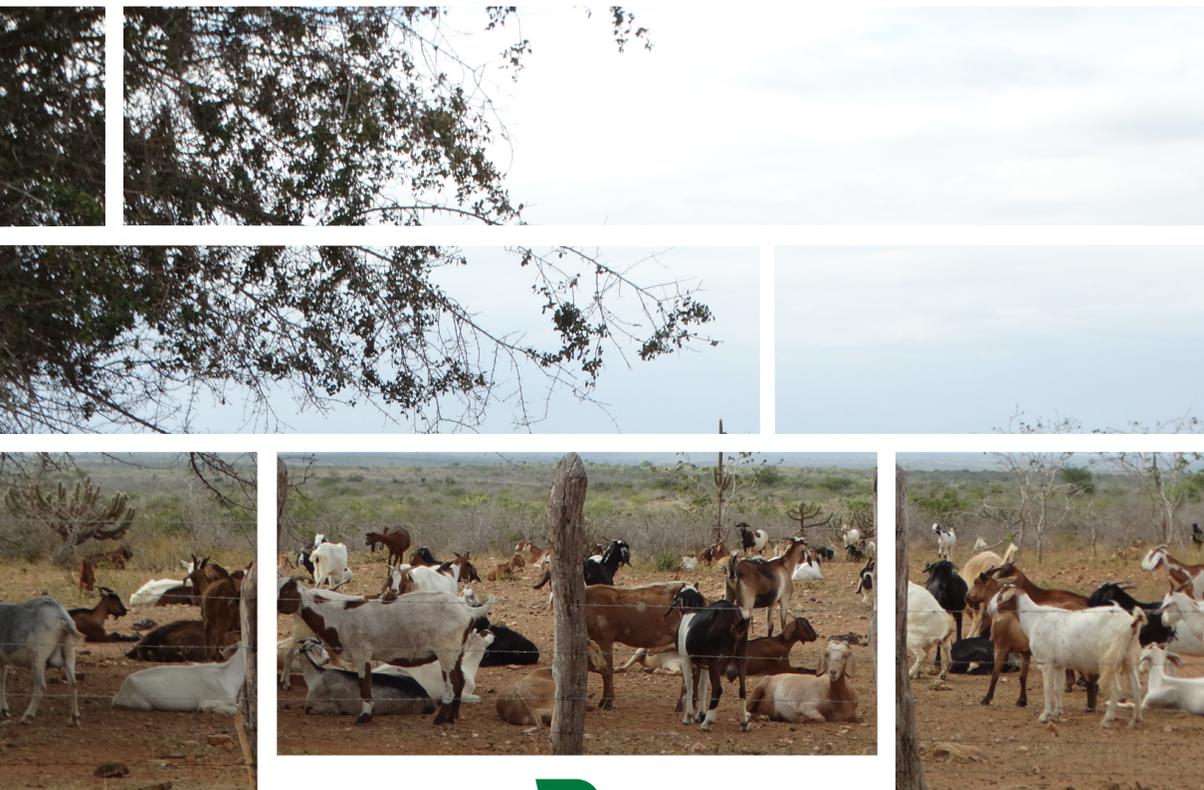




# Práticas de Manejo e Conservação do Solo e da Água na Gestão Sustentável de Agroecossistemas da Bacia Leiteira Caprina Integrada da Paraíba e Pernambuco



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Solos  
Ministério da Agricultura e Pecuária**

## **DOCUMENTOS 241**

# **Práticas de Manejo e Conservação do Solo e da Água na Gestão Sustentável de Agroecossistemas da Bacia Leiteira Caprina Integrada da Paraíba e Pernambuco**

*Maria Sonia Lopes da Silva  
Manoel Batista de Oliveira Neto  
Francisco Éden Paiva Fernandes  
Simão Lindoso de Souza  
Alineaurea Florentino Silva  
Nivea Regina de Oliveira Felisberto Perdigão  
Leandro Silva Oliveira  
José Coelho de Araújo Filho  
Roberto da Boa Viagem Parahyba  
Carla Cristina Marques de Santana  
Renata Andrade Lima  
Luana Maria Jesus Moraes Lima  
Talysson Daniel Santos da Silva*

**Embrapa Solos**  
Rio de Janeiro, RJ  
2023

**Embrapa Solos**

Comitê Local de Publicações

Unidade de Execução de Pesquisa e  
Desenvolvimento de RecifePresidente  
*Silvio Barge Bhering*Rua Antônio Falcão, nº402  
Boa Viagem, Recife, PE  
CEP: 51020-240  
Fone: +55 (81) 3198-7800Secretário-Executivo  
*Marcos Antônio Nakayama*[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)Membros  
*Bernadete da Conceição Carvalho Gomes  
Pedreira, David Vilas Boas de Campos, Evaldo  
de Paiva Lima, José Francisco Lumberas,  
Joyce Maria Guimarães Monteiro, Lucia Raquel  
Queiroz Pereira da Luz, Maurício Rizzato  
Coelho, Wenceslau Gerales Teixeira*[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)**Unidade responsável pelo conteúdo e edição**  
Embrapa Solos UEP RecifeSupervisão editorial  
*Marcos Antônio Nakayama*1ª edição  
Publicação digital (2023): PDFNormalização bibliográfica  
*Enyomara Lourenço Silva (CRB - 4/1569)*Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*Editoração eletrônica  
*Beatriz Regina de Figueiredo e Wilber Antônio  
Santos da Silva*Capa  
*Beatriz Regina de Figueiredo e Maria Sonia  
Lopes da Silva*Foto da capa  
*Maria Sonia Lopes da Silva***Todos os direitos reservados.**A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Solos

---

Práticas de manejo e conservação do solo e da água na gestão sustentável de agroecossistemas da bacia leiteira caprina integrada da Paraíba e Pernambuco / Maria Sonia Lopes da Silva ... [et al.]. - Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2023.  
PDF (48 p.): il. color. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517 - 2627; 241).

1. Semiárido. 2. Manejo do solo e água em sistemas de produção com caprinocultura leiteira. 3. Gestão ambiental do agroecossistema familiar. 4. Resiliência socioecológica e econômica. I. Silva, Maria Sonia Lopes da. II. Oliveira Neto, Manoel Batista de. III. Fernandes, Francisco Éden Paiva. IV. Souza, Simão Lindoso de. V. Silva, Alineaurea Florentino. VI. Perdígão, Nivea Regina de Oliveira Felisberto. VII. Oliveira, Leandro Silva. VIII. Araújo Filho, José Coelho de. IX. Parahyba, Roberto da Boa Viagem. X. Santana, Carla Cristina Marques de. XI. Lima, Renata Andrade. XII. Lima, Luana Maria Jesus Moraes. XIII. Silva, Talysson Daniel Santos da. XIV. Embrapa Solos. XV. Série.

CDD 631.4

## Autores

### **Maria Sonia Lopes da Silva**

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Solos UEP Recife, PE.

### **Manoel Batista de Oliveira Neto**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Solos UEP Recife, PE.

### **Francisco Éden Paiva Fernandes**

Zootecnista, doutor em Zootecnia, analista da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE.

### **Simão Lindoso de Souza**

Licenciado em Ciências Agrícolas, doutor em Microbiologia Agrícola, professor da Universidade Estadual da Paraíba, Campus Campina Grande, PB.

### **Alineaurea Florentino Silva**

Engenheira-agrônoma, doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

### **Nivea Regina de Oliveira Felisberto Perdigão**

Zootecnista, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Caprinos e Ovinos, Núcleo Regional de Campina Grande, PB.

### **Leandro Silva Oliveira**

Médico veterinário, doutor em Zootecnia, analista da Embrapa Caprinos e Ovinos, Núcleo Regional de Campina Grande, PB.

**José Coelho de Araújo Filho,**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Geoquímica e Geotectônica, pesquisador da Embrapa Solos UEP Recife, PE.

**Roberto da Boa Viagem Parahyba**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Solos UEP Recife, PE.

**Carla Cristina Marques de Santana**

Acadêmica em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

**Renata Andrade Lima**

Acadêmica em Agronomia pelo Instituto Federal de Pernambuco, Campus Vitória de Santo Antão, PE.

**Luana Maria Jesus Moraes Lima**

Acadêmica em Agronomia pelo Instituto Federal de Pernambuco, Campus Vitória de Santo Antão, PE.

**Talysson Daniel Santos da Silva**

Acadêmico em Agronomia pelo Instituto Federal de Pernambuco, Campus Vitória de Santo Antão, PE.

## Agradecimentos

À [Embrapa](#) por oportunizar se trabalhar com populações em situação de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental.

Ao [Programa de Apoio à Inovação Social e ao Desenvolvimento Territorial Sustentável \(InovaSocial\)](#), financiado pelo [Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social \(BNDES\)](#), por promover inserção social de agricultores familiares, mediante o fortalecimento de [Sistemas Agroalimentares Localizados \(SIAL\)](#).

Às famílias agricultoras, por abrirem as cancelas de seus agroecossistemas e nos receberem para juntos estudarmos as questões de solo, água e biodiversidade.

À rede sociotécnica de parceiros pelo codesenvolvimento da pesquisa.

“Afagar a terra,  
Conhecer os desejos da terra,  
Cio da terra, a propícia estação,  
E fecundar o chão”.

*Milton Nascimento e Chico Buarque.*

## Apresentação

Fonte de alimentos, nutrientes, água e diferentes formas de vida, o solo é um dos recursos naturais que mais tem sofrido com a degradação causada por uso inadequado. Problemas como erosão, perda de matéria orgânica, nutrientes e biodiversidade, salinização, poluição, acidificação, entre outros desafiam técnicos/as e agricultores/as na busca de soluções tecnológicas para minimizar ou erradicar esses fatores limitantes.

O presente documento traz recomendações de alguns protótipos de práticas de manejo de conservação do solo e da água na gestão sustentável de agroecossistemas da bacia leiteira caprina integrada da Paraíba e Pernambuco, visando à melhoria da segurança alimentar, redução do custo de produção, aumento da produtividade, estabilidade da oferta de produtos e melhoria da qualidade do leite, entre outras.

O Trabalho contribui relevantemente para o atingimento dos Objetivos Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), por meio de ações em diversas áreas contempladas nos ODS: erradicação da fome e da pobreza, segurança hídrica e alimentar, agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, redução das desigualdades, energia, água e saneamento, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudança do clima, cidades sustentáveis, proteção e uso sustentável dos ecossistemas terrestres, crescimento econômico inclusivo, infraestrutura, industrialização, paz, justiça e instituições eficazes, parcerias e meios de implementação, entre outros.

*Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin*  
Chefe-Geral da Embrapa Solos



## Sumário

Introdução .....	13
Desenvolvimento da pesquisa.....	17
Caracterização das microrregiões.....	21
Diagnóstico ambiental .....	27
Práticas de manejo e conservação do solo.....	31
Uso e manejo da água .....	42
Considerações finais .....	46
Referências .....	47



## Introdução

### Solo e água

O solo garante a segurança alimentar por meio da produção de alimentos, tanto de origem vegetal quanto animal e possibilita a produção de fibras, madeira, combustível, entre outros. O solo contribui também para a regularização do clima, via retenção de carbono e, na sua relação natural com a água, tem a função de receber, infiltrar, filtrar e armazenar. É, portanto, imprescindível para o bem-estar e para a qualidade de vida da humanidade e para a sobrevivência dos demais seres vivos (Souza et al., 2021).

Já a água constitui o principal suporte à vida. De forma crescente, tem sido fundamental para atividades econômicas importantes, como a irrigação, produção de alimentos, criação de animais e geração de energia, entre outras contribuições (Casalinho et al., 2017).

Quando se fala em manejar e conservar solo e água se pensa logo em controle da erosão, porém deve-se levar em consideração também a sua qualidade química, física e biológica. Nesse sentido, a manutenção da fertilidade do solo deve estar associada a uma adubação equilibrada, conforme o tipo de cultivo, visando à reposição de nutrientes e produção de alimentos, biomassa, fibras, proteínas e proteção ambiental, contribuindo significativamente para a manutenção da matéria orgânica do solo, essencial para a sustentabilidade do sistema. Quanto ao manejo físico do solo, trata de evitar ou minimizar operações e uso de maquinário que cause a sua degradação, mantendo-o bem estruturado e garantindo sua permeabilidade e retenção da água. Com relação ao aspecto biológico, o objetivo de um manejo adequado é manter ativa a biota do solo, propiciando maior biodiversidade e sobrevivência de todo o ecossistema (Zonta et al., 2012).

### Gestão sustentável do Núcleo Social de Gestão do Agroecossistema (NSGA)

A gestão sustentável de um NSGA baseia-se na sua estruturação produtiva e organização social, a partir de princípios da agroecologia, com interações econômicas-ecológicas que propiciem estratégias de gestão de produção atreladas as relações sociais, ao manejo e conhecimento agroecológico e a

capacidade de reciprocidade ecológica do agroecossistema, o que tem proporcionado a reprodução social e econômica das famílias agricultoras (Petersen et al., 2021).

Agroecossistema é uma estrutura com a qual é possível analisar os sistemas de produção de alimentos como um todo, incluindo seus conjuntos complexos de insumos e produção, bem como as interconexões entre as partes que o compõem. A abordagem holística permite a integração dos três componentes importantes da sustentabilidade: princípios ecológicos, viabilidade econômica e equidade social (Gliessman, 2009). Em outras palavras, o agroecossistema é um sistema complexo onde os fatores que se relacionam dentro da unidade são não só os produtivos e econômicos, mas também fatores sociais e culturais que compõem um modo de vida de um determinado grupo familiar. Esses fatores movimentam fluxos que mantêm o equilíbrio e a complexidade dos agroecossistemas (Santana et al., 2017).

A gestão sustentável de um agroecossistema é um conjunto de práticas que buscam harmonizar a atividade econômica com a proteção do meio ambiente, preservação dos recursos naturais e bem-estar social. Uma ferramenta essencial nesse processo é o NSGA, que tem como foco manter o crescimento econômico, com conservação dos recursos naturais, de forma que os mesmos sejam garantidos para as gerações futuras (Silva et al., 2020).

## **Produção de leite caprino: Brasil e Nordeste**

O Brasil desponta como o maior produtor de leite caprino do continente americano (26 milhões de litros/ano), constituindo importante fonte alternativa de renda e de alimentos (carne e leite) para as famílias agricultoras (IBGE, 2019; FAO, 2020).

E dentro deste escopo, o Nordeste se destaca como a sua principal região produtora, sendo responsável por 70% da produção brasileira (IBGE, 2019). Essa região produtora está localizada, sobretudo, no Semiárido dos estados da Paraíba e Pernambuco, abrangendo as microrregiões do Cariri Ocidental e Oriental na Paraíba; Sertão do Pajeú, Sertão do Moxotó, e os Vales do Ipojuca e do Ipanema, em Pernambuco. As referidas microrregiões são responsáveis pela produção de 7,4 milhões de litros/ano, que corresponde a 81% do leite total produzido nos dois estados e 28% da produção nacional (IBGE, 2019).

A partir da década de 2000, iniciativas socioprodutivas governamentais e não governamentais, estaduais e federais, a exemplo do Programa de Aquisição de Alimentos, modalidade Leite (PAA – Leite) do Governo Federal, impulsionaram a caprinocultura leiteira no Nordeste, particularmente nos estados da

Paraíba e de Pernambuco, que até então era basicamente de produção de carne e pele, implantando-se um processo organizado de captação, beneficiamento e distribuição do leite caprino (Gonçalves Junior; Martes, 2015).

## **Justificativa e objetivo**

Os sistemas de produção de caprinos leiteiros dos estados da Paraíba e de Pernambuco (Figura 1), nas últimas três décadas, passaram por modificações importantes com tendência à intensificação e aumento de produtividade. O que tem demandado ambientes mais sustentáveis e produtivos dentro do contexto das unidades agrícolas de caprinos leiteiros familiar. Neste sentido, ações voltadas a promover ambientes de interação que possibilitem a adoção de práticas inovadoras de manejo e conservação do solo e da água, pelos NSGAs, com impactos na segurança alimentar (ser humano e animal), redução do custo de produção, aumento da produtividade, estabilidade da oferta de produtos e melhoria da qualidade do leite, entre outras, são necessárias e fundamentais para a gestão sustentável de agroecossistemas da bacia leiteira caprina integrada da Paