO DEL NOPAL, 6., 1999, San Luis Potosí. Memoria... San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 1999. p. 107-108.

VILELA-MORALES, E. A.; VALOIS, A. C. C.; NASS, L. L. Recursos genéticos vegetales. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI: EMBRAPA-CENARGEN. 1997. 78 p.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. 1992. Disponível em: <<http://delta-intkey.com/angio/>>. Acesso em: 25 set. 2009.

WHITAKER, T. W.; CARTER, G. F. Critical notes on the origin and domestication of the cultivated species of Cucurbita. *Journal of Botany*, London, v. 33, n.1, p. 10-15, 1946.

Tecnologias para o aumento da oferta de água no Semiárido brasileiro



Capítulo 9

**Luiza Teixeira de Lima Brito
Aderaldo de Souza Silva
Maria Sonia Lopes da Silva
Everaldo Rocha Porto
Lúcio Alberto Pereira**

Introdução

Este capítulo apresenta a situação atual das pesquisas realizadas por especialistas da Embrapa Semiárido sobre captação e uso da água de chuva no Semiárido brasileiro, com a percepção de que as inovações tecnológicas disponibilizadas aumentam a oferta de água, assegurando-a para os consumos humano e animal, e reduzem os riscos da exploração agropecuária, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade de vida das populações.

Dado o enfoque da ICID+18 (Conferência Internacional sobre Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas), voltado para as regiões áridas e semiáridas, a sustentabilidade dos recursos hídricos no Semiárido brasileiro passa, necessariamente, pela adoção de políticas que estabeleçam ações estratégicas permanentes de proteção contra os efeitos das irregularidades climáticas. Nesta região, normalmente, a população rural é difusa e as fontes hídricas ocorrem de forma descentralizada e distante da maioria da população. Estas fontes são representadas por poços, cacimbas, cisternas, pequenas barragens e açudes, que, nem sempre, garantem água de forma permanente, como preconizado no Programa de Apoio ao Pequeno Produtor (PAPP), que tinha, entre seus objetivos, promover o abastecimento de água para o consumo humano, considerando princípios fundamentais de quantidade e qualidade; promover o fornecimento de água para os animais; ampliar e otimizar a utilização da água para a produção de alimentos, por meio da pequena irrigação, e promover o manejo racional dos recursos de água e solo no âmbito da pequena propriedade (PROJETO ÁRIDAS, 1994).

Há 35 anos, quando foi criada a Embrapa Semiárido, o cenário do Semiárido brasileiro era de deficiência de conhecimentos tecnológicos, sendo este um dos principais entraves para o desenvolvimento da agropecuária regional, principalmente no contexto da pequena produção, dada a irregularidade das chuvas. As pesquisas experimentais realizadas com o fim de equacionar estes problemas caracterizavam-se por iniciativas de algumas instituições, sem o enfoque global dos problemas.

Naquela época, a Embrapa Semiárido já considerava estratégico empreender esforços com o objetivo de fornecer e/ou aumentar a oferta de água nas

comunidades rurais sem recursos hídricos ou com esses recursos limitados, em contraponto ao paradigma da agricultura irrigada como uma solução para o desenvolvimento deste espaço rural. Estudos sobre balanço hídrico realizados nesta região apontam uma área com potencial para irrigação em torno de 2,0 milhões de ha (WAGNER, 2007), o que corresponde a, aproximadamente, 3% da área do Nordeste. O grande desafio para as instituições de pesquisa e desenvolvimento, ensino e extensão é encontrar alternativas tecnológicas viáveis para o restante dessa imensa área, o que a Embrapa Semiárido tem feito ao longo desses anos.

Ao longo desses anos, a Embrapa Semiárido tem preconizado e defendido a concepção de programas de desenvolvimento voltados para a “convivência com a seca” ou a “convivência com o Semiárido”. Como instituição de pesquisa e desenvolvimento, tem participado da elaboração de diferentes propostas de desenvolvimento regional, sobretudo com foco na infraestrutura hídrica e fortalecimento da agricultura familiar, em especial na caprinovinocultura. Alguns desses programas não foram implementados por razões diversas, como o programa de “Convivência do homem com a seca: Implantação de sistemas de Exploração de Propriedades Agrícolas”, elaborado em 1982 pela Embrapa e pela Empresa Brasileira de Extensão Rural (EMBRATER), que se constituía numa proposta inovadora de sistemas de exploração de propriedades agrícolas integrados, considerando o tamanho da propriedade, suas potencialidades e limitações, visando assegurar a convivência do homem com a adversidade climática. A proposta contava com a garantia de crédito e assistência técnica, por meio da infraestrutura disponibilizada nos escritórios das Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATERs) do Nordeste. A oferta de água para o consumo das famílias e dos animais e para a produção de alimentos se constituía de alternativas tecnológicas simples e descentralizadas, considerando-se a finalidade do aproveitamento da água, os tipos e as características de fontes, os módulos médios irrigáveis, os métodos e o tipo de irrigação e as condições socioeconômicas dos produtores rurais, no contexto das propriedades agrícolas com recursos hídricos disponíveis, escassos e sem recursos hídricos, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Demonstrativo das destinações, fontes de água e tecnologias disponíveis.

Finalidades, fontes de água e/ou tecnologias disponíveis	
Consumo humano	▪ Cisterna, poço, açude/barragem
Consumo animal	▪ Cacimba, rio, poço, barreiro, açude/barragem
Consumo vegetal: produção de alimentos	▪ Captação “in situ” – agricultura dependente de chuva ▪ Barragem subterrânea – agricultura de vazante ▪ Leito de rio – agricultura de vazante ▪ Barreiro – agricultura de subsistência (irrigação de salvação) ▪ Açude/rio temporário – agricultura de vazante ▪ Poço – agricultura irrigada ▪ Açude/barragem/rio permanente – agricultura irrigada

Fonte: EMBRAPA (1982).

O Programa de desenvolvimento rural: “Irrigar 500 mil hectares” no Semiárido brasileiro foi uma proposta elaborada pela Embrapa Semiárido, por solicitação do Ministério da Agricultura, e encaminhada ao Presidente da República, Exm^o Sr. José Sarney, que, em visita à Embrapa Semiárido, em seu pronunciamento em 15 de junho de 1985, declarou:

“Não quero suscitar aspirações que não possa cumprir, para que o governo não perca credibilidade. Por isso estou ouvindo mais, estou formando a consciência de que devemos fazer um programa ambicioso. (...) Vim ver o que se está fazendo aqui com irrigação. (...) na minha cabeça está esta cifra: 1 milhão de hectares durante nosso governo para o Nordeste”.

Esta proposta também contemplava a água para os diferentes segmentos: humano, animal e pequena irrigação (MIRANDA, 1986).

A Embrapa Semiárido também colaborou na elaboração e implantação do Projeto Padre Cícero, lançado em 1988, pelo Ministério do Interior, cujas diretrizes governamentais foram voltadas para melhoria das condições de vida do homem do campo. Este programa priorizava a construção de açudes, cisternas e adutoras. No contexto global, a Embrapa Semiárido participou da elaboração e implementação de várias outras políticas de desenvolvimento regional, seja de forma direta ou indireta, vez que estes programas tinham ou têm como base tecnológica as tecnologias e os conhecimentos gerados em seus campos experimentais.

Lançado em 2003, pela Articulação do Semiárido (ASA), o Programa de Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) tem como principal objetivo beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas em todo o Semiárido, fornecendo água potável para beber e cozinhar, por meio da construção de um milhão de cisternas, a partir da captação da água de chuva precipitada nos telhados das residências. Este programa conta com financiamento do governo federal e de outras instituições privadas e envolve a formação e a mobilização social para a convivência com o Semiárido. Atualmente, o P1MC já beneficiou 1,5 milhão de pessoas, aproximadamente, com a construção de 300 mil cisternas, correspondendo a 4.800.000 m³ de água disponível para as famílias do Semiárido brasileiro. O P1MC também fornece a capacitação das famílias sobre a temática de convivência com o Semiárido, quando são enfatizados aspectos de gerenciamento dos recursos hídricos, cidadania e as relações de gênero, fatores esses que contribuem para mudar a realidade desse espaço (ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO, 2007).

Com a percepção de que o fornecimento da água para atender as necessidades mínimas das famílias não garante seu desenvolvimento, em 2007, a ASA lançou outro desafio: contribuir com o desenvolvimento regional por meio do Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2). O P1+2 é um projeto que pretende assegurar à população rural o acesso à terra e à água, tanto para consumo da família e dos animais, já contemplados com o P1MC, como também para reduzir os riscos da atividade agrícola, contribuindo, desta forma, para aumentar a produção de alimentos por meio de processos participativos.

No Brasil, o marco referencial do P1+2 é o “Programa 1-2-1”, desenvolvido na China, mas conta com o acervo tecnológico e de conhecimentos desenvolvidos pela Embrapa Semiárido, bem como com as experiências das diversas comunidades sertanejas. A sucedida experiência “P1-2-1” foi apresentada durante a 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, ocorrida simultaneamente ao 2º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, em julho de 1999, na cidade de Petrolina, PE (QIANG; LI, 1999; GNADLINGER et al., 2007). Como mais uma contribuição, este evento foi organizado pela Embrapa Semiárido, Instituto da

Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA) e Associação Internacional de Captação de Água de Chuva (IRCSA), momento em que foi criada a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC) (www.abcmac.org.br), com participação efetiva em sua diretoria de pesquisadores da Embrapa Semiárido.

Por meio do P1-2-1, o governo chinês contribuiu para que cada família tivesse “uma área de terra, duas cisternas e uma área de captação de água de chuva”. Até o final de 2003, foram construídas 2,5 milhões de cisternas, beneficiando 1,1 milhão de famílias no fornecimento de água para beber, e uma área de 305 mil ha foi beneficiada com cultivos alimentares e comercializáveis. Tal como no Semiárido brasileiro, na China, também, foi a água de consumo humano a prioridade (GNADLINGER et al., 2007). No Brasil, os programas P1MC e P1+2 se complementam nas ações e na concepção da sustentabilidade regional, por meio do uso de alternativas tecnológicas capazes de fornecer água para a população e reduzir a vulnerabilidade das práticas agropecuárias, devido às secas ou veranicos, que ocorrem periodicamente, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade de vida dessas famílias.

Outra alternativa que tem se tornado viável para o abastecimento das comunidades rurais é a dessalinização de água por osmose inversa, proposta do Programa Água Doce, considerando o potencial de águas subterrâneas, constituído por mais de 70 mil poços construídos no Semiárido. Porém, na maioria desses poços, a água se apresenta salobra ou salina, por estarem localizados no embasamento cristalino, dificultando o seu aproveitamento para o consumo humano, mas, com algumas restrições, essas águas são utilizadas para o consumo animal e outras atividades.

O processo de dessalinização gera subprodutos ou rejeitos com elevados teores de sais, que, se jogados diretamente no solo, causam sérios problemas ambientais. Neste sentido, a Embrapa Semiárido desenvolveu um sistema produtivo integrado para aproveitamento desses efluentes tanto na piscicultura quanto na irrigação de plantas forrageiras, principalmente das halófitas. O sistema integrado é composto por um dessalinizador e um sistema produtivo e, depois de separada a água potável, o efluente com alto teor de sal é despejado em tanques para criação de tilápia rosa (*Oriochromis* sp.), que se desenvolve em águas

salobras. A água dos tanques, enriquecida com matéria orgânica, é utilizada para irrigar plantas resistentes à salinidade, como, por exemplo, a erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.), para ser utilizada na produção de feno para alimentação de ovinos e caprinos, principalmente durante o período de estiagem, fechando-se o sistema (PORTO et al., 2004). Este projeto é desenvolvido em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, Universidade Federal de Campina Grande, PB, Banco do Brasil e BNDES e prevê a instalação e manutenção de unidades demonstrativas em nove estados do Nordeste, mais o norte de Minas Gerais e o noroeste do Espírito Santo. Assim, o programa, além de fornecer água potável para as famílias, contribui para amenizar os riscos da produção e aumentar a oferta de emprego e renda nessas comunidades, como, também, evitar que o rejeito seja despejado diretamente no solo sem qualquer tratamento, o que é benéfico para a preservação do ambiente.

Como instituição de referência internacional no desenvolvimento de pesquisas e tecnologias para regiões áridas e semiáridas tropicais, a Embrapa Semiárido tem, também, contribuído com países situados na faixa tropical, a exemplo de países da África, América Central e América do Sul, como provedora de alternativas tecnológicas para convivência com essa adversidade climática, na elaboração de propostas de desenvolvimento regional, ministrando cursos e realizando oficinas de trabalho. Uma dessas contribuições foi o trabalho realizado com a Organização das Nações Unidas (ONU) para técnicos da América Latina e Caribe, que gerou um livro (INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE, 1997). Outras contribuições têm sido intensificadas, em especial na África, a partir da instalação do laboratório da Embrapa em Accra, Ghana, visando o fortalecimento dessas parcerias. Mais recentemente, o Haiti está com um programa de construção de cisternas com o objetivo de garantir água para o consumo das famílias nas comunidades rurais. Para concretização deste projeto, foram realizados treinamentos em serviço, ministrados pela Embrapa Semiárido para técnicos daquele país. Na Figura 1 podem ser vistas a construção de cisterna em treinamento ministrado pela Embrapa Semiárido em comunidade haitiana e sua inauguração pelo então Embaixador do Brasil no Haiti.

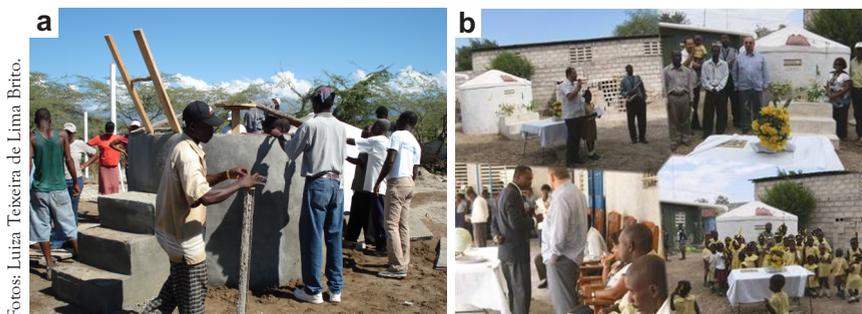


Figura 1. Construção de cisternas (a) e inauguração pelo Embaixador do Brasil no Haiti (b).

Os conhecimentos acumulados sobre o Semiárido brasileiro credenciam a Embrapa Semiárido a concluir que não é a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas, a má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, que resultam no fenômeno da seca. Também, a falta de políticas voltadas para disponibilizar infraestruturas hídricas permanentes, que sejam capazes de superar anos de irregularidades das chuvas, como, também, orientar a população para as questões relacionadas com a gestão da água em situação de limitação desse recurso. Caso contrário, não se tem como eliminar a tão frequente utilização de carros-pipa para o abastecimento das comunidades rurais, sem garantia da qualidade e regularidade da água fornecida.

As tecnologias, métodos e processos de captação, uso e manejo de água de chuva mencionados para convivência com o Semiárido têm sido disseminados e incorporados aos sistemas de produção em uso, por meio de inúmeros programas de desenvolvimento rural e de cunho social, à semelhança do PIMC e Programa Fome Zero, e podem ser encontrados em áreas de produtores no Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia, construídos, em sua maioria, com apoio governamental e de algumas organizações não governamentais.

Diante deste cenário, o maior desafio a ser enfrentado com relação à água para consumo das famílias e dos animais e para produção de alimentos, talvez não seja a escassez de chuva, mas uma gestão integrada e compartilhada com os diferentes usuários dos recursos hídricos, como preconizada pela Política

Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2004), fortalecida pelo uso de tecnologias voltadas para aumentar a oferta de água por meio da captação, armazenamento e uso da água de chuva.

Inovações tecnológicas para ampliar a oferta de água no Semiárido brasileiro

A chuva representa a principal fonte de água renovável do Semiárido brasileiro. Todavia, a previsão da quantidade de água precipitada e sua regularidade no ano hidrológico geram incertezas, porque dependem de fatores meteorológicos e variam, sensivelmente, tanto no tempo como no espaço. Porém, se esta água é captada e armazenada, tem potencial para atender às necessidades domésticas, de consumo animal e da agricultura familiar, como preconizado nos diferentes estudos realizados por Duque (1973). Após esses estudos, a Embrapa Semiárido assumiu o pioneirismo nessa linha de pesquisa, viabilizando a captação e o uso da água de chuva nas comunidades rurais do Semiárido brasileiro.

Neste contexto, foram desenvolvidas e/ou avaliadas diferentes alternativas tecnológicas com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água nesta região, tanto para os consumos humano e animal, quanto para a produção de alimentos. Entre estas tecnologias, podem-se citar: cisternas, poços, dessalinização, irrigação de salvação, captação in situ, barragens subterrâneas, por se tratarem de soluções simples, descentralizadas e de baixo custo, contribuindo para fixação da população rural no local de origem. Algumas destas tecnologias estão sendo a base tecnológica do P1+2. A água de chuva acumulada nesses reservatórios possibilita o uso mínimo para irrigar as raízes das plantas em épocas que estas mais necessitam de água (QIANG; LI, 1999).

Cisterna: água para o consumo humano

No contexto da água para consumo humano, foram realizados estudos com o objetivo de avaliar diferentes materiais para a construção de cisternas e de suas áreas de captação, denominados, em conjunto, sistemas de captação de água de chuva.

Estes estudos tiveram início a partir de algumas experiências agrícolas instaladas no âmbito das comunidades rurais, onde foi observado que as famílias sempre reclamavam da água de beber, sendo, então, consenso que pouco adiantaria

levar para esses ambientes qualquer inovação de tecnologia agrícola que tivesse limitação de água para suprir o principal uso, que é o consumo doméstico. Embora sendo a cisterna uma tecnologia milenar, que atende às necessidades das famílias em suas próprias comunidades, ela não era vista como alternativa viável nas políticas de desenvolvimento do Semiárido brasileiro, tampouco as famílias podiam construí-la por conta própria, devido aos elevados custos, principalmente do cimento. Simultaneamente a estas observações, foi percebido que a maioria dos telhados das residências não eram adequados para captar o volume de água necessário para atender à demanda de água de beber das famílias durante o período sem chuvas. Em geral, o telhado era pequeno e as famílias tinham elevado número de pessoas.

A principal característica do sistema de captação de água de chuva idealizado pela Embrapa Semiárido é que a cisterna poderia ser enterrada, de forma que a área de captação de água de chuva, normalmente os telhados das residências, pudesse ser complementada com uma área no próprio solo, reduzindo, assim, os riscos de a cisterna não encher em anos de ocorrência de precipitações abaixo das médias históricas. Na Figura 2, pode ser observada uma cisterna construída em 1982 em área de produtor, utilizando argamassa armada, com área de captação no solo. Este modelo de cisterna está sendo amplamente utilizado, atualmente, no P1MC e no P1+2, denominado de “cisterna calçadão”.



Foto: Nilton de Brito Cavalcanti.

Figura 2. Cisterna com área de captação no solo, construída em 1982.

O material avaliado para ser utilizado no tanque de armazenamento constituiu-se de várias alternativas, como alvenaria, argamassa armada (lona polietileno com argamassa, areia, cimento e ferro), entre outros. Nestes estudos, também

foram definidos parâmetros essenciais ao dimensionamento do volume de água necessário às famílias, bem como das áreas de captação, considerando-se o número de pessoas por família, o consumo médio de água/pessoa.dia¹, o período sem chuvas e a precipitação pluviométrica da região, tendo como base a média dos anos de menor precipitação de uma série de pelo menos 10 anos. Dimensionar o sistema de captação de água de chuva considerando esses parâmetros garante que não faltará água na cisterna, mesmo em anos de ocorrência de precipitações abaixo da média regional. Para suprir a deficiência do tamanho e da qualidade dos telhados das residências rurais, foi recomendado que a área para captação da água de chuva poderia ser complementada ou substituída por uma área de captação no solo. Resultados destes estudos iniciais estão apresentados, entre outros documentos, em Silva e Porto (1982); Silva et al. (1984, 1986, 1988) e Brito et al. (2007a).

Na maioria das cisternas construídas pelo Projeto Padre Cícero, no final da década de 1980, foi utilizado o modelo com argamassa armada. Embora este modelo não tenha tido ampla aceitação na região, ainda podem ser encontradas cisternas em pleno funcionamento, atendendo à família de forma adequada.

A partir desses estudos, surgiram alguns modelos de cisternas que, atualmente, fomentam o PIMC, como pode ser destacada a cisterna de placas pré-moldadas, que, devido à facilidade de construção e baixos custos, foi escolhida como modelo padrão

Neste programa, a capacidade de armazenamento de água da cisterna é fixa, correspondendo a 16 mil L de água por cisterna, independente do número de pessoas da família. Este volume é suficiente para atender às necessidades básicas (beber e escovar dentes e cozinhar) de uma família com cinco pessoas, por um período de 240 dias. Neste contexto, a Fundação de Serviços de Saúde Pública (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1981), hoje, denominada Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), responsável pela promoção da saúde pública no país, indica que a necessidade mínima diária de água por pessoa é de 10 L. Também, é considerado por este Programa o telhado das residências como área de captação de água de chuva, mas, nem sempre, essa área é suficiente ou adequada para encher a cisterna, devido à irregularidade das chuvas em muitos municípios.

Com relação ao manejo da água na cisterna, Silva et al. (1984, 1988) citam as principais recomendações: eliminação das primeiras águas das chuvas para lavar o telhado das casas; filtração e tratamento da água antes de consumi-la; evitar contato com a água armazenada, para não contaminá-la; toda cisterna deverá ter uma bomba manual. Estas medidas reduzem os riscos de contaminação da água armazenada na cisterna (BRITO et al., 2005, 2007b).

Com o avanço do conhecimento nas pesquisas realizadas com a água de chuva armazenada nas cisternas, foi percebida a necessidade de garantia de quantidade e qualidade da água. Neste contexto, as primeiras pesquisas realizadas na região foram realizadas por Amorim e Porto (2001), em que observaram a presença de coliformes fecais nas águas de chuvas armazenadas nas cisternas destinadas ao consumo das famílias. Corroborando com estes resultados, Brito et al. (2005) avaliaram as águas de cisternas em quatro municípios do Semiárido brasileiro e constataram riscos de contaminação das águas das cisternas, principalmente, a presença de coliformes fecais. Estes resultados alertaram para a necessidade de maiores cuidados no manejo da água da cisterna, objetivando reduzir os riscos de contaminação, principalmente daquelas famílias que não têm oportunidade de realizar tratamento da água de beber ou o fazem de forma inadequada. Assim, foi recomendado o uso de processos simples de tratamento de água, como: fervura, filtração com areia e carvão vegetal ou filtro doméstico, exposição da água ao sol e uso de cloro. Neste sentido, a Organização Mundial de Saúde (OMS) considera que uma concentração de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ de cloro livre residual na água, depois de um tempo de contato de 30 min, garante uma desinfecção satisfatória (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 1999).

Como forma de reduzir os riscos de contaminação da água de chuva desde o contato com a área de captação até o momento de consumi-la, é recomendando o uso de barreiras físicas no sistema. Estas barreiras se constituem de cuidados e medidas que devem ser tomados a partir do momento da escolha do local da cisterna, como: construir a cisterna a, pelo menos, 30 m de fossas, currais, etc.; não captar as primeiras águas das chuvas, o que pode ser feito utilizando dispositivos simples e de fácil acesso das famílias; utilizar sempre bomba para retirada da água, pois baldes com cordas ou outros vasilhames podem colocar em risco a qualidade da água armazenada; telar as aberturas de circulação de ar,

para evitar a entrada de insetos e pequenos animais; realizar limpezas e desinfecção da cisterna de forma periódica; fazer manutenção da cisterna e da área de captação, evitando rachaduras, que podem favorecer o desenvolvimento de algas; limpar e manter, de forma adequada, as calhas e conexões, para reduzir desperdícios de água (SILVA et al., 1984, 1988; BRITO et al., 2005, 2007a). Dessa forma, considerando-se os parâmetros de dimensionamento do volume de água necessário às famílias e da área de captação de água de chuva e as barreiras físicas, pode-se garantir que a cisterna fornecerá água às famílias em quantidade suficiente e com qualidade adequada, mesmo nos anos mais secos, desde que não ocorram desperdícios. Este é o maior desafio a ser superado neste sistema pelo PIMC. Para isso, estas famílias necessitam ser capacitadas e conscientizadas quanto à máxima eficiência de uso da água da cisterna.

Em 2005, o Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), em parceria com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), viabilizou estudos sobre o PIMC, com o objetivo de avaliar aspectos de quantidade e qualidade das águas, se as famílias beneficiadas por este programa estavam tendo acesso à água potável e se o processo de construção dessas cisternas estava em conformidade com os coeficientes técnicos e custos de implantação especificados. Esta avaliação foi realizada pela Embrapa Semiárido, com apoio de outras instituições públicas, principalmente das prefeituras dos municípios avaliados, e de organizações não governamentais. Os resultados desta pesquisa estão apresentados de forma detalhada em Brito et al. (2007b).

O estudo envolveu 3.517 famílias localizadas em 100 municípios do Semiárido, incluindo o norte de Minas Gerais, além do noroeste do Espírito Santo, em localidades com situações agroecológicas distintas. Como principais resultados desta avaliação, foi identificado que mais de 97% das famílias beneficiadas estão satisfeitas com as cisternas construídas em suas residências. Também, foi observado que o número de pessoas por família contemplada com uma cisterna variou de um a 14, embora uma pessoa não possa ser definida como uma “família”. Com essa variação no número de pessoas, considerando um período de 8 meses e um consumo de 14 litros/pessoa.dia¹, o volume de água necessário varia de 3,36 m³ a 54,60 m³, de água que deverão ser armazenados na cisterna. Do universo analisado (3.517 cisternas), o volume de água atualmente fornecido

(16 m³) por cisterna, atende às necessidades de 51,44% das famílias. Dessa forma, as famílias cujas necessidades de água não são atendidas continuam na dependência de outras fontes hídricas, situadas longe das moradias, com água de má qualidade em certos períodos do ano ou água transportada por carros-pipa por um custo além de sua capacidade de pagamento.

Também foi avaliado o tamanho das áreas de captação, que, em sua totalidade, é o telhado das residências. Neste caso, foi observado que apenas 21,27% dos telhados têm limitações de área de captação de água de chuva para as cisternas. Para essas famílias, esta situação torna-se mais significativa em anos de precipitações abaixo da média, pois as cisternas podem não encher, agravando-se o problema para aquelas famílias identificadas com limitações de volume. Para aumentar a eficiência do tamanho das áreas de captação, duas alternativas podem ser adotadas: melhorar a qualidade dos telhados das casas que apresentarem problemas e aproveitar ao máximo a área do telhado existente, sendo observado, porém, que algumas residências dispõem de calhas em apenas uma das laterais.

No contexto da qualidade da água, a pesquisa mostrou que no universo amostrado, aproximadamente 56% das famílias consomem água potável proveniente da chuva e armazenada nas cisternas. A não potabilidade da água nas demais cisternas é consequência de fatores motivados por uma gestão inadequada da tecnologia em âmbito familiar, principalmente o transporte e o armazenamento de águas nas cisternas oriundas de fontes não potáveis. Nestes casos, a capacitação das famílias é fundamental, principalmente para conscientizá-las de que a água de chuva armazenada na cisterna deve ser reservada, exclusivamente, para o consumo.

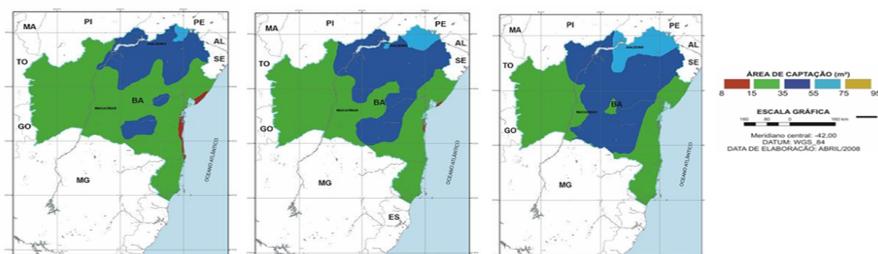
Na Figura 3, podem ser observadas cisternas construídas em área de assentamento da reforma agrária, no Município de Petrolina, PE.

Foto: Nilton de Brito Cavalcanti.



Figura 3. Cisterna construída pelo P1MC, em área de assentamento da reforma agrária, Petrolina, PE.

Com as perspectivas delineadas a partir das evidências das mudanças climáticas, foram realizados estudos correlacionando a redução da precipitação com as áreas de captação das cisternas, um exemplo para o Estado da Bahia. Os mapas das Figuras 4a, 4b e 4c apresentam a situação atual e os cenários considerando redução de 10% e 20% do volume precipitado neste estado, respectivamente, e sinalizam que a redução na precipitação influenciará diretamente na capacidade de captação e no volume de água armazenado, observando-se a necessidade de aumento das áreas de captação das cisternas, para garantir a água de beber das famílias beneficiadas pelo programa.



(a) Cenário atual

(b) Cenário: 10% P

(c) Cenário: 20% P

Fonte: Moura et al. 2007.

Figura 4. Mapas apresentando a necessidade de aumento das áreas de captação de água de chuva no estado da Bahia, considerando o cenário atual (a), 10% (b) e 20% (c) de redução nas precipitações pluviométricas, como preconizado pelo International Panel on Climate Change (IPCC) (2007).

Cisterna: água para produção de frutas e hortaliças

Em regiões áridas e semiáridas, onde a água é fator limitante, o conceito de produtividade de água deve ser empregado em todos os seus usos. No contexto da agricultura, significa a obtenção de “maior produtividade por unidade de água aplicada”, ou seja, usar água de forma eficiente. Segundo Chistofidis (2008), encontrar meios de produzir mais alimentos com menos água é um dos maiores desafios enfrentados atualmente pela humanidade e, para isto, deve-se ter como base este conceito. Com essa preocupação, estão em ação diferentes políticas públicas que contemplam ações estruturantes voltadas para aumentar a disponibilidade hídrica, em especial, no Semiárido brasileiro, para o consumo das famílias e para a produção de alimentos, como o P1MC e o P1+2.

A água utilizada para irrigar as fruteiras é proveniente da chuva e armazenada em cisterna com capacidade para 50 mil L, e corresponde à segunda água na definição do P1+2, vez que a família já dispõe da cisterna para atender ao consumo, conforme apresentado na Figura 5.

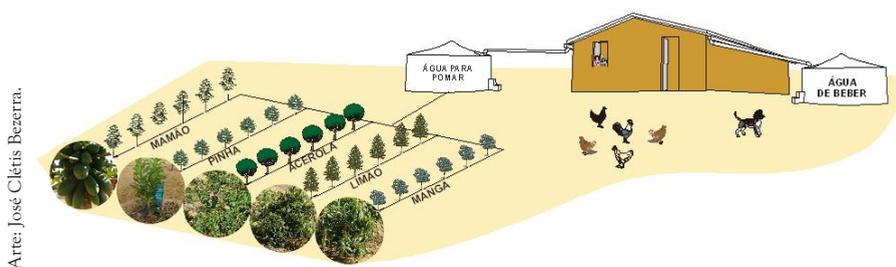


Figura 5. Esquema da área do pomar instalado com diversas espécies de fruteiras.

As áreas de produção deste sistema podem ser formadas por um pomar, contendo diferentes espécies de fruteiras e/ou por canteiros de hortaliças. A produção de frutas e hortaliças tem por objetivo diversificar e melhorar a qualidade da alimentação das famílias rurais, principalmente das crianças, cuja alimentação deve ser equilibrada e fortificada com vitaminas e minerais. A vitamina A, presente em folhas verde-escuras, frutas (mamão, manga, melão, abacate) e verduras alaranjadas (cenoura, abóbora), entre outras, tem como função atuar no crescimento e desenvolvimento e na saúde da pele, do osso, da visão e do sistema imunológico.

O número de fruteiras em cada pomar deve ser definido em função da disponibilidade de água armazenada, neste caso particular, da capacidade de armazenamento de água da cisterna.

Com exceção dos dias chuvosos, a água é aplicada às fruteiras em quantidades diferenciadas durante todo o ano, considerando a disponibilidade de água da cisterna. Para um pequeno pomar com 30 fruteiras, durante o período chuvoso, que corresponde, em média, aos meses de janeiro a abril, tomando como referência o Município de Petrolina, PE, deve-se aplicar um volume de água correspondendo a 5 L.planta⁻¹, três vezes por semana; entre os meses de maio a agosto, 10 L.planta⁻¹, aplicados na mesma frequência, e, finalmente, 15 L.planta⁻¹ no período mais crítico, considerado aquele de ausência de chuvas, que corresponde, em média, aos meses de setembro a dezembro. Com a ocorrência de chuvas em quaisquer desses períodos e observando que o solo próximo à planta está úmido, a aplicação de água é suspensa sendo retomada quando o solo começar a perder umidade, considerando o princípio da irrigação de salvação (BRITO et al., 2009).

Os pomares instalados tanto na área experimental quanto em áreas de produtores constituem-se de cinco plantas das espécies manga, acerola, mamão, limão, caju e pinha. Algumas espécies já iniciaram a produção e apresentam bons resultados, melhorando a dieta alimentar das famílias rurais, como preconizado no P1+2 e nas políticas sociais de governo. Como exemplo, a acerola colhida por estes produtores pode ser transformada em polpa e armazenada para consumo posterior. Considerando que o teor de ácido ascórbico em 100 g de polpa de acerola excede 1000 mg, valor equivalente aos efervescentes no padrão 1 g (um grama), os 120 kg colhidos em apenas seis meses foram inseridos na dieta das famílias, constituindo-se em quantidade significativa de vitamina C. Além da vitamina C, a acerola contém, também, quantidades significativas de cálcio, ferro, fósforo e vitaminas A, B1, B2 e B3.

Na microbacia formada por cada fruteira, foram colocados restos de cultura como cobertura morta, com o objetivo de reduzir a evaporação, aumentando, assim, a eficiência de uso da água em áreas de produtores, como observado na Figura 6.



Fotos: Nilton de Brito Cavalcanti.

Figura 6. Pomares em áreas de produtores, na comunidade Barreiro, Município de Petrolina, PE.

Durante o período das chuvas, além de não haver necessidade de aplicar água nas fruteiras, pode-se explorar as áreas entre as linhas das fruteiras com culturas anuais, como feijão, milho, melancia, abóbora, quiabo, entre outras espécies, permitindo o aproveitamento da umidade do solo e a obtenção de maior produtividade na área explorada (Figura 7).



Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

Figura 7. Feijão cultivado nas entrelinhas das fruteiras irrigadas com água de chuva de cisterna, no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Nos canteiros construídos para cultivo das hortaliças, foram cultivados coentro, pimentão, cenoura, berinjela e alface. Dois canteiros foram construídos em alvenaria, com o piso impermeabilizado com argamassa de cimento e areia, para reduzir a infiltração e, conseqüentemente, a aplicação de água, como recomendado por Win (2007). Em cada canteiro, é aplicado um volume médio correspondendo a 32 litros de água.dia⁻¹ (Figura 8).



Figura 8. Cultivo de coentro (a), pimentão (b), cenoura (c) e berinjela (d), utilizando água de chuva armazenada na cisterna do Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Cisterna: água para consumo animal

No Semiárido brasileiro, durante o período sem chuvas, os animais também sofrem com a falta e a má qualidade das águas, principalmente com o aumento dos teores de sais solúveis nas fontes hídricas disponíveis, o que pode representar riscos à saúde destes animais, podendo afetar a qualidade da carne e do leite, a ponto de torná-los inadequados ao consumo (COLACELLI, 1997). Para melhorar a qualidade e garantir a disponibilidade de água para os animais, várias tecnologias são citadas na literatura. Porém, nem sempre são apropriadas ao sistema de produção utilizado pela maioria dos pequenos criadores de caprinos e ovinos dessa região, por apresentarem, principalmente, custos elevados.

Os rebanhos de caprinos e de ovinos disponíveis nessa região, normalmente, utilizam a caatinga, complementada com o uso de forragens de baixa demanda hídrica, conservadas na forma de feno ou silagem, como alternativa de alimentação. Com a garantia da disponibilidade de água e de alimentos, esses animais são capazes de produzir um ganho de peso de 35 kg.ano^{-1} (GUIMARÃES FILHO; LOPES, 2001).

Com o sucesso do uso da cisterna para o consumo humano no P1MC, esta alternativa passou por adaptações, tornando-se viável, dos pontos de vista técnico e econômico, para ser utilizada por pequenos produtores de caprinos e ovinos, devido ao baixo consumo por animal (Figura 9) (BRITO et al., 2005, 2007a).

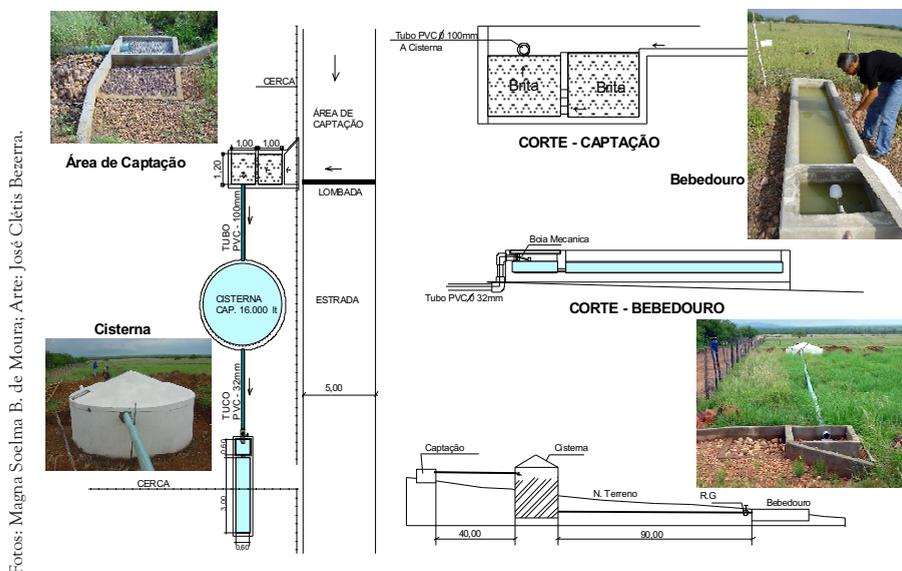


Figura 9. Cisterna para armazenar água de chuva para consumo animal, incluindo área de captação na estrada, sistema de filtragem e bebedouro no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

O maior desafio deste sistema é o elevado número de animais por produtor. Para superá-lo, recomenda-se que sejam construídos diferentes módulos na propriedade, de modo que os animais disponham de água para o consumo,

principalmente, no período seco. Considerando um consumo diário de 4,5 L de água por animal, por um período de 250 dias, a cisterna dará para atender satisfatoriamente a um rebanho de 15 a 20 animais, dependendo da idade desses animais. Cada animal terá capacidade de produzir 17,5 kg de carcaça por ano, o que demonstra a viabilidade econômica do sistema.

Barragem subterrânea: água para produção de alimentos

A barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica para aproveitamento das águas de chuva e proporciona redução significativa das perdas de água por escoamento superficial. A água é armazenada no perfil do solo e permite a formação ou a elevação do lençol freático, possibilitando a exploração de uma agricultura de vazante, prática comum na região. Na literatura, há indícios de que uma das primeiras barragens subterrâneas foi construída no Rio Grande do Norte, em 1887, em propriedade particular (BRITO et al., 1989).

Porém, os primeiros projetos de pesquisa voltados para entender o funcionamento dessa tecnologia tiveram início na Embrapa Semiárido em 1982, quando foram avaliados materiais alternativos para a construção da parede da barragem e opções de manejo do solo e de cultivos, considerando os aspectos técnicos, econômicos e ambientais (BRITO et al., 1989). Estes estudos, também, permitiram que essa tecnologia se tornasse mais conhecida e utilizada pelos produtores, técnicos e pesquisadores. Como resultado, atualmente, estão implantadas, na maioria dos estados do Nordeste, algumas destas, sendo permanentemente monitoradas por meio de projetos de pesquisa.

Corroborando com essas afirmações, o documento que apresenta um estudo das bacias hidrográficas do estado de Pernambuco (SILVA, 2006) relata que foi a Embrapa Semiárido a pioneira nos estudos sobre barragens subterrâneas, construindo, em 1982, três barragens sucessivas em seus campos experimentais, visando avaliar o desempenho dessa tecnologia em linhas de drenagem natural. Neste relato, informa, ainda, que em 1988, técnicos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) efetuaram estudos em aluviões do Sertão pernambucano, visando à construção de barragens subterrâneas e, a partir de 1994, a ONG denominada “Caatinga” inseriu a barragem subterrânea em suas ações de desenvolvimento como alternativa para melhorar a produção agrícola em áreas de produtores. Nesta mesma época, o Departamento Nacional de Pesquisas

Minerais (DNPM) construiu, na bacia do rio Pajeú, sete barragens subterrâneas visando proporcionar a melhoria das vazões dos cacimbões ali existentes.

A barragem subterrânea é uma técnica para armazenar água de chuva no perfil do solo, por meio de uma parede construída transversalmente ao fluxo das águas, que tem a função de barrar o fluxo de água horizontal (Figura 10). A água da chuva infiltra-se lentamente e, armazenada no solo, permite sua utilização posterior pelas plantas (BRITO et al., 1999; SILVA et al., 2007a). Desta forma, o solo se mantém úmido por um maior período de tempo, permitindo, algumas vezes, o cultivo de dois ciclos, especialmente em anos de chuvas regulares. Diferentemente das barragens convencionais, as perdas de água por evaporação são mínimas.

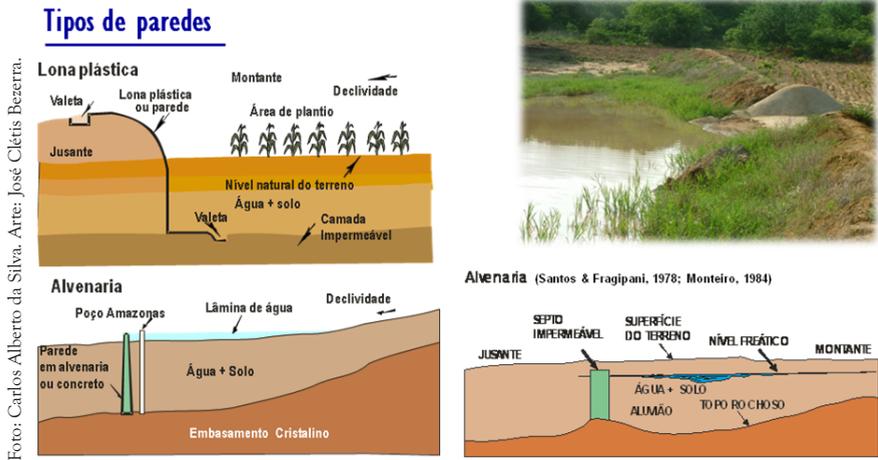


Figura 10. Tipos de paredes de barragem subterrânea construída com lona de polietileno ou alvenaria.

As principais inovações introduzidas pelas pesquisas realizadas pela Embrapa Semiárido foram a possibilidade de construção dessas barragens em áreas de convergência de linhas de drenagem, isto é, fora dos leitos de rios e riachos, e, também, o uso da lona plástica de polietileno na construção da parede da barragem, que é um material de baixo custo e facilmente disponível no comércio. A partir dos resultados obtidos ao longo desses anos com esta tecnologia, podem ser feitas algumas recomendações quanto à escolha do local e

aos aspectos construtivos da barragem subterrânea, tais como: considerar aspectos relacionados ao tipo de solo, profundidade e declividade da área; os melhores resultados têm sido obtidos em solos aluviais, em leitos de rios e de riachos temporários, cujas vazões anuais não comprometam a estrutura da barragem; eliminar áreas com risco de salinização do solo; colocar descarga de fundo, para permitir a lavagem do perfil do solo, reduzindo os riscos de salinização (BRITO et al., 1999; SILVA et al., 2007a). Quanto à viabilidade da lona plástica de polietileno utilizada nas barragens subterrâneas, 3 anos depois de construídas, foi feita avaliação, concluindo-se que esta apresentava boas características, principalmente elasticidade. O monitoramento realizado periodicamente nessas barragens subterrâneas indica que não está ocorrendo salinização da água e dos solos, vinte e sete anos após a construção.

Em condições propícias de solos, recomenda-se a construção de poço amazonas ou cacimbas à montante da barragem subterrânea, à semelhança das barragens subterrâneas construídas no Rio Pajeú (SILVA, 2006). Esta alternativa permite a renovação da água e a lavagem dos sais no perfil do solo, funcionando, também, como descarga de fundo. A utilização desta água só é recomendada para consumo humano e para pequenas criações, quando, na área de plantio, não se utilizar defensivos agrícolas e fertilizantes nitrogenados, que podem causar problemas à saúde humana e dos animais.

O preparo do solo na barragem subterrânea é semelhante ao do sistema de agricultura de vazante, sendo as sementes ou mudas plantadas na curva de nível formada pela linha da água. Assim, deve-se preparar a área de plantio após as primeiras chuvas, quando o solo estiver com umidade ideal, utilizando tração animal ou outros implementos agrícolas. Não se deve plantar a área próxima ao sangradouro, após as primeiras chuvas, pois corre-se o risco de saturação do solo pela ocorrência de chuvas mais intensas. As culturas recomendadas com potencial de exploração nas barragens subterrâneas são: milho, caupi, gergelim, arroz, batata-doce, mandioca, sorgo e fruteiras, como manga, goiaba, acerola, limão, hortaliças, além de cana-de-açúcar e forrageiras (Figuras 11 e 12) (FERREIRA et al., 2007; SILVA et al., 2006).



Foto: Carlos Alberto da Silva

Figura 11. Diversificação de culturas exploradas na barragem subterrânea, no Município de Ouricuri, PE.



Foto: Gizélia Barbosa Ferreira.

Figura 12. Hortaliças cultivadas na barragem subterrânea, no Povoado da Bananeira, Município de São José da Tapera, AL.

Estudos desenvolvidos por Silva et al. (2007a) indicam que os principais desafios dessa tecnologia, para ser utilizada em larga escala, como no P1+2, são a escolha adequada do tipo solo e o perfil do agricultor, fatores associados que têm se caracterizado como as principais causas de insucesso dessa tecnologia no âmbito dos produtores rurais de vários estados nordestinos. Para selecionar um

local ideal, há necessidade de conhecimentos básicos sobre solos e geologia, os quais serão considerados antes do início da construção das barragens subterrâneas. Dessa forma, pode-se garantir que essa tecnologia pode reduzir os riscos da instabilidade climática da região e contribuir com aumento da produtividade de alimentos.

Captação de água de chuva in situ: água para produção de alimentos

Os pequenos agricultores do Semiárido brasileiro apresentam sistemas de exploração que sobrevivem em equilíbrio precário com as condições agroecológicas e socioeconômicas, devido à instabilidade climática recorrente na região. Nestas condições, são necessárias práticas de manejo de solo adequadas, voltadas para aumentar a disponibilidade de água no solo e permitir melhor desenvolvimento e produtividade das culturas, como as técnicas de captação de água de chuva. Com este objetivo, diferentes pesquisas foram desenvolvidas pela Embrapa Semiárido (SILVA; PORTO, 1982; SILVA et al., 1989; PORTO et al., 1989; MONTEIRO et al., 1989; ANJOS, 2000; ANJOS et al., 2007), relacionadas aos métodos de captação de água de chuva in situ, utilizando, principalmente, a tração animal.

Tradicionalmente, o sistema de preparo do solo utilizado pelos produtores consiste de uma técnica aparentemente simples e pouco agressiva ao ambiente, mas que reduz a infiltração da água no solo, induz o aumento do escoamento superficial e contribui para o processo erosivo do solo. O preparo do solo com captação in situ tem efeito contrário, isto é, aumenta a infiltração de água e reduz as perdas por escoamento superficial.

Na captação in situ, os sulcos e camalhões formados pelos cortes efetuados no solo são em curvas de nível. Estudos realizados pela Embrapa Semiárido, avaliando diferentes métodos de captação de água de chuva in situ, avaliando densidade de plantio com a precipitação ocorrida, obtiveram incrementos significativos na produtividade das culturas de caupi, milho e sorgo (SILVA et al., 1989; PORTO et al., 1989; MONTEIRO et al., 1989). Entre os diferentes métodos avaliados, citam-se: aração em faixas, denominado método Guimarães Duque, sulcos barrados, aração parcial e aração total.

O preparo de solo com o método de Guimarães Duque é utilizado desde a década de 1950 e consiste na aração do solo em faixas, confeccionadas em curvas de nível. É um sistema renovável, com duração de 2 a 3 anos, também podendo ser manejado a cada cultivo, utilizando-se arados de aiveca a tração animal. Com este procedimento, mobiliza-se apenas a zona de plantio. O método de captação in situ tipo sulco barrado se tornou viável a partir do desenvolvimento, pela Embrapa Semiárido (ANJOS, 2000), de um barrador de sulco, com o objetivo de confeccionar as pequenas barreiras, espaçadas entre si a cada 2 m a 3 m ao longo do sulco, com a finalidade de impedir o escoamento da água de chuva e promover maior infiltração.

Neste sentido, também foram realizados estudos objetivando avaliar as perdas de água e de solos em áreas submetidas a diferentes sistemas de preparo do solo, como Guimarães Duque, aração parcial e profunda e sulcos barrados, comparando-se com o sistema de plantio no plano (Figura 13). Em 2006, com a ocorrência de apenas 322,8 mm de precipitação acumulada no ciclo de produção do milho, as menores perdas de solo e de água e a maior produtividade de grãos foram obtidas no sistema de captação in situ com sulcos barrados (ANJOS et al., 2007).



Figura 13. Captação de água de chuva pelos métodos Guimarães Duque (esquerda) e sulcos barrados (direita), no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

A partir dos resultados obtidos nesses estudos, a captação de água de chuva in situ tem sido disseminada e utilizada por diferentes agricultores familiares e em áreas de assentamentos da reforma agrária, reduzindo, significativamente, a perda de safra em períodos de irregularidade de chuvas. Assim, em 2005, o Governo do Ceará implantou o plano de safra agrícola com 822,8 ha,

beneficiando 1006 famílias, cultivando milho, feijão e algodão herbáceo. Na localidade Vera Cruz, distrito de Inhamuns, Município de Tauá, CE, com apenas 286,0 mm de precipitação e ocorrência de vários veranicos, os resultados com a captação *in situ* apresentaram produtividade média de 2.580,0 kg.ha⁻¹, enquanto os agricultores das localidades circunvizinhas, que não usaram a tecnologia, obtiveram uma produtividade baixa, de apenas 270,0 kg.ha⁻¹. Com o sucesso obtido pelos produtores, no ano seguinte, o governo daquele Estado planejou alcançar uma meta de 5.250 agricultores de base familiar utilizando essa tecnologia, atingindo 10 mil ha (MINISTÉRIO..., 2005).

Irrigação de salvação: produção de alimentos

No Semiárido brasileiro, após as primeiras chuvas, é comum ocorrerem períodos de 20 a 30 dias de estiagem, o que pode afetar o desenvolvimento das culturas e comprometer a produção agrícola. Para suprir as necessidades hídricas das culturas, nestes veranicos, recomenda-se o uso da irrigação de salvação, que pode ser efetuada quando as plantas apresentarem sintomas de falta de água. A água pode estar armazenada em um pequeno reservatório, como barreiro, barragem, poço ou qualquer fonte hídrica, de modo que possibilite seu uso, consequentemente, a segurança alimentar das famílias, em anos de chuvas irregulares (Figura 14).



Figura 14. Irrigação de salvação utilizando água de barreiro nas culturas de feijão caupi e milho, no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

No barreiro tradicional, foram feitas algumas inovações com o objetivo de dar maior eficiência ao uso da água. Assim, foi introduzida uma parede divisória, que, no início e no final das chuvas, pode armazenar água em apenas um compartimento, reduzindo, assim, as perdas por evaporação e por infiltração, além de permitir o uso da água com maior eficiência, por causa da maior carga hidráulica (Figura 15). Também, como o sistema aplica água às culturas por gravidade, a área total deve ter declividade suficiente para permitir o escoamento da água (SILVA et al., 1981; SILVA; PORTO, 1982; SILVA et al., 2007b). Quanto ao manejo do sistema, recomenda-se que a água seja aplicada às culturas quando a umidade disponível no solo situar-se entre 30% e 40%. Como, na prática, nem sempre isto é possível, recomenda-se irrigar uma ou duas vezes por semana, após observar que as plantas apresentam-se com as folhas enroladas no início do dia, de modo que se utilize menos água na fase inicial da cultura, usando-a, posteriormente, nas fases mais críticas de desenvolvimento e produção da cultura.



Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

Figura 15. Irrigação de salvação utilizando água de barreiro nas culturas de feijão, caupi e milho, no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Perspectivas para as regiões áridas e semiáridas no contexto dos recursos hídricos

A convivência com o Semiárido tornar-se-á mais complexa diante da constatação do processo de aquecimento global e das projeções de intensificação da aridez e aumento da frequência e intensidade de fenômenos extremos, que implicará na incidência de secas mais fortes na região. A principal consequência desse fenômeno será a redução da disponibilidade hídrica, tanto pelo aumento da temperatura, como pela redução da precipitação. Numa região que já tem sérias limitações de recursos hídricos, o agravamento das condições climáticas poderá comprometer seriamente a capacidade de sobrevivência da população.

Nestes cenários, os riscos de insucesso na agricultura de sequeiro aumentarão. Daí a importância de agregar a essa atividade tecnologias e conhecimentos que propiciem a redução dessas incertezas, como as já citadas neste capítulo. Nesse contexto, o conceito de produtividade da água assume relevância maior.

Embora a Embrapa Semiárido tenha gerado tecnologias e conhecimentos capazes de reduzir os impactos das mudanças climáticas no ecossistema do Semiárido brasileiro, os pressupostos para a geração dessas tecnologias e conhecimentos, em sua maioria, não consideram esse cenário atual. Entretanto, a realidade demonstra a atualidade dessas inovações diante do que as teorias e as evidências empíricas têm demonstrado.

✓ Diante destes cenários, os principais desafios que são colocados para as instituições de desenvolvimento e para as políticas públicas, relacionados à captação e uso de água para a pequena produção no Semiárido, são:

✓ a) Uso de tecnologias poupadoras de água, de modo a produzir com maior eficiência – praticar o conceito de produtividade da água, como tem sido recomendado pela Embrapa Semiárido e outras instituições há mais de três décadas.

b) Prioridades aos programas governamentais para que estes promovam a segurança hídrica das comunidades rurais do Semiárido brasileiro, fornecendo água em quantidade e qualidade para atender às demandas das famílias para consumos humano e animal e para a produção de alimentos, de modo a

eliminar a ainda tão frequente utilização de carros-pipa para o abastecimento dessas comunidades, sem garantia da qualidade e regularidade da água fornecida.

c) Apoio às comunidades rurais para que estas sejam capacitadas para absorver e aplicar os conhecimentos disponibilizados, melhorando sua qualidade de vida..

d) Necessidade de desenvolvimento e aplicação de métodos simples de tratamento de água e técnicas de gestão dos recursos hídricos, principalmente relacionados à redução de desperdícios e de contaminação dos recursos hídricos, como, também, o uso de técnicas para reutilização de águas.

Referências

AMORIM, M. C. C. de; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTACAO DE AGUA DE CHUVA NO SEMI-ARIDO, 3., 2001, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2001. 1 CD-ROM.

ANJOS, J. B. dos. Implements and methods for the preparation of agricultural soil. In: FAO. **Manual on integrated soil management and conservation practices**. Rome, 2000. cap. 6, p. 45-49. (FAO. Land and Water Bulletin, 8).

ANJOS, J. B. dos; CAVALCANTI, N. de B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Captação "in situ": água de chuva para produção de alimentos. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap. 7, p.141-155.

ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO. **ASA**: programa de formação e mobilização social para convivência com o Semiárido: um milhão de cisternas rurais (PIMC). 2007. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br>>. Acesso em 21 out. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**: iniciando um processo de debate nacional. Brasília, DF, 2004. 51 p.

BRITO, L. T. de L.; CAVALCANTI, N. de B.; GNADLINGER, J.; PEREIRA, L. A. Cisterna: alternativa hídrica para melhorar a dieta alimentar das famílias do Semi-árido brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 7., 2009 [Caruaru]. **Anais...** Caruaru: ABCMAC: Embrapa Semiárido/AMAS-NE, 2009. 1 CD-ROM.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. **Barragem subterrânea I**: construção e manejo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 36).

BRITO, L. T. de L.; SILVA, D. A. da; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; REGO, M. M. do. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no Semi-árido.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 111-115, 1999.

BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; GNADLINGER, J.; XENOFONTE, G. H. S. Análise da qualidade das águas de cisternas em cinco municípios do Semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 3.; SEMINÁRIO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA, 3., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABA, 2005. 1 CD-ROM.

BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; CAVALCANTI, N. de B. Cisterna rural: água para o consumo animal. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007a. cap. 5, p. 105-116.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; D'AVILA, O. A. Avaliação técnica do programa de cisternas no Semi-árido brasileiro. In: VAITSMAN, J.; PAES-SOUSA, R. (Org.). **Avaliação de políticas e programas do MDS: resultados.** Brasília, DF: MDS: SAGI, 2007b. cap. 5, p. 199-234.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e segurança alimentar. **Revista Item**, Viçosa, MG, n. 77, p. 16-21, 1. trim. 2008.

COLACELLI, N. A. **Calidad de água para bebida animal.** 1977. Disponível em: <<http://www.tucuman.com>> Acesso em: 8 mar. 2005.

DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas.** 4. ed. Fortaleza: DNOCS, 1973. 223 p. (DNOCS. Publicação; 154-Serie I-A).

EMBRAPA. **Semi-árido brasileiro: convivência do homem com a seca.** Implantação de sistemas de exploração de propriedades agrícolas. Brasília, DF: EMBRAPA: EMBRATER, 1982. Não paginado.

FERREIRA, G. B.; MENDONÇA, C. E. S.; GAVA, C. A. T.; SILVA, M. S. L. da; PETRESE, V. G. Barragem Subterrânea: uma alternativa sustentável para a agricultura familiar no Semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5., 2007, Guarapari. **Anais...** Guarapari: ABA, 2007. 1 CD-ROM.

GNADLINGER, J.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. P1 + 2: Programa Uma Terra e Duas Águas para um Semiárido sustentável. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. cap. 3, p. 63-77.

GUIMARÃES FILHO, C.; LOPES, P. R. C. **Subsídios para a formulação de um programa de convivência com a seca no Semi-árido brasileiro.** Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001. 22 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 171).

INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE. **Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and the Caribbean**. Washington: Organization of American States-Environment General Secretariat, Unit of Sustainable Development: IETC-UNEP, 1997. 275 p. il.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: synthesis report: summary for policymakers, contribution of working groups I,II,III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Serviços de Saúde Pública. **Manual de saneamento**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1981. 255 p. il.

MINISTÉRIO do Desenvolvimento agrário premia EMATER-CE. 2005. Disponível em: <http://www25.ceara.gov.br/noticias/noticias_detalhes.asp?nCodigoNoticia=16114>. Acesso em: 14 out. 2007.

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Desenvolvimento rural: irrigar 500.000 ha com pequenos agricultores**. Brasília, DF: EMBRATER/EMBRAPA, [1986]. 30 p. il.

MONTEIRO, M. A. R.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R. **Captação de água de chuva in situ III: densidade de milho**. In: EMBRAPA-CPATSA. **Captação de água de chuva "in situ": comparação de métodos e densidade de plantio**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. p. 39-53. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 35).

MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; SÁ, I. I. de; LEITE, W. de M. **Influência da precipitação pluviométrica nas áreas de captação de água de chuva na Bahia**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Água de chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável: anais**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Água: la desinfección del agua**. 1999. Disponível em: <www.paho.org/spanish/HEP/HES/agua.htm>. Acesso em: 17 fev. 2006.

PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; MONTEIRO, M. A. R. **Captação de água de chuva in situ II: densidade de caupi**. In: EMBRAPA-CPATSA. **Captação de água de chuva "in situ": comparação de métodos e densidade de plantio**. Petrolina, 1989. p.25-37. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 35).

PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. de; ARAÚJO, G. G. L. de; AMORIM, M. C. C.; PAULINO, R. V.; MATOS, A. N. B. **Sistema de produção integrado usando efluentes da dessalinização**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 2004. 22 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 187).

PROJETO ARIDAS. **Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste: GT II - Recursos hídricos: relatório consolidado**. Brasília, DF: SEPLAN, 1994. 177 p.

QIANG, Z.; LI, Y. Rainwater harvesting in the Loess plateau of Gansu, China and its significance. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Singapura: IRCSA, 1999. 1 CD-ROM.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; GOMES, P. C. F. **Seleção de áreas e construção de barreiros para uso em irrigação de salvação no Trópico Semiárido**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1981. 43 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 3).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do tropico Semiárido do Brasil: tecnologias de baixo custo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 14).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; LIMA, L. T. de; GOMES, P. C. F. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais; dimensionamento; construção e manejo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1984. 103 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 12).

SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; GALVÃO, C. de O. Cisterna rural com área de captação no solo. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA INOVADORA PARA O NORDESTE, 1986, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: BNB, 1986. Não paginado.

SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L.; ROCHA, H. M. **Captação e conservação de água de chuva no Semi-árido brasileiro: cisternas rurais II - água para consumo humano**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA: SUDENE, 1988. 79 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 16).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; BRITO, L. T. de L.; MONTEIRO, M. A. R. Captação de água de chuva in situ I: comparação de métodos da região semiárida brasileira. In: EMBRAPA-CPATSA. **Captação de água de chuva "in situ": comparação de métodos e densidade de plantio**. Petrolina, 1989. p. 5-24. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 35).

SILVA, M. S. L. da; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B. dos; HONÓRIO, A. P. M.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007a. cap. 6, p. 121-137.

SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; BRITO, L. T. de L. Irrigação de salvação em culturas de subsistência. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007b. cap. 8, p. 159-179.

SILVA, S. R. da (Coord.). **Bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife: SECTMA, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, M. S. L. da ; ANJOS, José Barbosa dos ; MENDONÇA, C. E. S. ; FERREIRA, G. B. ; SILVA, S. dos A. B. da . Barragem subterrânea uma opção para exploração agrícola no Semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 4., 2006, Belo Horizonte.

ABA - Agroecologia. Belo Horizonte, 2006.

WAGNER, E. Perspectivas e potencialidades da irrigação, da agricultura irrigada e do agronegócio no Semiárido brasileiro: bases da liderança do Banco Mundial no Brasil. **Revista ITEM**, Viçosa, MG, n. 74/75, 2007.

WIN, U. D. Técnicas de captação e uso da água no Semiárido brasileiro: canteiros econômicos em água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. **Água de chuva**: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável: anais... Belo Horizonte: ABCMA: Embrapa Semiárido: UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

Uso da água em agricultura irrigada no Semiárido brasileiro



Foto: José Maria Pinto

Capítulo 10

Luís Henrique Bassoi
Antonio Heriberto de Castro Teixeira
Marcos Brandão Braga
Welson Lima Simões
Marcelo Calgaro
José Maria Pinto

Introdução

O uso da água na agricultura é um tema de grande interesse por aqueles que estão envolvidos nesta atividade, pois a mesma é o maior consumidor mundial de água. Evidentemente, em se tratando de regiões onde a magnitude das perdas de água por evaporação do solo e pela transpiração das plantas é maior que a precipitação pluvial, levando à ocorrência de deficit hídrico, como no Semiárido do Brasil, o uso de água pela agricultura é de grande interesse da sociedade como um todo, visto que pode haver competição pelo seu uso com outros setores, como geração de energia, uso industrial, uso doméstico, entre outros.

Assim, este capítulo apresenta algumas considerações sobre a disponibilidade e o uso de água para agricultura no Brasil, com ênfase na região semiárida, descrevendo sucintamente as atividades de pesquisa realizadas pela Embrapa Semiárido (desde a sua criação, em 1975) e instituições parceiras a respeito da salinização de áreas irrigadas, uso da água na agricultura e manejo da irrigação.

Disponibilidade de água no Brasil e no Semiárido

No Brasil, a vazão média anual dos rios de $179 \text{ mil m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, o que equivale a 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, estimada em $1,5 \text{ milhão m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. No entanto, a disponibilidade hídrica brasileira pode chegar a $267 \text{ mil m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, equivalendo a 18% do total global, caso sejam consideradas as vazões oriundas de rios localizados no Uruguai, Paraguai e em países da região Amazônica. Para efeito de planejamento e gerenciamento, o Brasil adotou, no seu Plano Nacional de Recursos Hídricos, uma divisão do país em 12 regiões hidrográficas: Amazônica, Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Parnaíba, São Francisco, Tocantins-Araguaia, Uruguai, Paraguai e Paraná (BRASIL, 2006).

O Semiárido brasileiro abrange partes das regiões hidrográficas do Parnaíba (porção centro-norte), do Atlântico Nordeste Oriental, do São Francisco (médio e baixo cursos) e do Atlântico Leste (porção oeste, mais afastada da costa litorânea). Em 2003, o PIB gerado por essas regiões hidrográficas correspondeu a 17,8% do PIB nacional. Em relação à vazão média anual dos cursos de água, elas representam, respectivamente, 0,43%, 0,43%, 1,59% e 0,83 % da vazão

média total ($179.433 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). A vazão específica, que indica as regiões mais ou menos produtoras de água, varia de $0,3 \text{ L/s} \cdot \text{km}^{-2}$ a $5,0 \text{ L/s} \cdot \text{km}^{-2}$ na região semiárida, enquanto que a média nacional é de $21 \text{ L/s} \cdot \text{km}^{-2}$ (BRASIL, 2006).

A relação entre a vazão média dos cursos de água e população ($\text{m}^3/\text{hab} \cdot \text{dia}^{-1}$), para a região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, é de $1145 \text{ m}^3/\text{hab} \cdot \text{dia}^{-1}$ e está abaixo da recomendada pela ONU ($2500 \text{ m}^3/\text{hab} \cdot \text{dia}^{-1}$). Considerando a relação espacial entre vazão de retirada para os usos consuntivos e a vazão média (%) (critério adotado pela European Environmental Agency e ONU), a região hidrográfica Nordeste Oriental apresenta subregiões em condição preocupante (10% a 20%), em condição crítica (20% a 40%) e em condição muito crítica (> 40%) (BRASIL, 2008).

Uso da água para a agricultura irrigada no Brasil e no Semiárido

O setor agrícola brasileiro é o principal usuário consuntivo dos recursos hídricos, o que implica na redução da disponibilidade hídrica, e é na área física abrangida pelo setor que pode ocorrer a maioria das intervenções para a melhoria da utilização deste recurso, fundamental aos processos produtivos. Assim, a integração entre as políticas hídrica, ambiental e agrícola é vital para que o país possa se desenvolver de maneira sustentável (BRASIL, 2006).

A irrigação é uma técnica milenar, que tem como objetivo propiciar um volume de água adequado às culturas, para que estas expressem ao máximo seu potencial genético de desenvolvimento e produção. O uso desta técnica veio tornar regiões anteriormente impróprias à produção agrícola em celeiros de alimentos, tendo, como exemplo, as regiões áridas e semiáridas de países como Israel, Espanha e Estados Unidos. Na região semiárida do Brasil, os municípios de Petrolina, PE e Juazeiro-BA, que se destacam na agricultura irrigada, tiveram seu desenvolvimento impulsionado pelo uso desta técnica.

A irrigação é responsável pela maior captação de água, com a vazão de retirada das fontes hídricas estimada em $739 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (46% do total da vazão de retirada). É o maior consumo de água, correspondendo a $591 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (69% do total de água consumida). A vazão de retirada das regiões hidrográficas onde o Semiárido está inserido é de $423 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ - 26,5% da vazão de retirada nacional; $249 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ - 29,6% do total de água consumida e $174 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ são devolvidos - 23,2% da média nacional

de vazão devolvida. A irrigação é a maior responsável pela vazão de retirada nas regiões hidrográficas do Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental e São Francisco. Na região do Atlântico Leste, predomina o uso urbano, seguido pelo uso na irrigação. Em relação à vazão de consumo, há um amplo domínio da irrigação nas quatro regiões hidrográficas onde se encontra o Semiárido (BRASIL, 2006).

Na bacia do São Francisco, que possui em torno de 57% de sua área no Semiárido, as águas subterrâneas têm sido muito utilizadas, embora pouco estudadas. Nas áreas de rochas metamórficas e ígneas, os aquíferos são fraturados e, na parte do Semiárido, estão recobertos por delgado manto de intemperismo de 1 m a 5 m de espessura, cuja produtividade de seus poços é, em média, de $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, com profundidade média de 50 m. Na parte de clima mais úmido da bacia do São Francisco, esse manto é mais espesso e varia entre 10 m e 100 m, com os poços apresentando, em média, 85 m de profundidade e vazão de $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. O número de poços abandonados e desativados é elevado, sendo frequentes as ocorrências de águas salgadas. Na bacia, ocorrem ainda rochas calcárias, que pertencem ao sistema aquífero cárstico-fissural Bambuí. Os poços apresentam vazão média de $14 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, profundidade média de 85 m e são muito explorados. Na região do Médio do Vale São Francisco, ocorre o sistema aquífero poroso Urucuaia-Areado, cuja água é utilizada para abastecimento humano e irrigação, com poços de profundidade média de 90 m e vazão média de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Ainda, na região semiárida da bacia, os principais problemas relacionados aos recursos hídricos e ao meio ambiente são: o uso intensivo de água superficial e subterrânea na agricultura irrigada; a poluição difusa, em razão da agricultura e de esgotos lançados inclusive em corpos d'água intermitentes; resíduos sólidos, sem controle e com destinação final inadequada e escassez de água em razão da intermitência dos tributários (PROGRAMA..., 2004).

O uso da água em agricultura irrigada no Semiárido brasileiro tem ocorrido desde a pequena propriedade agrícola, com alguns poucos hectares, até a propriedade agrícola empresarial, com áreas superiores a 100 ha. Em áreas para produção agrícola de maior extensão, principalmente as inseridas nos perímetros irrigados ou próximas ao rio São Francisco, a agricultura irrigada no Semiárido brasileiro tem causado, a partir do final da década de 1960, grandes mudanças no uso da terra.

Como a região semiárida do Brasil é marcada por disparidades socioeconômicas e vulnerabilidades ambientais, a elevação do valor produzido dos produtos agrícolas por unidade de água se torna importante. Por esta razão, a região necessita de estudos em uma maior escala sobre como aperfeiçoar e harmonizar o consumo de água pelos vários setores usuários (agricultura, geração de energia, uso doméstico, uso industrial, mineração, navegação, etc), pelo fato de a agricultura ser o maior usuário de água no mundo.

Assim, a análise da produtividade da água em larga escala é uma boa ferramenta para auxiliar o gerenciamento hídrico, pois esta reflete o objetivo de produzir mais alimentos, lucros, desenvolvimento rural e benefícios ecológicos com um menor custo social e ambiental por unidade de água aplicada e consumida. Melhorando-se a produtividade física da água, reduz-se a quantidade adicional da mesma na agricultura, deixando-se mais água disponível para manutenção dos ecossistemas.

Técnicas com possibilidade de aplicação em grandes escalas, como sensoriamento remoto e modelagem, juntamente com dados agrometeorológicos obtidos em uma menor escala (parcela), podem melhorar o manejo de água em áreas irrigadas, bem como o manejo dos recursos hídricos na região semiárida brasileira. Há, também, a possibilidade do acompanhamento do impacto causado pelas atividades da agricultura irrigada intensiva sobre as condições ambientais. Para este conhecimento, são muito importantes as medições e modelagens de variáveis de interesse em escalas pontuais e regionais. Análises de desempenhos de perímetros irrigados também auxiliam no gerenciamento hídrico em maiores escalas e na tomada de decisões para o aperfeiçoamento da distribuição e uso de água, como realizado por Souza et al. (2001), no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, em Petrolina, PE.

A produtividade da água das culturas pode ser considerada a razão entre a produção obtida pela evapotranspiração e, em termos econômicos, pode indicar culturas mais lucrativas, aumento nas produções ou economia no consumo hídrico. Como indicador econômico, pode-se considerar o valor bruto ou líquido da produção agrícola sobre a água consumida durante o ciclo produtivo (TEIXEIRA et al., 2007, 2008, 2009a, 2009b). Exemplos de dados de produtividade da água das culturas envolvendo seis municípios produtores no Semiárido pernambucano são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de produtividade da água das culturas (PAC) na região semiárida do estado de Pernambuco, Brasil, em 2005: área colhida (AC); produção; produtividade; renda bruta (RB); produtividade da água (PAC – valores físicos; e PAC\$ – valores monetários).

Variável/ Cultura	AC (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	RB (10 ² US\$)	PAC (kg.m ⁻³)	PAC\$ (US\$.m ⁻³)
Videira	4.594	148.192	32.257	173.517	2,44	2,86
Mangueira	7.173	143.710	20.034	34.027	1,50	0,36
Bananeira	6.212	110.096	17.723	30.095	1,10	0,30
Goiabeira	739	12.136	16.422	1.569	1,34	0,17

Fonte: Adaptado de Teixeira et al. (2002), Teixeira et al. (2003), Bassoi et al. (2004b), Teixeira et al. (2007), Teixeira et al. (2008), Teixeira et al. (2009a).

Outra forma de caracterização do uso da água pela agricultura é utilizando o índice de produtividade da água das culturas em escala de bacia hidrográfica, obtido pela relação entre valor anual da produção agrícola e índice de disponibilidade hídrica. Tais índices permitem comparações diretas entre diferentes partes da bacia, análises entre disponibilidade de água e valor da produção agrícola, e direcionamento de políticas públicas para o aumento da produtividade da água. Ainda, considerando a perspectiva de expansão da agricultura irrigada, os efeitos hidrológicos, ambientais e econômicos podem ser previstos e, assim, instrumentos de gestão e manejo de água podem ser implementados. Portanto, podem ser identificadas, por exemplo, as demandas futuras de água para a irrigação, as áreas potencialmente de risco quanto ao não atendimento da demanda de água pela agricultura, as possíveis alterações da vazão à jusante das áreas irrigadas, o aumento do valor da produção agrícola e a quantidade de empregos gerados no meio rural (MANETA et al., 2009a, 2009b, 2009c). Os maiores valores referentes à produtividade da água na bacia hidrográfica do rio São Francisco foram obtidos nas regiões de Barreiras, BA (clima subúmido e seco, com alta precipitação) e Petrolina, PE/Juazeiro, BA (clima semiárido, baixa precipitação). Ambas as regiões caracterizam-se como locais de intensivos investimentos dos setores público e privado em irrigação, culturas anuais e perenes (MANETA et al., 2009c).

São vislumbrados importantes aumentos na demanda de água pelos usuários na região semiárida, apesar do aumento do valor obtido pelos produtos agrícolas e do aumento do emprego no meio rural, principalmente nas áreas irrigadas (água “azul”). Além disso, esse tipo de análise auxilia na identificação de áreas de risco

de seca e na extensão do risco para a agricultura de sequeiro (água “verde”), ao mesmo tempo em que podem ser previstas a frequência e a extensão do não atendimento da necessidade de água para irrigação (MANETA et al., 2009a).

Vulnerabilidade das áreas irrigadas do Semiárido brasileiro

Os problemas decorrentes da acumulação de sais solúveis e sódio trocável nos solos irrigados das regiões áridas e semiáridas são muito antigos e sua origem remonta à da própria irrigação. Os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas constituem um dos fatores limitantes da produção agrícola (CORDEIRO, 1988).

Os estudos visando determinar a qualidade da água, sob o ponto de vista de sua utilização na agricultura irrigada, indicam a conveniência ou limitação de seu emprego para fins de irrigação. Entretanto, a definição favorável ou contrária à utilização de uma água para fins de irrigação requer não somente ter presentes as condições de caráter químico que apresenta a água no momento em que é analisada, como, também, as características físicoquímicas dos solos em que vai ser aplicada, a susceptibilidade e/ou resistência das culturas a serem irrigadas e o método de irrigação em uso (CORDEIRO, 2001).

Alguns problemas relacionados ao excesso de sais e sódio trocável são inerentes ao solo (salinidade de origem primária). Entretanto, outros ocorrem em função da qualidade da água usada na irrigação, do seu manejo, da existência e do nível de drenagem natural e/ou artificial do solo e da profundidade do lençol freático. Nas áreas irrigadas, é comum o surgimento de salinidade provocada pela água de irrigação contendo concentrações elevadas de sais, decorrentes de práticas de manejo que não visam à conservação da capacidade produtiva dos solos, de ausência de sistema de drenagem, de quantidade inadequada de água e de uso indiscriminado e excessivo de fertilizantes (BERNARDO et al., 2006).

Toda água em condições naturais contém sais dissolvidos. A quantidade e o efeito destes sais sobre as características químicas e físicas de solos irrigados são de grande importância para manutenção da sua capacidade produtiva. Em geral, as águas que contêm menos de 600 mg.L^{-1} de sais totais podem ser usadas para irrigação de quase todos os cultivos. Águas com concentração salina entre 500 mg.L^{-1} e 1.500 mg.L^{-1} têm sido usadas na irrigação de plantas sensíveis a sais

em solos de boa drenagem interna ou providos de sistema de drenagem. As águas que contêm de 1.500 mg.L^{-1} a 2.000 mg.L^{-1} de sais totais podem ser usadas na irrigação de culturas moderadamente tolerantes, se uma maior frequência de irrigação, combinada com uma lâmina de lavagem de sais, for adotada. Entretanto, águas que contêm de 3.000 mg.L^{-1} a 3.500 mg.L^{-1} de sais totais só poderão produzir rendimentos com culturas altamente tolerantes (CORDEIRO, 2001).

No caso específico do Nordeste do Brasil, as águas usadas na irrigação são provenientes de rios, açudes e poços tubulares, apresentando valores de condutividade elétrica (CE) abaixo de $0,75 \text{ mmhos.cm}^{-1}$ e percentual de sódio abaixo de 60%, com exceção aos poços tubulares, os quais podem ter água com baixa qualidade para irrigação. São águas consideradas de boa qualidade e não apresentam maiores problemas para irrigação sob condições adequadas de manejo. Todavia, em decorrência do inadequado balanço de sais, comumente verificado por falta de drenagem, observa-se uma gradativa salinização do perfil do solo irrigado e um progressivo aumento das áreas problemáticas (CORDEIRO, 2001). Isso tem causado rápida ascensão do lençol freático nas áreas dos perímetros, que, reunida à grande demanda evapotranspirométrica da região, propiciam um fluxo ascendente a partir do lençol freático e, conseqüentemente, uma maior concentração de sais à medida que se aproxima da superfície do solo (BERNARDO et al., 2006).

Vários levantamentos realizados apresentam estimativas da extensão da área salinizada no Brasil. Góes (1978) relatou que, aproximadamente, 25% das áreas irrigadas nos perímetros irrigados do Nordeste apresentam problemas de salinidade. Pereira et al. (1986) estimaram em mais de 9 milhões de hectares a área total ocupada pelos solos geneticamente salinos no Nordeste brasileiro. Macêdo (1988) cita alguns locais, em porcentual de área, afetados por sais: Custódia, PE - 97%; Ceraíma, BA - 32%; São Gonçalo, Sumé e Cachoeira II-PB -, respectivamente, 52%, 61% e 30%. No Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Cordeiro et al. (1988) estimaram que 30% e 10% da área total eram, respectivamente, solos sódicos e salino-sódicos. Suassuna e Audry (1993) descreveram que a percentagem de áreas irrigadas com problemas de salinização nessas regiões é de, aproximadamente, 32%, podendo haver um aumento se não forem adotadas medidas preventivas. Aguiar Netto et al. (2006) apontam

problemas de salinização nos Perímetros Irrigados de Bebedouro e Nilo Coelho (PE), Tourão (BA), Morada Nova e Curu-Paraipava (CE) e Jabiberi (SE). Em relação a esse último, os autores constataram que 76,5% dos lotes estudados apresentam-se salino-sodificados e 46,6% com problemas de compactação.

Para tornar um solo salino e/ou sódico viável para a agricultura, é necessária a sua recuperação por meio da lixiviação do excesso de sais do solo. Práticas como a aplicação de lâmina para lavagem de sais, instalação de sistemas de drenagem e uso de culturas mais tolerantes à salinidade do solo são recomendadas. Deve-se sempre considerar que o tempo para recuperação de uma área salinizada será longo e seu custo será muito maior que o custo para evitar a salinização.

A ascensão capilar do lençol freático altamente salino no período seco é uma das principais causas constatadas no Perímetro Irrigado Vaza-Barris, em Cocorobó, BA, sendo que os sais presentes na água de irrigação complementam os sais presentes no solo. Para recuperar o capital investido na correção desses solos salinizados, são necessários três anos, no mínimo. A recuperação de um solo salino-sódico ou sódico é muito mais demorada e custosa (SALAZAR et al., 1988).

O manejo para a recuperação de solos salinizados pode contar, também, com a colaboração de plantas halófitas (“dessalinizadoras”), espécies extremamente eficientes na acumulação de sais, incluindo o sódio, possibilitando a retirada de parte dos sais do sistema. Uma das mais eficientes é a erva-sal (*Atriplex nummularia*), que consegue extrair até, aproximadamente, 1.140 kg de sal por hectare por ano (PORTO et al., 1999). Por outro lado, uma opção para o uso de água salina seria o cultivo de beterraba (RESENDE; CORDEIRO, 2007).

Manejo de água em agricultura irrigada no Semiárido brasileiro

A partir da criação da Comissão do Vale do São Francisco, em 1948, a agricultura irrigada no Semiárido começou a ser contemplada pelo governo federal. Na década de 1950, começaram a ser disseminadas motobombas a diesel e uma pequena rede de canais às margens do rio São Francisco, entre Petrolina, PE e Paulo Afonso, BA. A irrigação era então realizada nos solos aluviais, a cerca de 100 m da margem do rio, com problemas de salinização e cheias periódicas. Com a criação da Superintendência do Desenvolvimento do

Nordeste (SUDENE), no final da década de 1950, foi iniciado, em parceria com a FAO, o levantamento de solos para irrigação, sendo identificadas as atuais áreas dos Perímetros Irrigados de Bebedouro, Massangano (Nilo Coelho) e Pontal, em Petrolina, PE, e Salitre, Tourão, Maniçoba e Curaçá, em Juazeiro, BA. Em 1968, foi inaugurado o primeiro perímetro irrigado, o de Bebedouro, em Petrolina, PE (POSSÍDIO, 1997). Começavam, assim, as grandes mudanças quanto ao uso da terra no Semiárido brasileiro, especificamente no Submédio do Vale do São Francisco.

Na década de 1980, nos perímetros irrigados do Submédio São Francisco, trabalhos de pesquisas demonstraram um uso pouco racional de água de irrigação pelos produtores, originando a formação de lençol freático que se aproximava da superfície do solo. Na área do Perímetro Irrigado de Bebedouro, observou-se uma eficiência de irrigação de apenas 25%.

Exemplos de uma das abordagens iniciais de pesquisa realizada pela Embrapa Semiárido quanto ao manejo de irrigação em pequenas áreas são as pesquisas realizadas por Silva et al. (1981) e Riché e Tonneau (1992). O primeiro trabalho apresenta o desenvolvimento de um método para a pequena irrigação, ou seja, a irrigação de pequenas áreas, baseado em cápsulas porosas sob pressão hidrostática instaladas no solo, que liberavam diariamente água às plantas, no caso, as de milho. Já o segundo trabalho apresenta a possibilidade de perenização de sistemas de produção sujeitos à irregularidade do regime pluviométrico, por meio da pequena irrigação, utilizando poços tubulares e bombeamento da água por meio de cataventos.

Outros exemplos de pesquisas realizadas com o tema irrigação em pequenas áreas, algumas delas envolvendo a irrigação por sulcos e as culturas de tomate e cebola, são os trabalhos de Soares et al. (1981, 1984, 1985), Campos et al. (1994) e Soares e Possídio (1995).

Porém, com o incremento da área cultivada com fruteiras, os sistemas de irrigação por sulcos, por aspersão convencional e por pivô central passaram a ser substituídos pelos sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento, o que fez com que a pesquisa fosse direcionada para tais sistemas.

Assim, diversas pesquisas realizadas pela Embrapa Semiárido e instituições parceiras têm propiciado a geração de informações sobre práticas de manejo da água em sistemas de irrigação, com grande ênfase em microaspersão e gotejamento, envolvendo estimativa de evapotranspiração, consumo de água, coeficiente de cultura, produtividade da água, profundidade efetiva de raízes, comportamento ecofisiológico e aplicação de fertilizantes via água de irrigação em diversas culturas irrigadas no Semiárido brasileiro. Também, deve ser salientada a evolução constante dos métodos científicos e de ferramentas analíticas para a geração de conhecimentos para a prática da irrigação. O turno de rega calculado, balanço hídrico do solo, tensiometria, tanque Classe “A”, balanço agroclimatológico, balanço de energia, fluxo de seiva na planta, lisimetria e sensoriamento remoto têm sido utilizados para a identificação do melhor uso de sistemas de irrigação e da água pela agricultura no Semiárido, bem como do manejo quanto à aplicação de água e fertilizantes.

Nesse contexto, alguns trabalhos realizados pela Embrapa Semiárido, agrupados por cultura, são apresentados: aspargo (PINTO et al., 1997a; BASSOI et al., 2001); bananeira (TEIXEIRA et al., 2002; BASSOI et al., 2004a, 2004b; PINTO et al., 2005b); coqueiro (SANTOS; SANTOS, 2005); goiabeira (MOURA et al., 2001; BASSOI et al., 2002b, 2002c; SILVA et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2003; MAIA et al., 2007; LIMA et al., 2008); meloeiro (PINTO et al., 1993a, 1993b, 1994, 1995, 2005a, 2008; FARIA et al., 2000); mangueira (SILVA et al., 2001; AZEVEDO et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2008; CAMPOS et al., 2008) ; pupunha (BASSOI et al., 1999, 2003a); tomateiro (PINTO et al., 1997b), videira de vinho e de mesa (TEIXEIRA et al., 1999, 2007; ÁVILA NETO et al., 2000; BASSOI et al., 2002a, 2003b, 2007; SOARES et al., 2003, 2007; AZEVEDO et al., 2008; SOUZA et al., 2009; MARINHO et al., 2009). Outros trabalhos realizados no Semiárido podem ser encontrados mediante uma ampla revisão de literatura.

Recentemente, os valores de coeficiente de cultura passaram a ser relacionados com a evolução dos graus-dia, incorporando, assim, os efeitos da temperatura do ar nos diferentes estágios do ciclo produtivo das culturas (TEIXEIRA et al., 2007, 2008). Tais relações se tornam importantes nas estimativas dos consumos hídricos, visto que os efeitos do aquecimento térmico decorrentes das

mudanças climáticas podem estar alterando o comportamento das fases fenológicas das culturas na região semiárida do Brasil.

Perspectivas

No Semiárido brasileiro, as áreas com culturas irrigadas estão expandindo rapidamente sobre a vegetação natural e o consumo hídrico das culturas é elevado, devido a uma grande disponibilidade térmica ao longo do ano. Em geral, existe retorno financeiro decorrente do uso intensivo da água na agricultura irrigada, porém o destino de elementos presentes na água de drenagem, elementos estes, provenientes de fertilizantes e outros insumos utilizados nos mais diversos sistemas de produção agrícola, necessita de um maior conhecimento para as condições edafoclimáticas do Semiárido.

O conhecimento criterioso da demanda de água pelas culturas, do comportamento ecofisiológico e o desenvolvimento e adaptação de diferentes técnicas de manejo de irrigação podem contribuir para aumentar a produtividade da água nessas condições, ou seja, um maior benefício (incluindo o retorno econômico) por volume de água utilizado por unidade de área irrigada. Considerando-se que a agricultura é o maior usuário de água, o volume de água destinado à irrigação tem uma consequência direta em outros setores usuários de água. A agricultura de precisão, tema de pesquisa ainda incipiente no Semiárido, pode contribuir para o manejo mais criterioso da água e de nutrientes aplicados via sistemas de irrigação e, assim, para a tão desejada produção agrícola sustentável. A vulnerabilidade das áreas irrigadas, incluindo-se o risco de salinização, pode ser minimizada. Nas áreas já afetadas pela salinização, procedimentos para a recuperação economicamente viáveis precisam ser desenvolvidos. Há carência de estudos sobre o reúso de água na agricultura irrigada, e sua aplicação pode contribuir tanto para aumentar a produtividade da água na agricultura como para minimizar o processo de salinização.

A aplicação de indicadores de produtividade da água em escalas pontual e regional é útil para análise de desempenho de irrigação em diferentes sistemas de produção no Semiárido brasileiro, onde vem ocorrendo rápida mudança no uso da terra. A estimativa da distribuição espacial do consumo de água pelas

culturas, obtida por meio de modelagem, sensoriamento remoto, rede de estações agrometeorológicas e sistemas de informações geográficas, podem contribuir para melhor entendimento do ciclo da água na agricultura irrigada. Com a possibilidade das mudanças climáticas, o conhecimento sobre esses cenários é de grande importância para um manejo de água na agricultura irrigada, em diversas escalas. Tais cenários podem ser integrados com outros setores usuários de água.

Referências

AGUIAR NETTO, A. de O.; MACHADO, R.; VASCONCELOS, B. Diagnóstico do processo de salino-sodificação no perímetro irrigado Jabiberi-SE. *Irriga*, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 448-459, 2006.

ÁVILA NETTO, J.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SOARES, J. M.; TEIXEIRA, A. H. C. Exigências hídricas da videira na região do Submédio São Francisco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1559-1566, 2000.

AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SILVA, V. P. R. da. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. *Agricultural Water Management*, [Amsterdam], n. 58, p. 241-254, 2003.

AZEVEDO, P. V. de; SOARES, J. M.; SILVA, V. de P. R. da S.; SILVA, B. B. da.; NASCIMENTO, T. Evapotranspiration of "Supeior" grapevine under intermitent irrigation. *Agricultural Water Management*, [Amsterdam], v. 95, p. 301-308, 2008.

BASSOI, L. H.; FLORI, J. E.; SILVA, J. A. M.; ALENCAR, C. M.; RAMOS, C. M. C. Distribuição espacial do sistema radicular da pupunheira em solos irrigados no Vale do São Francisco. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 163-176, 1999.

BASSOI, L. H.; RESENDE, G. M. de; FLORI, J. E.; SILVA, J. A. M.; ALENCAR, C. M. Distribuição radicular de cultivares de aspargo em áreas irrigadas de Petrolina-PE. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 19, n. 1, p. 17-24, 2001.

BASSOI, L. H.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G. da. Root distribution of irrigated grapevine rootstocks in a coarse texture soil of the São Francisco Valley, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 35-38, 2002a.

BASSOI, L. H.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G. da; FERREIRA, M. N. L.; MAIA, J. L. T.; TARGINO, E. L. Informações sobre a distribuição de raízes da goiabeira para o manejo de irrigação. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2002b. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado Técnico, 111).

BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. de C.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G. da; FERREIRA, M. N. L.; MAIA, J. L. T.; TARGINO, E. L. Consumo de água e coeficiente de cultura da

goiabeira irrigada por microaspersão. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2002c (Embrapa Semi-Árido. Comunicado Técnico, 112).

BASSOI, L. H.; FLORI, J. E.; SILVA, E. E. G. da; SILVA, J. A. M. Guidelines for irrigation scheduling of peach palm for heart-of-palm production in the São Francisco Valley, Brazil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 4, p. 681-685, 2003a.

BASSOI, L. H.; HOPMANS, J. W.; JORGE, L. A. C.; ALENCAR, C. M.; SILVA, J. A. M. Grapevine root distribution for drip and microsprinkler irrigation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 377-387, 2003b.

BASSOI, L. H.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G. da; RAMOS, C. M. C.; SEDIYAMA, G. C. Guidelines for irrigation scheduling of banana crop in the São Francisco Valley, Brazil. I - Root distribution and activity. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 459-463, 2004a.

BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. de C.; LIMA FILHO, J. M. P.; SILVA, A. M.; SILVA, E. E. G. da; RAMOS, C. M. C.; SEDIYAMA, G. C. Guidelines for irrigation scheduling of banana crop in São Francisco Valley, Brazil. II - Water consumption, crop coefficient and physiological behavior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 464-467. 2004b.

BASSOI, L. H.; DANTAS, B. F.; LIMA FILHO, J. M. P.; LIMA, M. A. C.; LEÃO, P. C. de S.; SILVA, D. J.; MAIA, J. L. T.; SOUZA, C. R.; SILVA, J. A. M.; RAMOS, M. M. Preliminary results of a long term experiment about RDI and PRD irrigation strategies in wine grape in São Francisco Valley, Brazil. **Acta Horticulturae**, [Leuven], v. 754, p. 275-282, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil**. Brasília, DF: MMA, 2006. 281 p. v. 1.

CAMPOS, C. de O.; SANTOS, C. R. dos; FARIA, C. M. B. de; HAJI, F. N. P.; SILVA, F. A. de A.; QUEIROZ, M. A. de; COSTA, N. D.; ROCHA, R. de C.; TAVARES, S. C. C. de H. **Recomendações técnicas para o cultivo do tomate industrial em condições irrigadas**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1994, 52 p. (Circular Técnica, 30).

CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, V. de P. R. da; AZEVEDO, P. V. de; BORGES, C. J. R.; SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B.; SILVA, B. B. da. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, p. 150-156, 2008.

CORDEIRO, G. C. **Aspectos gerais sobre salinidade em áreas irrigadas: origem, diagnóstico e recuperação**. Petrolina: Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 16 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 50).

CORDEIRO, G. G.; BARRETO, A. N.; CARVAJAL, A. C. N. **Levantamento das condições de salinidade e sodicidade do projeto de irrigação São Gonçalo (2a. parte)**. Petrolina: Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 56 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 54).

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação: conceitos básicos e práticos**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 31 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 167).

FARIA, C. M. B. de; COSTA, N. D.; PINTO, J. M.; BRITO, L. T. de L.; SOARES, J. M. Níveis de nitrogênio por fertirrigação e densidade de plantio na cultura do melão em um vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v. 35, n. 3, p. 491-495, 2000.

GÓES, E. S. de. O problema de salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS, Fortaleza, 1978. **Anais...** Recife: Ministério do Interior: SUDENE, 1978. p. 89-91.

LIMA, M. A. C.; BASSOI, L. H.; SILVA, D. J.; SANTOS, P. S.; PAES, P. C.; RIBEIRO, P. R. A.; DANTAS, B. F. Effects of levels of nitrogen and potassium on yield and fruit maturation of irrigated guava fruits in the São Francisco Valley. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 246-250, 2008.

MACÊDO, L. de S. **Salinidade em áreas irrigadas**. João Pessoa: EMEPA-PB, 1988. 11 p. (EMEPA. Comunicado Técnico, 38).

MAIA, J. L. T.; BASSOI, L. H.; SILVA, D. J.; LIMA, M. A. C.; ASSIS, J. S. de; MORAIS, P. L. D. Assessment on nutrient levels in the aerial biomass of irrigated guava in São Francisco Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, p. 705-709, 2007.

MANETA, M.; TORRES, M.; VOSTI, S. A.; WALLENDER, W. W.; ALLEN, S.; BASSOI, L. H.; BENNET, L.; HOWITT, R.; RODRIGUES, L.; YOUNG, J. Assessing agriculture-water links at the basin scale: hydrologic and economic models of the São Francisco River Basin, Brazil. **Water International**, Montpellier, n. 34, p. 88-103, 2009a.

MANETA, M. P.; TORRES, M.; WALLENDER, W. W.; VOSTI, S.; KIRBY, M.; BASSOI, L. H.; RODRIGUES, L. N. Water demand and flows in the São Francisco River Basin (Brazil) with increased irrigation. **Agricultural Water Management**, [Amsterdam], n. 96, p. 1191-1200, 2009b.

MANETA, M. P.; SINGH, P. N.; TORRES, M.; WALLENDER, W. W.; VOSTI, S. A.; RODRIGUES, L. N.; BASSOI, L. H.; YOUNG, J. A. A parsimonious crop-water productivity index: an application to Brazil. **Area**, [London], v. 41, p. 94-106, 2009c.

MARINHO, L. B.; RODRIGUES, J. J. V.; SOARES, J. M.; LIMA, M. A. C.; MOURA, M. S. B.; BRANDÃO, E. O.; SILVA, T. G. F. da. Produção e qualidade da videira 'Superior Seedless' sob restrição hídrica na fase de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, p. 1682-1691, 2009.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Plano Nacional de Recursos Hídricos.** Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: Volume 1. Brasília: MMA, 2006. 281p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **A irrigação no Brasil:** situação e diretrizes. Brasília, DF: IICA, 2008. 132 p.

MOURA, M. S. B.; SILVA, B. B. da; AZEVEDO, P. V. de; SOARES, J. M.; LOPES, P. M. O.; TEIXEIRA, A. H. de C. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da goiabeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBA: FUNCEME, 2001. p. 483-484.

PEREIRA, J. R.; VALDIVIESO, C. R.; CORDEIRO, G.G. Recuperação de solos afetados por sódio através do uso de gesso. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA:/DDT, 1986. p. 85-106.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; CHOUDHURY, E. N.; PEREIRA, J. R. Aplicação de potássio via água de irrigação na cultura do melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 323-327, 1993a.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; CHOUDHURY, E. N.; PEREIRA, J. R. Adubação via água de irrigação na cultura do melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 11, p. 1263-1268, 1993b.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; PEREIRA, J. R.; CHOUDHURY, E. N.; CHOUDHURY, M. M. Efeitos de períodos e de frequência da fertirrigação nitrogenada na produção do melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 9, p. 1345-1350, 1994.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; COSTA, N. D.; BRITO L. T. de L.; PEREIRA, J. R. Aplicação de N e K via água de irrigação em melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília DF, v. 13, n. 2, p. 192-195, 1995.

PINTO, J. M.; ALBUQUERQUE, T. S.; FEITOSA FILHO, J. C. Adubação via água de irrigação em aspargo. *Actas de Horticultura*, Vila Moura, v. 16, p. 167-171, 1997a.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; COSTA, N. D.; FARIA, C. M. B. de; BRITO, L. T. de L. ; SILVA, D. J. Doses e períodos de aplicação de nitrogênio via água de irrigação na cultura do tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília DF, v. 15, n. 1, p. 15-18, 1997b.

PINTO, J. M.; GAVA, C. A. T.; FARIA, C. M. B. de; COSTA, N. D.; LIMA, M. A. C.; DUENHAS, L. H.; RESENDE, G. M. de; FEITOSA FILHO, J. C. Biofertilizantes e doses de substância húmica aplicados via água de irrigação em meloeiro orgânico. **ITEM. Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, v. 67, p. 75-77, 2005a.

PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B. de; SILVA, D. J.; FEITOSA FILHO, J. C. Doses de N e K aplicados via fertirrigação em bananeira. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 1, p. 46-52, 2005b.

PINTO, J. M.; GAVA, C. A. T.; LIMA, M. A. C.; SILVA, A. F.; RESENDE, G. M. de. Cultivo

orgânico de meloeiro com aplicação de bifertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação. *Revista Ceres*, Viçosa, MG. v. 55, p. 280-286, 2008.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; ARAÚJO, O. J.; SILVA JUNIOR, L. G. de A. Aproveitamento dos rejeitos da dessalinização. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1., 1997, Petrolina. *Anais...* Petrolina: Embrapa Semi-Árido: IRPAA: IRCSA, 1999. p. 51-57.

POSSÍDIO, E. L. *Petrolina – Um sertão verde*. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 6 p (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 86).

PROGRAMA DE AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA O GERENCIAMENTO INTEGRADO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO E DA SUA ZONA COSTEIRA - PAE: GEF São Francisco. *Relatório final*: ANA, GEF, PNUMA, OEA. Brasília, DF: TODA, 2004. 336 p.

RESENDE, G. M. de; CORDEIRO, G. G. Uso da água salina e condicionador de solo na produtividade de beterraba e cenoura no Semi-Árido do Submédio São Francisco. *Petrolina: Embrapa Semi-Árido*, 2007, 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Comunicado Técnico, 128).

RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P. Implantação de pequenos perímetros irrigados a partir de água de poços tubulares bombeada por catavento no trópico semi-árido. Área de teste: Lagos (Município de Petrolina-PE). *Petrolina: EMBRAPA-CPATSA*, 1992. 8 p. (EMBRAPA-CPATSA. Série Documentos, 74).

SALAZAR, C. R. V.; FELIX, S. G.; CORDEIRO, G. G. *Avaliação econômica da recuperação de solos salinos no perímetro irrigado de Vaza-Barris – Cocorobó, BA*. *Petrolina: EMBRAPA-CPATSA*, 1988. 16 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 48).

SANTOS, C. R. dos; SANTOS, C. E. Irrigação do coqueiro anão verde no Submédio São Francisco. *Petrolina: Embrapa Semi-Árido*, 2005. 6 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 79).

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; MORGADO, L. B.; MARTINS, C. E. *Pequena Irrigação para o Tópico Semi-Árido: vazantes e cápsulas porosas*. *Petrolina: EMBRAPA-CPATSA*, 1981. 62 p. (EMBRAPA-CPATSA-Boletim de Pesquisa, 3).

SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B.; BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. de C.; SOARES, J. M.; SILVA, J. A. M. Estimativa da evapotranspiração da mangueira com base no balanço hídrico do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 456-462, 2001.

SILVA, B. B. da; MOURA, M. S. B. de; AZEVEDO, P. V. de; SOARES, J. M. Medidas de transpiração de um pomar de goiabeiras pelo método do balanço de calor caulinar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, RS, v. 10, p. 19-27, 2002.

- SOARES, J. M.; BERNARDO, S.; BRITO, R. A. L.; FERREIRA, P. A. Análise comparativa entre o uso de vazão constante e redução da vazão inicial e seu efeito na eficiência de irrigação por sulcos. **Turrialba**, [San José], v. 31, n. 4, p. 343-350, 1981.
- SOARES, J. M.; BERNARDO, S.; BRITO, R. A. L.; FERREIRA, P. A. Irrigação por sulcos com e sem utilização da água de escoamento superficial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 59-66, 1984.
- SOARES, J. M.; MAGALHAES, A. A. de; ROSA, J. L. F. Eficiência de irrigação por sulcos parcialmente fechados no final. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 3, p. 361-369, 1985.
- SOARES, J. M.; POSSÍDIO, E. L. Comparação de métodos de irrigação em cultivares de cebola no Vale do Submédio São Francisco. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1995. 23 p. (EMBRAPA-CPATSA Boletim de Pesquisa, 51).
- SOARES, J. M.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da. Balanço de energia em videira cultivada na região do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 11, n. 2, p. 207-214, 2003.
- SOARES, J. M.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da. Bowen ratio-energy balance associated errors in vineyards under dripping irrigation. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 22, p. 233-240, 2007.
- SOUZA, G. H. F.; BRITO, R. A. L.; DANTAS NETO, J.; SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. Desempenho do distrito de irrigação Senador Nilo Coelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 204-209, 2001.
- SOUZA, C. R.; BASSOI, L. H.; LIMA FILHO, J. M. P.; SILVA, F. F. S.; VIANA, L. H.; DANTAS, B. F.; PEREIRA, M. S.; RIBEIRO, P. R. A. Water relations of field-grown grapevines in the São Francisco Valley under different rootstocks and irrigation strategies. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, p. 436-446, 2009.
- SUASSUNA, J.; AUDRY, P. Estatísticas de Salinidade das Águas de Irrigação do Nordeste Semi-árido Brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 45., 1993, [Recife]. **Anais...** Recife: SBPC, 1993. p. 53-72.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SOARES, J. M. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 413-416, 1999.
- TEIXEIRA, A. H. de C., BASSOI, L. H., COSTA, W. P. L. B. da; SILVA, J. A. M., SILVA, E. E. G. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, n. 10, p. 45-50, 2002.

TEIXEIRA, A. H. de C., BASSOI, L. H., REIS, V. C. da S., SILVA, T. G. F. da; FERREIRA, M. de N. L., MAIA, J. L. T. Estimativa do consumo hídrico da goiabeira, utilizando estações agrometeorológicas automática e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 25, p. 457-460, 2003.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASTIAANSEN, W. G. M.; BASSOI, L. H. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity in the São Francisco River Basin, Brazil. **Agricultural Water Management**, [Leuven], v. 94, p. 31-42, 2007.

TEIXEIRA, A. H. de C., BASTIAANSEN, W. G. M., MOURA, M. S. B., SOARES, J. M., AHMAD, M. U. D., BOS, M. G. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, [Leuven], n. 148, p. 1524-1537, 2008.

TEIXEIRA, A. H. de C., BASTIAANSEN, W. G. M., AHMAD, M. U. D. D, BOS, M. G., Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil Part A: Calibration and validation. **Agricultural and Forest Meteorology**, [Leuven], n. 149, p. 462-476, 2009a.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASTIAANSEN, W. G. M; AHMAD, M. U. D. D; BOS, M. G. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil Part B: Application to the large scale. **Agricultural and Forest Meteorology** [Leuven], n. 149, p. 477-490, 2009b.

A abordagem territorial nas atividades de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação da Embrapa Semiárido



Capítulo 11

**Pedro Carlos Gama da Silva
Sergio Guilherme de Azevedo
José Nilton Moreira
Jean Philippe Tonneau
Marc Piraux
Rebert Coelho Correia
Alineáurea Florentino Silva**

Introdução

A pequena produção agropecuária no Semiárido brasileiro tem sido sempre vinculada à ideia de uma agricultura de subsistência, situada à margem do progresso tecnológico e econômico. No contexto geral do desenvolvimento, o apoio à pequena produção tem sido justificado muito mais pela sua capacidade de assegurar a alimentação e a ocupação de uma parte significativa da população rural para limitar o êxodo rural e a pressão sobre os grandes centros urbanos, ou seja, pela necessidade social, do que propriamente como um ramo de atividade economicamente viável.

Desde a sua criação, a Embrapa Semiárido reconheceu a importância da agricultura familiar sertaneja e entendeu que esta necessitava de inovações tecnológicas, sociais, organizacionais e institucionais, apropriadas, que transcendem a dimensão do paradigma clássico da inovação técnica preconizado pela revolução verde.

Desta postura, resultou um programa de estudos que se desenvolveu ao longo dos últimos trinta anos. O programa ofereceu várias contribuições importantes para as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para o Semiárido brasileiro. Em primeiro lugar, permitiu caracterizar a realidade da agricultura familiar. Os estudos conduzidos pela Embrapa Semiárido, nos diferentes territórios do Nordeste, mostraram a heterogeneidade e a diversidade dos “pequenos produtores”, os quais, nas últimas décadas, passaram por transformações profundas e extremamente rápidas, mesmo quando comparadas às evoluções ocorridas em regiões mais desenvolvidas.

Por outro lado, a Embrapa Semiárido acompanhou e apoiou estes produtores nas suas evoluções, assim como se envolveu no planejamento do desenvolvimento rural, procurando sempre perceber, integrar, negociar e controlar essas mudanças, sem grandes rupturas e riscos de desestruturação do grupo social e da organização do seu espaço. Apoiar o desenvolvimento da agricultura familiar necessitou novos paradigmas, novos enfoques metodológicos e instrumentos adaptados, para apreender a diversidade e a complexidade das situações que a envolvem e, assim, poder produzir as referências técnicas, sociais, econômicas e organizacionais para o melhoramento dos sistemas de produção, adaptadas à diversidade dos agroecossistemas do Semiárido.

Para responder aos sucessivos desafios que eram postos pela agricultura familiar do Semiárido, a atuação da Embrapa foi marcada pela inovação permanente. A primeira parte deste capítulo pretende mostrar essa evolução e explicitar as razões do atual engajamento da Embrapa Semiárido na abordagem territorial. A segunda parte é consagrada à apresentação de duas experiências de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (P,D&I) voltadas para o desenvolvimento territorial no Semiárido dos estados do Piauí, Pernambuco e Bahia, uma mais focada em ações de apoio técnico à produção e, a outra, na gestão da informação.

Evolução da experiência da Embrapa Semiárido: metodologias e processos de aprendizagem

Desde a sua criação, em meados dos anos 1970, a Embrapa Semiárido vem desenvolvendo as atividades de pesquisas em “meio real”. Diante da necessidade de conhecer e caracterizar o meio e o homem, a Embrapa Semiárido, inicialmente, passou a adotar o enfoque sistêmico de P&D para poder intervir e transferir as tecnologias disponíveis. Ao longo desses 35 anos, um programa de pesquisa integrado à intervenção em meio real vem evoluindo e sendo conduzido em parceria com várias instituições e envolvendo diversos atores sociais (agricultores, extensionistas, agentes de desenvolvimento, pesquisadores, representantes da sociedade civil, lideranças religiosas e políticas, entre outros) de diferentes origens. Este programa de pesquisa passou por um intenso processo de evolução, que envolve desde as primeiras experimentações em meio real até as pesquisas sobre o desenvolvimento regional.

A Embrapa Semiárido, já nos seus primórdios, no final dos anos 1970, partiu dos seus campos experimentais para atuar diretamente em cinco propriedades agrícolas no Município de Ouricuri, PE e municípios circunvizinhos. Estes estudos foram desenvolvidos a mais de 200 km de sua sede, em Petrolina, PE, após a caracterização dos recursos naturais e socioeconômicos destes municípios e dos seus sistemas produtivos agrícolas.

Nessa experiência, prevaleceram os métodos de pesquisa em sistemas de produção apoiados no conceito de Sistema Integrado de Produção (SIP), em que a unidade de produção agrícola era a área privilegiada de estudo e

intervenção. Entendido como um processo de intervenção técnica com uma orientação interdisciplinar para uma propriedade agrícola numa determinada situação agroecológica, as ações de P&D eram sistematizadas por meio de um projeto de desenvolvimento da propriedade. Aos pesquisadores interessavam, principalmente, confrontar as práticas de produção da unidade de produção com as ofertas de tecnologias da pesquisa. Os resultados mostraram que a adoção das tecnologias necessitava de um ambiente favorável que poderia ser potencializado em ações desenvolvidas nas comunidades rurais.

Conforme Caron et al. (1998), a partir de meados dos anos 1980, as pesquisas em sistemas de produção da Embrapa passam a adotar métodos de planejamento e intervenção para o desenvolvimento rural, planejado e controlado pelos agricultores, em nível de comunidades rurais. Outros ambientes físicos para atuação e intervenção foram escolhidos, entre os quais merece destaque o distrito de Massaroca, no Município de Juazeiro, BA, onde foram implantadas experiências-piloto de desenvolvimento rural. Estas traduziam a vontade dos pesquisadores, ainda que implícita, de interferir localmente com a dinâmica social e estudar, por meio da ação de P&D, a sua evolução e seus fatores determinantes. Massaroca passa a ser o lócus de implantação de um “laboratório” de pesquisa-ação para o desenvolvimento da agricultura familiar do Nordeste (CARON et al., 1998).

O enfoque de pesquisa-ação adotado apoiava-se numa intervenção em nível local, onde os pesquisadores interagiam com a dinâmica social, por meio de uma ação de difusão de propostas técnicas, econômicas e institucionais para estudar a evolução dos sistemas agrícolas agrários e os fatores que condicionavam tal evolução. O objetivo principal era fornecer informações (técnicas, econômicas e sociais) mais pertinentes, elaboradas a partir da compreensão dos mecanismos de desenvolvimento, das estratégias dos atores envolvidos e dos conhecimentos científicos disponíveis, para favorecer o processo de tomada de decisão dos agricultores e dos agentes de desenvolvimento rural.

A propriedade agrícola, a comunidade rural e o Comitê das Associações Agropastoris de Massaroca (CAAM) eram os locais privilegiados de estudo e de intervenção. As decisões dos agricultores nas unidades de produção passam a ser consideradas. A dinâmica social, técnica e econômica, induzida pelo

projeto, oferecia um excelente suporte para o processo decisório dos agricultores¹.

A experiência de Massaroca passou a simbolizar a “pequena produção possível” no Semiárido nordestino (TONNEAU, 1994). Também, passou a exercer influência no mandato das instituições envolvidas, entre as quais a Emater-BA, atual Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário (EBDA), e a Associação de Desenvolvimento e Ação Comunitária do Vale do São Francisco (ADAC/SF), que passaram a se apoiar nos enfoques e métodos experimentados.

Entretanto, conforme Tonneau (1994), a experiência de Massaroca teve suas limitações. Esta se tornou possível em escala microrregional, numa área deprimida, onde os interesses econômicos, sociais e políticos, dificilmente, podiam implicar em conflitos. O acesso à terra não era limitante em Massaroca, onde, em outras situações, este é um pré-requisito ao desenvolvimento da agricultura familiar. O aporte considerável de recursos humanos e financeiros que foi mobilizado tornou-se irreprodutível para outras localidades. Para uma escala maior, esses interesses poderiam tomar uma dimensão que não deixaria espaço para o desenvolvimento da pequena produção.

Em 1988, foi iniciado um projeto denominado “Desenvolvimento Comunitário da Região do Rio Gavião”, com aporte financeiro de recursos do Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA) e do Governo do Estado da Bahia. Por intermédio da Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR), órgão da Secretaria do Planejamento do Estado da Bahia, o projeto foi implementado em uma área de, aproximadamente, 14.000 km², compreendendo treze municípios das regiões Sudoeste e Serra Geral do estado da Bahia, que detêm, aproximadamente, 40.000 famílias, das quais 70% se concentram na zona rural, constituída, fundamentalmente, por pequenos produtores, com áreas de até 50 ha, que, na sua quase totalidade, estavam abaixo da linha de pobreza.

¹Nessa experiência, surge um eixo inusitado de pesquisa: a implantação de um sistema de crédito rotativo experimental, que nasceu de uma oportunidade de financiamento internacional e da constatação feita “*in loco*” de que a pequena capacidade de investimento da agricultura familiar no Semiárido brasileiro limitava, de forma significativa, a adoção das inovações técnicas. Tratava-se de um sistema de crédito inovador, gerenciado pelos agricultores para o financiamento das suas próprias atividades.

O principal desafio era demonstrar, numa escala mais ampla, a viabilidade técnica dos conhecimentos gerados pela pesquisa e o potencial das atividades agropecuárias do Semiárido brasileiro. O enfoque técnico foi privilegiado em torno da estabilização das atividades agropecuárias pelo aumento das produtividades animal e vegetal, valorização da produção e criação de áreas de intensificação da agropecuária em áreas de sequeiro ou irrigadas, em pequena escala.

Decorridos três anos e meio do início do Projeto, foi realizada uma pesquisa intermediária de avaliação de impactos das ações executadas. Contando com a participação direta dos atores locais de desenvolvimento, a avaliação forneceu os elementos básicos para melhoria da intervenção nos anos seguintes, subsidiando políticas diferenciadas de apoio técnico aos distintos grupos de pequenos produtores região, gerando referências para a dinâmica do desenvolvimento agrícola da região, identificando os principais entraves e fatores que limitavam a produção e a produtividade agrícola dos municípios estudados e determinando parâmetros para comparar o impacto de tecnologias implementadas nos diversos sistemas de produção em uso pelos produtores. A avaliação tinha, também, o propósito de levantar e agregar informações qualitativas das ações de assistência técnica e validação de tecnologias, assim como, dos resultados de outras ações do Projeto para o desenvolvimento comunitário, tais como as ações estratégicas de capacitação, organização e financiamento da produção agrícola e o enfoque de gênero.

De uma maneira geral, o Projeto foi avaliado como um promissor instrumento de desenvolvimento sustentável para a região. Os resultados demonstraram que os produtores seguiram as orientações técnicas e que o Projeto proporcionou uma visível melhoria da qualidade de vida das famílias atendidas. Além do mais, o mesmo influenciou, positivamente, na organização das comunidades, com participação crescente das famílias nas decisões, e contribuiu para uma considerável redução da migração para grandes centros urbanos, assim como, gerou um crescimento na dinâmica de serviços da região objeto de intervenção do Projeto.

Os resultados dessas experiências responderam, parcialmente, às expectativas dos formuladores e protagonistas do desenvolvimento rural que pretendiam

implementar políticas agrícolas para a região, numa escala mais ampla. A valorização desses resultados reclamava da carência de instrumentos metodológicos e de estruturas de apoio à agricultura familiar para experimentar uma mudança na escala de intervenção.

Passar das experiências locais para uma perspectiva de desenvolvimento regional e valorizar os métodos e as referências técnicas, metodológicas e organizacionais construídos nessas experiências constituíam um dos desafios para a Embrapa Semiárido e a questão central colocada era definir qual o contexto regional que precisava ser promovido e estruturado para favorecer o desenvolvimento da agricultura familiar.

Frente a esta necessidade e considerando o ambiente de discussão na comunidade acadêmica brasileira sobre o conceito de desenvolvimento territorial, esse tema tornou-se uma prioridade para a Embrapa². Vale ressaltar que, somente a partir de 2003, o termo “território” aparece nas vertentes prioritárias da Embrapa, não obstante o enfoque territorial já tivesse sido adotado pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), com a criação da Secretaria de Desenvolvimento Territorial (SDT), como elemento norteador de políticas públicas, especialmente aquelas voltadas para o campo, especificamente, para a agricultura familiar.

O desenvolvimento territorial foi apresentado como um processo que procurava conciliar as dinâmicas sociais do desenvolvimento local com as intervenções do Estado, principalmente aquelas relativas à concretização dos princípios do desenvolvimento sustentável e à viabilização de sistemas descentralizados de planejamento e gestão.

²Nas vertentes prioritárias contidas no Ato de Gestão do Diretor-Presidente da Embrapa, expressas na Resolução Normativa Nº 2, de 4 de fevereiro de 2003, aparecem “as atividades de pesquisa e desenvolvimento direcionadas aos agricultores familiares, assentados da reforma agrária e pequenos empreendedores rurais que favoreçam o desenvolvimento local e territorial” e as “atividades de pesquisa inovadoras em termos estratégicos que contribuam para aprofundar o conhecimento existente, apoiem a formulação de políticas públicas para o desenvolvimento rural e monitorem os efeitos econômicos, sociais e ambientais das tecnologias e processos produtivos” (EMBRAPA, 2003).

Nesta perspectiva, o desenvolvimento territorial apareceu como uma possibilidade de resposta articulada, envolvendo o poder público e os outros atores da sociedade, para ultrapassar a dicotomia existente na concepção tradicional dos programas, entre os modelos do tipo bottom-up (de baixo para cima) e top-down (de cima para baixo). A ideia de processo, aplicada tanto à busca de empoderamento quanto de articulação, traduz o reconhecimento de que o desenvolvimento territorial não pode ser simplesmente imposto. Sua construção exige uma ação específica, que pode ser denominada de animação ou de engenharia social, aqui entendido como um processo simultâneo de educação, capacitação, mobilização social, democratização da informação e formação em torno de um projeto territorial.

Esforços metodológicos foram necessários, com o apoio de parceiros externos, principalmente do Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).

Um Projeto de Cooperação Técnica (2003-2006), firmado entre a FAO e o Ministério Extraordinário de Segurança Alimentar (MESA), teve como objetivo adaptar uma metodologia que pudesse ser utilizada numa perspectiva de desenvolvimento territorial. Uma avaliação prévia das experiências em curso e sua discussão num seminário intitulado “Desenvolvimento Territorial e Convivência com o Semi-Árido Brasileiro - Experiências de Aprendizagem”, numa confrontação com a reflexão de vários acadêmicos, em particular no contexto dos estudos solicitados pela SDT e pelo Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural (NEAD), permitiu a identificação de alguns bloqueios (sobretudo ligados à falta de articulação e de competências) e o delineamento de um metodologia de trabalho.

Na opinião de Duncan (2003), o enfoque territorial oferece uma visão essencialmente integradora de espaços, atores sociais, agentes, mercados e políticas públicas de intervenção. Busca a integração interna dos territórios rurais e destes com o restante da economia nacional, sua revitalização e reestruturação progressiva, assim como a adoção de novas funções e demandas. Portanto, de acordo com Duncan (2003), a meta fundamental do desenvolvimento sustentável dos territórios rurais é estimular e favorecer a coesão social e territorial das regiões e dos países, atuando como elemento

harmonizador dos processos de ordenamento, pela regulação descendente, e de desenvolvimento, mediante a reação ascendente das sociedades nacionais. Nesta perspectiva, promover o desenvolvimento territorial é:

- a) Definir grandes orientações, que poderíamos chamar de “definição do possível”, ou seja, os rumos e os objetivos a serem dados para a ação. Isso em relação às potencialidades e aos recursos (físicos e humanos), em nível de desenvolvimento e de acumulação em capital, assim como, em relação às oportunidades do mercado e, também, de um projeto de sociedade.
- b) Criar uma dinâmica social, um processo de desenvolvimento que mobilize os atores e faça com que o processo de desenvolvimento seja apropriado pelos mesmos, para estes desenvolverem as competências técnicas, administrativas e institucionais e, assim, poderem implementar um processo de desenvolvimento.
- c) Construir arranjos institucionais entre a iniciativa privada, organizações da população, instituições de apoio (governamentais e não-governamentais) e poderes públicos.
- d) Facilitar a implementação das inovações técnicas.

Com o objetivo de propor uma metodologia para atuação em um território-piloto do Programa Fome Zero, a Embrapa Semiárido realizou, no ano de 2003, em Petrolina, PE, o Seminário "Desenvolvimento Territorial e Convivência com o Semi-Árido Brasileiro - Experiências de Aprendizagem", que delimitou as principais orientações metodológicas que passaram a ser adotadas nas suas experiências de P,D&I nos territórios dos Sertões do Piauí, Pernambuco e Bahia, descritas a seguir. A metodologia elaborada foi testada, inicialmente, em Acauã, PI, município piloto do Programa Fome Zero, no âmbito de uma cooperação entre o Ministério Extraordinário de Segurança Alimentar (MESA), a FAO, a Embrapa e o CIRAD. Tais orientações constituíram o ponto de partida para a implementação de um programa de pesquisa em curso nesses últimos anos.

Experiência do Território do Alto Sertão do Piauí e Pernambuco - TASPP

O Território do Alto Sertão do Piauí e Pernambuco (TASPP), do ponto de vista espacial, corresponde às áreas compreendidas por seis municípios localizados na região Sudeste do Piauí (Acauã, Paulistana, Queimada Nova, Betânia do Piauí, Curral Novo do Piauí, Jacobina do Piauí) e quatro municípios localizados no extremo oeste de Pernambuco (Afrânio, Dormentes, Santa Filomena e Petrolina). Considerando apenas a parte norte do Município de Petrolina, a área total dos dez municípios soma cerca de 14.000 km² e abriga, atualmente, uma população estimada, com base nos dados do IBGE (2007), em 130 mil habitantes (Figura 1). Predomina, no território, a unidade de paisagem Depressão Sertaneja (cerca de 75% da área total), a unidade mais representativa do Semiárido brasileiro. Outras unidades importantes ocorrentes no território são as Superfícies Dissecadas e as Chapadas Intermediárias e Baixas, ambas quase que exclusivamente no lado piauiense do território (GUIMARÃES FILHO, 2005).

No território, desenvolve-se uma agricultura diversificada, tendo o milho, o feijão e a mandioca como principais componentes, associada à pecuária bovina, mas a caprino e a ovinocultura, nas formas extensiva e ultra-extensiva, predominam. A maior parte da produção é destinada ao autoconsumo e ao consumo local, exceto a produção de leite, que, em algumas áreas e estacionalmente, é destinada à produção de queijos e doces, comercializados na região, principalmente em Petrolina, PE/Juazeiro, BA.

Para Guimarães Filho (2005), as maiores limitações para a produção agrícola decorrem da irregularidade das chuvas e da baixa fertilidade natural dos solos. A superfície agrícola útil é outro fator limitante que potencializa os demais citados. Mais de 80% dos estabelecimentos rurais do território contam com área inferior a 50 ha. Tudo isto, somado a uma condição de apoio, em termos de crédito e de assistência técnica, ainda precária na maior parte do território. Em decorrência, o produto final da agricultura familiar resume-se a uma limitada e irregular oferta de produtos, condicionante de uma posição de baixo poder de barganha no mercado e responsável pelo baixo padrão de vida e de insegurança alimentar que caracteriza o pequeno produtor da região (GUIMARÃES FILHO, 2005).

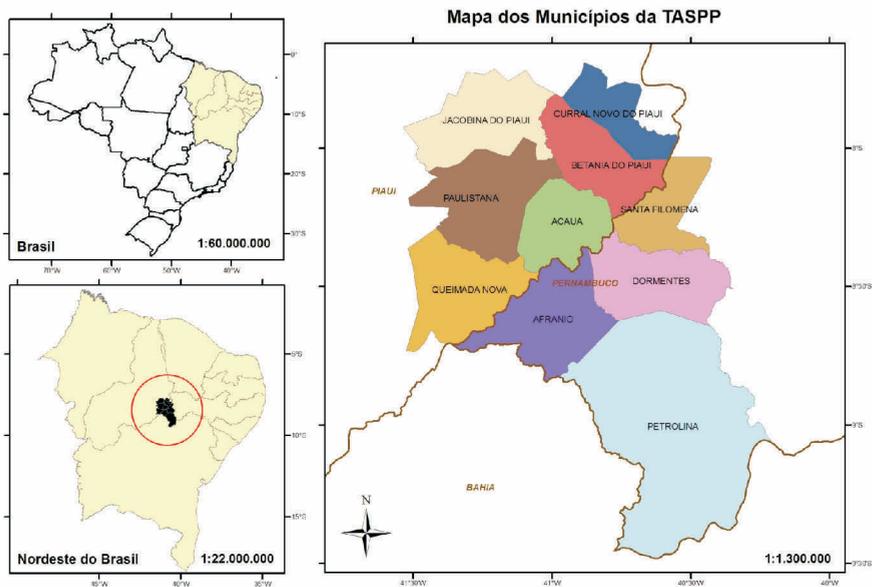


Figura 1. Localização do Território do Alto Sertão do Piauí e Pernambuco (TASPP). Fonte: Elaborado pela Embrapa Semiárido.

A atuação da Embrapa Semiárido nesse território deu-se no âmbito do projeto FAO/TCP/BRA/2904/BRA, iniciado, efetivamente, em 2004. O projeto previa duas linhas estratégicas - uma técnica e outra política (PIRAUX et al., 2007).

A linha técnica abarcava os processos de diagnóstico, capacitação, acompanhamento de projetos produtivos e intercâmbios técnicos (troca de conhecimentos entre as instituições envolvidas). Estavam previstas atividades relacionadas aos manejos específicos para convivência com o Semiárido, agroecologia, beneficiamento de produtos, comercialização e outras atividades não agrícolas, além de ações afirmativas, como as ações voltadas para comunidades quilombolas, e utilização de políticas e programas públicos especialmente voltados para a agricultura familiar.

A linha política correspondia ao processo de intercâmbio político e visava formar e consolidar instituições locais, assim como, articulá-las a outras

instituições externas ao território, para consolidar um método comum de desenvolvimento, calcado na agricultura familiar e na convivência sustentável com o Semiárido. Essas articulações aconteceriam por meio da instalação de um fórum local, aqui entendido como um espaço de articulação, elaboração de propostas e negociação, e da formação de Agentes de Desenvolvimento Sustentável (ADS).

O fórum foi concebido como um espaço de discussão, diálogo e intercâmbio entre os diferentes atores sociais, atuando no contexto do desenvolvimento local e territorial. Também, deveria permitir a valorização das diferentes linhas de pensamento, ideologias e competências, sem perder o foco do desenvolvimento para discussões estéreis e de cunho meramente político-partidário.

A fragilidade das instituições e dos representantes, ou seja, do capital social e humano, dificultou a manutenção e a implementação de uma agenda de debates. O baixo nível de comprometimento das instituições e das pessoas bloqueou significativamente o avanço das discussões.

Ao observar esta situação, a Embrapa Semiárido, juntamente com o CIRAD, parceiro no projeto, prospectou junto ao escasso capital humano e ao frágil capital social, pessoas que se dispusessem a refletir sobre o processo de desenvolvimento do território de identidade que se construía, não importando a origem ou a ideologia. Chegou-se à conclusão de que seria necessário constituir o espaço do fórum contando com o apoio dos Conselhos Municipais de Desenvolvimento Rural (CMDRs). Pensava-se, então, que este processo deveria permitir que o fórum pudesse coordenar as suas ações com os conselhos responsáveis pela elaboração das políticas rurais. As discussões, análises e proposições começaram a surgir. Promoveu-se, para tanto, a criação de um contrato de convivência que permitisse a expressão e a discussão propositiva de ideias e conceitos.

O fórum passou a ser constituído por representantes das prefeituras, Sindicatos de Trabalhadores Rurais (STRs), associações dos agricultores, bancos, instituições públicas, Organizações Não Governamentais (ONGs) e outras instituições de apoio ao desenvolvimento. Vale a pena ressaltar que a atuação

dos representantes dos conselhos do Fundo Municipal de Ação Comunitária (FUMAC) dos quatro municípios, dos representantes das associações de produtores e dos sindicatos revelou-se determinante. Com esta nova dinâmica, o poder público, que já fazia parte dos conselhos do FUMAC e dos CMDRs, passou a observar com interesse crescente o desenrolar das atividades no fórum.

Nestas discussões, participavam representantes dos municípios piauienses de Acauã, Queimada Nova, Paulistana e Jacobina do Piauí, e os municípios pernambucanos de Afrânio, Dormentes, Santa Filomena e Petrolina, estes últimos sem uma participação efetiva, mas despertaram interesse nas discussões em andamento, levantando pontos de interesse para os referidos municípios.

Refletindo uma orientação da equipe responsável pelo projeto, nesse espaço, sempre foi evitado o mero "debate de opiniões". As discussões, geralmente, permaneciam centradas no tratamento de problemas locais, em tarefas concretas voltadas para o enfrentamento dos problemas reais da população. A elaboração de um plano de desenvolvimento territorial, baseado numa análise das potencialidades e limitações, foi assumida como uma dessas tarefas prioritárias. O plano de atuação foi desenvolvido em parceria com as instituições governamentais, valorizando os programas de investimentos já existentes. Oportunizou, também, um debate amplo sobre as políticas públicas e temas de indiscutível importância para a população local, a exemplo daqueles relacionados ao suprimento de água, à educação e à comunicação social.

A partir de então, as discussões passaram a ser focadas na busca de soluções para problemas comuns, envolvendo a formação de grupos de trabalho para elaborar propostas concretas de intervenção. Duas delas foram trabalhadas de maneira mais aprofundada, tendo em vista a busca de solução para os desafios específicos envolvidos na gestão compartilhada dos recursos hídricos e na prestação de assistência técnica.

O tema "água" foi abordado nos âmbitos da educação e da infraestrutura, exigindo a elaboração e a aplicação de um diagnóstico participativo bastante preciso, além da sistematização dos dados assim obtidos. Os atores sociais envolvidos perceberam as reais necessidades e possibilidades de ampliação do suporte hídrico, tanto para uso humano como para a produção animal e vegetal.

A severidade do período de seca, no decorrer do ano de 2005, pôde ser amenizada por meio da utilização dos resultados do diagnóstico, num momento onde, inclusive, a “situação de emergência” acabou sendo decretada. Graças ao diagnóstico realizado, os dados solicitados pela Defesa Civil foram rapidamente enviados e abreviaram o tempo investido nas tomadas de decisão para o enfrentamento da estiagem.

Os sistemas produtivos e a falta de assistência técnica no território foram abordados de forma transversal na proposta de municipalização da agricultura, em moldes semelhantes ao que ocorre com o Programa Saúde da Família (PSF), da Educação (FUNDEF) e, como já se inicia, na assistência social e psicológica com o Programa de Atendimento Integral à Família (PAIF). Os desdobramentos que ocorreram após a apresentação do projeto tornam esta proposta, se não fundamental, pelo menos complementar à pauta atual de discussões do fórum.

No decorrer dos trabalhos, foram propostas discussões para a institucionalização do Fórum. Duas ideias surgiram nesse momento: uma delas concebia o fórum como uma entidade de direito, capaz de elaborar, implantar e gerir recursos e projetos, dispondo, para tanto, de todas as prerrogativas necessárias; a outra propunha a manutenção de um espaço neutro, aglutinador das mais diversas ideologias, além de continuar sendo um ambiente propositivo, capaz de discutir políticas públicas e elaborar planos e programas de desenvolvimento no nível territorial. Mediante a prospecção de experiências que estavam ocorrendo em outros territórios ou regiões, optou-se pela instituição do fórum, como um Consórcio Intermunicipal, cuja constituição será descrita adiante.

Visando a segurança alimentar, hídrica e econômica dos sistemas produtivos da agricultura familiar, foi implementada uma linha técnica que privilegiava tecnologias apropriadas, pesquisas adaptativas ou de geração de novos conhecimentos, com forte apoio na formação dos agricultores. O desafio era proporcionar uma formação inicial para facilitadores ou mobilizadores sociais, para que eles pudessem entender a filosofia de um projeto de manejo dos recursos naturais e de desenvolvimento sustentável, baseado na interação entre as perspectivas, interesses e projetos dos agricultores familiares e de suas

organizações, bem como no referencial teórico, analítico e prático das várias disciplinas científicas.

Na perspectiva de formar novas competências, percebeu-se que a formação deveria ir além de uma simples iniciativa de capacitação técnica especializada. Esta deveria permitir aos beneficiários entender, cada vez melhor, a relação entre as inovações e os sistemas produtivos, além de identificar as necessidades e favorecer as adaptações, mobilizando, ao mesmo tempo, as políticas públicas.

A capacitação técnica e o domínio das tecnologias foram incluídos numa reflexão de caráter global, em que os seus impactos esperados no contexto local tornaram-se mais nítidos. Isso implicou na elaboração de um itinerário pedagógico de formação pela pesquisa-ação: observação, teorização, experimentação, avaliação (método científico hipotético-dedutivo). Para tanto, foram adotados os princípios da chamada Pedagogia da Alternância, prevendo-se a organização de sessões quinzenais de capacitação (aulas presenciais), com dois dias de duração, com atividades de campo intercaladas entre as sessões, além do acompanhamento das demais atividades do projeto. Vale a pena ressaltar que a opção por esta abordagem pedagógica foi justificada, sobretudo, pelo fato de fortalecer a ação dos facilitadores.

Associou-se a formação em sala de aula às ferramentas dos “Campos de Aprendizagem Tecnológica” (CAT) e “Campos de Pesquisa Participativa” (CPP). Estas ferramentas levaram o aprendizado para as comunidades. Os CATs e CPPs, figuras criadas para promover experiências, adaptações e validar tecnologias, situam-se nas propriedades dos agricultores participantes da formação ou em propriedade por eles selecionadas. Trouxeram a informação para junto do agricultor e pelo agricultor, para que processos inovativos pudessem ser potencializados. Diversas experiências podem ser contabilizadas como promissoras, entre os quais o CAT-CPP da Serra da Parreira, onde a comunidade local assumiu a manutenção e a expansão das atividades, expressando o processo de apropriação de tecnologias e empoderamento da comunidade sobre seu destino. A experiência nasceu numa discussão com os agricultores da Comunidade Morro Alto, em Acauã, PI. Organizados em uma associação, os produtores que moravam próximos a Serra da Parreira e faziam parte da Associação dos Pequenos Produtores Rurais do Morro Alto

direcionaram esforços para, juntos, conseguirem transpor as barreiras da distância da sede do município à qual estava submetida a comunidade e resgatar culturas e práticas de cultivo que permitissem o desenvolvimento de uma agricultura sustentável na localidade.

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) fez parte desse resgate. Não do cultivo de forma isolada, mas de um sistema diversificado de produção, com inclusão de espécies como caupi, amendoim, gergelim e guandu, que incrementam a renda familiar e reduzem a baixa cobertura do solo proporcionada pela mandioca (SILVA et al., 2009). Além da diversificação das espécies em consórcio, também se procurou diversificar a cultura principal (mandioca) com diferentes variedades. Contando com a motivação da comunidade, foram introduzidas outras variedades testadas pela Embrapa Semiárido em seus campos experimentais, para os agricultores elegerem as melhores, tomando como base a utilização das raízes (SILVA et al., 2006). Nessa experiência, procurou-se manter o sistema produtivo com base agroecológica, visando estimular os agricultores a resgatar algumas práticas importantes para a sustentabilidade ambiental e obter resultados que identificassem não apenas as melhores variedades, mas os sistemas produtivos com maior eficiência de uso dos recursos naturais no Semiárido, principalmente solo e água.

Todo este trabalho foi conduzido com a participação dos membros da comunidade e com a participação direta de atores ligados ao setor público municipal, como prefeituras e secretarias de agricultura do município e cidades vizinhas. Entretanto, todas as decisões relacionadas aos trabalhos desenvolvidos foram tomadas em conjunto e coube à Embrapa exercer o papel de catalisadora das ações necessárias ao êxito do trabalho, com a isenção política e de gestão que sempre pautou a sua atuação.

Entende-se que os CATs e CPPs inovaram, ao permitir referenciais quantitativos de produção e aumento e estabilidade de renda, assim como de transferência real e efetiva de tecnologia, tanto no sentido hoje utilizado para inovação, como na melhoria qualitativa das condições de vida.

A figura dos ADSs surgiu para cobrir uma imensa lacuna em ações voltadas para a formação de agricultores familiares e lideranças, assim como dos próprios

técnicos de suas organizações e das organizações de apoio, ou seja, pessoas dotadas de maior capacidade de intervenção como protagonistas deste processo de geração e difusão de conhecimentos (PIRAUX; AZEVEDO, 2007).

Esses jovens, denominados, inicialmente, Agentes de Desenvolvimento Rural (ADRs), são agricultores sediados na região, escolhidos pelas comunidades, interessados no projeto e dotados de várias competências (alfabetizados, engajados socialmente, interessados na "coisa técnica", responsáveis, reconhecidos como dignos de credibilidade), consideradas essenciais ao desempenho da função de agentes de desenvolvimento rural. No decorrer do projeto, foram formadas três turmas de vinte e cinco jovens.

Num primeiro momento, esses jovens foram inseridos nas dinâmicas de desenvolvimento como articuladores locais em suas comunidades de origem. Tornaram-se um ponto de referência importante, do ponto de vista técnico, ao atuarem mais diretamente como correias de transmissão dos serviços de assistência técnica e dos responsáveis pela elaboração de projetos vinculados ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). Atualmente, os ADSs atuam no território junto ao técnico projetista credenciado pelo Banco do Nordeste. Eles estão avaliando, diagnosticando, discutindo e auxiliando ativamente na elaboração de projetos de desenvolvimento em suas comunidades. O projetista remunera os ADSs por produto (projeto elaborado e liberado). O Banco do Nordeste, parceiro do fórum, ao perceber a qualidade das abordagens dos projetos apresentados, demandou à Embrapa um projeto específico de capacitação para esse território.

Com um corpo de agricultores em processo de formação teórica e, sobretudo, prática, com participação ativa na geração, adaptação e validação de tecnologias e com a implementação de um colegiado formado por pessoas interessadas no desenvolvimento de seu entorno, podemos perceber as duas linhas mestras do processo: uma linha política, o Fórum, espaço de discussão, apropriação de ideias, formulação de ações e projetos, e uma linha técnica com os CATs e CPPs manejados pelos agricultores que passaram pela formação, agora chamados de Agentes de Desenvolvimento Sustentável (ADS), que permitem aos agricultores que as tecnologias sejam observadas em seu próprio meio e a ele ajustadas.

Mesmo com um embrião de capital e social emergente, a animação do processo de discussão necessita de linhas guias ou ideias norteadoras para que as pessoas entendam e identifiquem suas necessidades e foquem em soluções possíveis. Os diagnósticos mostraram que o tema água e assistência técnica eram recorrentes e limitantes do desenvolvimento. Estes foram, então, focos de um grande projeto do colegiado, cujo valor estava na mobilização dos atores, precisão nos levantamentos e uso quase que imediato do diagnóstico da situação hídrica na mobilização de carros-pipa na seca de 2006.

A comunidade e seus representantes, ao visualizarem situações possíveis nas propostas, passam a atuar de modo ativo. Trabalhando o ideal, a apropriação é quase ou totalmente nula.

O território em construção, passando a ter o seu colegiado, elabora um projeto composto por um diagnóstico preciso. Mas não tem quem possa implantá-lo ou mesmo propô-lo. Neste contexto, surge uma ferramenta de apoio fundamental: uma entidade proposta e reconhecida pelos atores como capaz de assumir as ideias discutidas no colegiado, modelá-las em projetos e captar recursos para implantá-las. O colegiado inicia a formação de um consórcio intermunicipal, a exemplo dos já existentes em outros lugares, como uma entidade que congrega municípios. Mas a lógica legal é municipalista. As ações e os recursos do governo federal são direcionados para os municípios e não para os territórios (municípios fazem parte dos territórios, mas estes não são entes de direito capazes de gerir recursos oficiais). A grande inovação da criação deste consórcio foi a participação ativa da sociedade civil na sua formação e administração (PIRAUX et al., 2008).

A proposta foi aceita pelos municípios, com a criação de um conselho de administração formado por membros de entidades de ensino – Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), de pesquisa (Embrapa), de desenvolvimento (CODEVASF) – e do colegiado territorial. Inicialmente, todos os municípios que estavam participando do Fórum (Colegiado) concordaram com a formação do consórcio. Quando o novo desenho de governança, necessário para que o consórcio funcionasse, foi entendido pelos representantes do poder público, alguns foram relutantes em aceitar e um deles saiu das discussões. O consórcio, já formalizado legalmente,

congrega os municípios de Acauã, no estado do Piauí, e Afrânio e Dormentes, no estado de Pernambuco. Os municípios de Jacobina do Piauí, Queimada Nova e Paulistana, também no Piauí, demonstram interesse em participar do consórcio, pois visualizam o potencial que esse tipo de organização oferece.

A intervenção no Território do Alto Sertão do Piauí e Pernambuco (TASPP) foi avaliada positivamente pelas entidades que acompanharam o processo. Novos projetos foram aprovados, tanto com recursos externos, como internos da Embrapa, demonstrando a sustentabilidade das ações. De fato, o projeto de apoio ao Desenvolvimento Territorial do Alto Sertão do Piauí e de Pernambuco tem apresentado resultados bastante positivos. Revelou o imenso potencial contido na apropriação dos mecanismos do desenvolvimento pelos próprios atores locais, incluindo-se a formação de novas competências, e contribuiu, ao mesmo tempo, para o fortalecimento institucional de um sistema de governança.

Várias demandas de formação da Confederação dos Trabalhadores da Agricultura (CONTAG), do Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e de prefeituras foram ou estão sendo atendidas. As formações associadas aos CATs e aos CPPs promovem a apropriação e o empoderamento das ações por parte dos agricultores experimentadores, fato que, nos processos mais tradicionais de disponibilização de informações e tecnologias expostas em Unidades Demonstrativas e Unidades de Observação, por serem de responsabilidade da entidade de pesquisa e/ou extensão, não tem participação ativa dos agricultores e, portanto, estes pouco se empoderam do processo de transferência de tecnologia.

Os CATs e CPPs, pelo valor que os agricultores passaram a observar nas adaptações e práticas, permitiram que os agricultores experimentadores formassem uma entidade associativa que presta assistência técnica, elabora projetos produtivos e apoia a formação do Consórcio Intermunicipal.

O Consórcio representa um resultado significativo no processo de desenvolvimento, sendo complementar à territorialidade. Apesar de o ambiente institucional favorecer ao desenvolvimento territorial, o município ainda representa uma instância importante para propor, mobilizar, receber e

executar os recursos oriundos das políticas públicas. Por outro lado, o município tem a limitação de a ação geográfica ser restrita ao seu território, não podendo utilizar os recursos mobilizados em outra municipalidade.

Na análise dos resultados do projeto, foi identificada uma agenda de pesquisas, necessária para consolidação da reflexão metodológica, razão principal do envolvimento da Embrapa. Paralelamente à análise dos instrumentos metodológicos utilizados em Acauã, surge a necessidade de elaboração de novos métodos no âmbito de um novo projeto focado na informação para o desenvolvimento – o Projeto Agrofuturo.

Experiência do Território do Sisal no sertão da Bahia

O Programa de Inovação Tecnológica e Novas Formas de Gestão na Pesquisa Agropecuária – Projeto Agrofuturo, implementado pela Embrapa, com o apoio financeiro do BID, tem como propósito fortalecer o desempenho do sistema de inovação em áreas estratégicas e críticas, para o desenvolvimento agropecuário e do espaço rural.

O Projeto, num dos seus componentes, propôs a criação de Núcleos Piloto de Informação e Gestão Tecnológica para a Agricultura Familiar, em três territórios de diferentes regiões do Brasil, entre os quais o do Território do Sisal, no sertão da Bahia, como alternativa capaz de catalisar os esforços institucionais e dos agricultores, em prol do fortalecimento desse segmento da agricultura. Com as ações dos Núcleos, somadas aos demais componentes do Agrofuturo, em especial o financiamento de P&D em áreas estratégicas, pretende-se contribuir para a melhoria do atendimento das necessidades dos agricultores familiares, em termos de acesso aos conhecimentos disponíveis e geração e/ou adequação de conhecimentos que possam oferecer soluções a esses agricultores.

A instalação do “Núcleo piloto de informação e gestão tecnológica para a agricultura familiar” justificava-se pela existência, na Embrapa, de um acervo de informações tecnológicas que pode atender parte das necessidades dos agricultores familiares. Entretanto, os métodos convencionais que disponibilizam o conjunto das informações tecnológicas existentes pelos meios de comunicação e difusão habituais não conseguiam fazer com que este acervo fosse mobilizado e disponibilizado satisfatoriamente para esse público. Daí a

necessidade de novos métodos de gestão e disponibilização da informação de forma mais contextualizada para que os agricultores, com a ajuda dos técnicos, pudessem escolher, neste leque de possibilidades, as informações e tecnologias mais adequadas, mobilizando os recursos necessários disponíveis e o apoio das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento.

O Núcleo, portanto, propõe integrar agricultores, educadores rurais, pesquisadores e agentes de desenvolvimento num ambiente que congrega as pessoas e as instituições para promover um aprendizado mútuo, compartilhar e fazer uso do conhecimento, informação e tecnologias relacionadas à agricultura. A atuação de Embrapa Semiárido no Território do Sisal gravita em torno desse Núcleo com uma ampla parceria institucional.

O Território do Sisal é formado por vinte municípios do Semiárido baiano (Araci, Barrocas, Biritinga, Candeal, Cansação, Conceição do Coité, Ichu, Itiúba, Lamarão, Monte Santo, Nordestina, Queimadas, Quinjingue, Retirolândia, Santa Luz, São Domingos, Serrinha, Teofilândia, Tucano e Valente), que ocupam uma área de 20.454 km², onde vivem cerca de 555 mil habitantes (Figura 2). Destes, 63% residem em áreas rurais, ocupando, aproximadamente, 65 mil estabelecimentos rurais. Noventa e três por cento dos estabelecimentos são de base familiar. Quase 10% dos agricultores familiares da Bahia se acham neste território, dos quais, aproximadamente, 68% são classificados como praticamente sem renda.

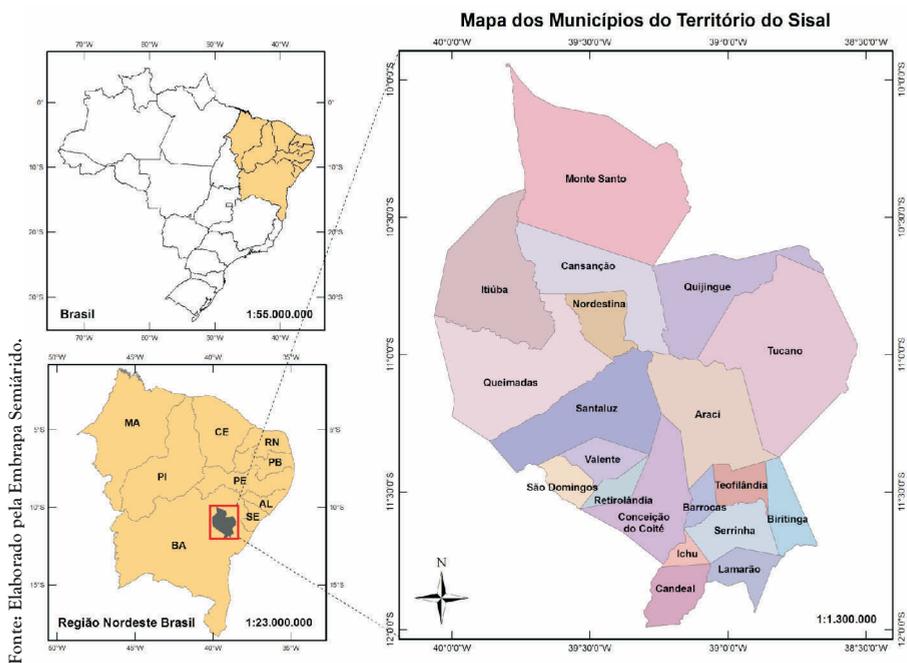


Figura 2. Localização do Território do Sisal.

Inicialmente, foi feito um diagnóstico denominado de linha de base, em que se levantou um elenco de informações, dados e observações, destinados a nortear as ações de instalação e acompanhamento do Núcleo. A partir de atores selecionados, considerados relevantes para os objetivos da proposta, foram tratados temas sobre: a conformação territorial; a agricultura familiar; o Núcleo Piloto; as experiências tecnológicas; o meio ambiente; as expectativas, visões e outros aspectos gerais (atuação das organizações e instituições locais, organização, liderança, projetos, pontos de estrangulamento, demandas e parcerias).

Realizado o diagnóstico, partiu-se para um estudo dos documentos existentes e uma discussão com diferentes parceiros envolvendo cerca de 50 atores numa oficina de trabalho, como forma de socializar a proposta de trabalho e construir uma metodologia de implantação do projeto do Núcleo. Nessa oficina, discuti-

se, basicamente, três questões: o que poderia vir a ser o Núcleo, como deveria ser organizado e como cada um poderia contribuir para o projeto.

A organização do Núcleo foi estabelecida em torno de um Comitê Técnico, formado por membros das instituições que trabalham no Território, a exemplo da Embrapa, EBDA, Associação de Desenvolvimento Sustentável e Solidário da Região Sisaleira (Apaeb), Serviço de Apoio a Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Fundação de Apoio aos Trabalhadores Rurais e Agricultores Familiares da Região do Sisal e Semiárido da Bahia (Fatres), Movimento de Organização Comunitária (MOC), Instituto de Desenvolvimento da Região do Sisal (IDR Sisal), Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado da Bahia (SECTI), além de uma representação das secretarias municipais de agricultura. O Comitê Gestor, formado pelas instituições proponentes do projeto (Embrapa, Sebrae, Apaeb e MDA), teria uma articulação direta com o Conselho Regional de Desenvolvimento Rural Sustentável (CODES), instância maior de discussão do território, e com o próprio Comitê Técnico, para mobilização dos grupos de trabalho e das equipes técnicas executoras existentes no território.

O Comitê Técnico, além de ratificar as instituições componentes, definiu as atividades prioritárias a serem desenvolvidas para funcionamento do Núcleo, descritas a seguir:

- a) Articulação e parceria - promover encontros com prefeitos e secretários de agricultura dos municípios; fazer apresentação do Núcleo em reuniões do CODES; realizar reuniões institucionais nas esferas estadual e federal; realizar reuniões com entidades governamentais e não governamentais; definir os arranjos institucionais do Núcleo e sua formalização.
- b) Gestão interna - definição das estratégias de funcionamento; construção de uma agenda de acompanhamento e controle do Núcleo; estruturação do Escritório de Apoio; mobilização das redes, conforme demandas; elaboração do regimento interno.
- c) Comunicação - construção de logomarcas e sua difusão; elaboração de relatórios internos; construção de mecanismos de comunicação (e-mail, site ou link, mala direta, etc.); contatos com a mídia; material de divulgação; registro de atas de reuniões.

d) Diagnóstico - elaboração de projeto para iniciar as atividades; sistematização de informações; elaboração e aplicação de um marco zero do Projeto; análise de viabilidade da intervenção.

e) Elaboração de projetos - analisar as demandas; definir a metodologia de intervenção; identificar fontes de recursos e arranjos institucionais; mobilizar competências.

f) Sensibilização - realizar reuniões em comunidades e assentamentos; fazer intercâmbio dentro e fora do território; fazer visitas tecnológicas; elaborar e divulgar materiais; formar grupo de interesse.

g) Identificação dos temas a serem trabalhados - reunião com outras unidades da Embrapa; reunião com os parceiros; realização de diagnóstico participativo; realização de diagnóstico junto às entidades; levantamento da "oferta de tecnologia".

h) Metodologias a serem utilizadas - definição de metodologias de intervenção (prospectar no Território); análise de viabilidade em função dos recursos disponíveis; aplicação de acordo com o tema e a localidade; avaliação do impacto da atividade.

i) Eventos de formação - identificar tipos e temas dos eventos; identificar facilitadores dentro e fora do território; identificar e selecionar locais e meios para os eventos; avaliar os impactos dos eventos.

Com o objetivo de retratar e melhor compreender a diversidade e a complexidade das situações agrárias e das atividades produtivas existentes no Território, foram realizados um zoneamento do território e uma tipologia dos agricultores familiares.

A partir de uma metodologia que privilegia essas duas ferramentas, foi realizado, primeiro, o zoneamento por entrevistas com pessoas-chave, como um instrumento para representação da diversidade do território, por meio da estratificação de seu espaço em unidades espaciais homogêneas, nas quais os recursos produtivos, seu uso, sua valorização pela sociedade e as limitações enfrentadas constituem um conjunto homogêneo da problemática de desenvolvimento, cuja variabilidade é mínima, de acordo com a escala

cartográfica (PIRAUX; AZEVEDO, 2008). A metodologia compreendeu as seguintes etapas:

- a) Identificação dos dados científicos disponíveis sobre os municípios, em particular, o material cartográfico e sua seleção.
- b) Preparação e definição das entrevistas.
- c) Entrevistas e identificação da diversidade das situações locais.
- d) Confrontação dos resultados das diferentes entrevistas.
- e) Confrontação com as informações existentes.
- f) Análise e caracterização – funcionamento dos diversos sistemas agrários, tendências de evolução espacial e social.
- g) Elaboração do mapa final e restituição a diferentes agentes e atores locais.

A segunda ferramenta diz respeito à tipologia social, que permitiu entender a diversidade social. Utilizou-se, para isso, as seguintes variáveis:

- a) Os elementos físicos que estruturam o território (o relevo, as estradas, as cidades, o local onde se situam os recursos naturais, principalmente a água).
- b) A repartição de algumas características próprias sociais a cada município, como a taxa de pobreza, os IDHs, a taxa de urbanização, a densidade populacional, o analfabetismo, as desigualdades e a renda per capita.
- c) A repartição espacial dos sistemas agrários (sistemas de produção, tamanho dos estabelecimentos, tipos de atividades) identificados a partir de entrevistas específicas com pessoas-chaves do território.
- d) Os fatores sociais enfocando, particularmente, o número e o poder das organizações sociais, das cooperativas ou dos sindicatos, a presença do setor privado, as formas de acesso, de apropriação e de uso dos recursos. Esses elementos precisaram, novamente, constituir os temas de entrevistas com atores locais.

O objetivo foi identificar os fatores que explicam a localização das atividades: compreender porque uma atividade ou a presença de sistemas de produção

específicos se desenvolveu num lugar específico e como ali pôde se desenvolver, em função do nível de intervenção das organizações, da disponibilidade dos recursos naturais ou de outros fatores. O importante era privilegiar uma leitura cruzada entre os diversos componentes.

Coube à Embrapa Semiárido a responsabilidade de coordenação da implementação do Núcleo, que buscou, desde o início dos trabalhos no território, o envolvimento de outras Unidades da Embrapa, especialmente do Nordeste, tendo, cada uma delas, maior ou menor envolvimento. A Embrapa Algodão, por ser a Unidade que trabalha com a cultura do sisal, foi a primeira a se incorporar, implantando Unidades com o objetivo de testar o consórcio da cultura do Sisal com forrageiras (sorgo, guandu forrageiro, leucena, gliricídia, maniçoba e capim-buffel). Mais recentemente, a Embrapa Mandioca e Fruticultura teve um grande envolvimento com o tema diversificação de culturas no território, apoiando o cultivo do abacaxi. Outras Unidades, como a Embrapa Caprinos, a Embrapa Tabuleiros Costeiros, a Embrapa Transferência de Tecnologia e até a Embrapa Soja, tiveram envolvimento, mas com uma participação mais discreta.

Além dos recursos do Agrofuturo, sempre se buscou outras fontes de apoio ao trabalho, o que se conseguiu com a aprovação de um projeto pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) para o levantamento de espécies do gênero *Stylosanthes*, de ocorrência natural no Território, tendo como parceiros a Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus de Juazeiro, e a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Além disso, mais quatro projetos foram aprovados em editais do IDR sobre: qualidade do resíduo de sisal para alimentação animal; prevenção e controle da Linfadenite Caseosa dos caprinos pela utilização de vacina; estratégias de aproveitamento dos coprodutos do coco Ouricuri (*Syagrus coronata* Mart.) na alimentação humana e animal na região do sisal; avaliação de práticas culturais adotadas por agricultores na disseminação da podridão vermelha do sisal e alternativas de controle. Mais recentemente, foram aprovados recursos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) destinados para a Embrapa e do Programa Mais Alimentos, para implantação de campos de aprendizagem tecnológica (CAT) em várias unidades no Território.

Considerações finais

As atividades de P,D&I na Embrapa Semiárido experimentaram uma evolução ao longo dos últimos 30 anos, passando das primeiras experimentações em meio real, em nível das propriedades rurais, para o enfoque de pesquisa em desenvolvimento territorial. Essa evolução foi influenciada pela dinâmica social das intervenções nas experiências relatadas, envolvendo não apenas os agricultores, mas, também, vários outros atores e parceiros do desenvolvimento rural, conduzindo a equipe técnica de pesquisadores a constantes questionamentos que influenciaram em suas práticas de pesquisa e transferência de tecnologia. Para as instituições envolvidas, resultados significativos foram obtidos na elaboração e aperfeiçoamento de métodos de intervenção e de experimentação, na agregação de novos conhecimentos sobre as condições naturais e socioeconômicas do meio rural e na ampliação das parcerias no processo de desenvolvimento rural.

Do ponto de vista das atividades de P,D&I, o objeto de pesquisa deixa de ser apenas o sistema de produção agrícola e passa a contemplar o processo de desenvolvimento rural. Nesse contexto, a geração e a difusão de uma informação de qualidade, calcadas nas demandas e estratégias dos agricultores e apoiadas em instrumentos metodológicos apropriados, consolidam a contribuição da Embrapa Semiárido no apoio às políticas públicas e ao processo desenvolvimento rural. Não se trata de induzir mudanças nas práticas de produção dos agricultores apenas pela oferta de outras pressupostamente mais eficientes, mas colocar à disposição dos principais atores do desenvolvimento as informações técnicas, econômicas, sociais e ambientais pertinentes, elaboradas a partir da compreensão do processo de desenvolvimento, das estratégias desses atores e dos conhecimentos científicos disponíveis, que possam exercer uma influência positiva sobre a tomada de decisão dos agricultores, de suas organizações e de seus parceiros do desenvolvimento rural.

Referências

- AZEVEDO, S. G. De ; PIRAUX, M. ;. Les agents de développement durable: de nouveaux acteurs pour une nouvelle gouvernance technologique territoriale: l'exemple du territoire do Alto Sertão do Pernambuco e Piauí dans le Nordeste Brésilien. In: ATELIER INTERNATIONAL APPRI 2008: APPRENTISSAGE, PRODUCTION ET PARTAGE D'INNOVATIONS, 2008, Ouagadougou. **Quels outils pour la co-reconstruction et la mise en oeuvre durable d'innovations dans les zones rurales sèches en Afrique?** Ouagadougou: CIRAD, 2008. Não paginado.
- CARON, P.; PREVOST, F; SILVA, P. C. G da. **A evolução de um programa de pesquisa de sistema de produção no Nordeste brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 1998. 22 p.
- DUNCAN, M. O desenvolvimento territorial: o projeto do MDA. In: SEMINÁRIO SOBRE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E CONVIVÊNCIA COM O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 2003, Petrolina. **Experiência de aprendizagem.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; FAO; CIRAD, 2003. 1 CD-ROM.
- EMBRAPA. Resolução Normativa n° 2, de 4 de fevereiro de 2003. **Boletim de Comunicações Administrativas**, Brasília, DF, v. 29, n. 6, p. 7, fev. 2003.
- GUIMARÃES FILHO, C. **Relatório final de avaliação:** Projeto FAO TCP/BRA/2904. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2005. 34 p.
- IBGE. **Contagem da população 2007.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em: 19 fev. 2008.
- PIRAUX, M.; TONNEAU, J. P.; CARON, P.; CHIA, E.; VALLARIE, P.; COUDELE, E.; SIDERSKY, P.; FAVRE, N.; BURTE, J.; CANIELLO, M.; ARAÚJO, A. E.; SILVEIRA, L.; BARROS, E. R.; SILVA, P. C. G. da; ARAÚJO, C. R. de; CEZIMBRA, C. M.; AZEVEDO, S. G. de; SOUZA, J. de; DUARTE, L.; OLIVEIRA, L. M. S. de; CUNHA, L. H.; MALUF, R. Desenvolvimento territorial e fortalecimento da capacidade dos atores no Nordeste do Brasil. In: CIRAD. O Cirad no Brasil: relatório de atividades 2005-2007. Brasília, DF, 2007. cap. 4, p. 76-78.
- PIRAUX, M.; AZEVEDO, S. G. de. **Zoneamento e tipologia dos agricultores no Território do Sisal:** relatório da missão de 14 a 17 de julho de 2008. Petrolina: Embrapa Semi-Árido: PROJETO AGROFUTURO, 2008. 25 p.
- PIRAUX, M.; TONNEAU, J. P.; AZEVEDO, S. G.; OLIVEIRA, L. M. S. R. Le développement territorial durable : le cas d'une expérience dans le Nordeste du Brésil. In: COLLOQUE DE L'ASRDLF, 43., 2007, Grenoble, Chambéry. **Les dynamiques territoriales: débats et enjeux entre les différentes approches disciplinaires.** Grenoble, Chambéry: Association de Science Régionale de Langue Française, 2007.

PIRAUX, M.; AZEVEDO, S. G. de; TONNEAU, J. P.; ARAÚJO, C. R. Le consortium intermunicipal : un dispositif efficace de gouvernance territoriale?: le cas d'une expérience dans le Nordeste du Brésil. In: COLLOQUE DE L'ASSOCIACION DE SCIENCE RÉGIONALE DE LANGUE FRANÇAISE, 45., 2008, Québec. **Territoires et action publique territoriale: nouvelles ressources pour le développement regional**. Québec: Université du Québec, 2008. Disponível em: <<http://asrdlf2008.uqar.qc.ca/>>. Acesso em : 5 jun. 2010.

SILVA, A. F.; FRANÇA, C. R. R. S.; MAGALHÃES, C. A. S.; SANTOS, A. P. G.; A. FILHO, J. M. de. Caracterização do Banco Ativo de Germoplasma de mandioca do Semi-Árido nordestino. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 17., 2006, Recife. **Conhecimentos para o novo milênio: resumos**. Recife: SBG, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, A. F.; SANTANA, L. M. de; FRANÇA, C. R. R. S.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ARAÚJO, C. R. de; AZEVEDO, S. G. de. Produção de diferentes variedades de mandioca em sistema agroecológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 33-38, 2009.

TONNEAU, J. P. **Modernisation des espaces ruraux et paysannerie: le cas du Nordeste du Brésil**. 1994. 358 f. These (Doctor) - Université de Paris X, Paris.

TONNEAU, J. P.; SILVA, P. C. G. da; CARTAXO, W. V.; MENEZES, E. A.; GAVIRIA, L. Desenvolvimento territorial e convivência com o Semi-Árido brasileiro: experiência de aprendizagem: relatório final. In: SEMINÁRIO SOBRE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E CONVIVÊNCIA COM O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 2003., Petrolina. **Experiência de aprendizagem**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003. 1 CD-ROM.

Impressão e acabamento
Embrapa Informação Tecnológica

O papel utilizado nesta publicação foi produzido conforme a certificação da Bureau Veritas Quality International (BVQI) de Manejo Florestal.

Embrapa

Semiárido

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento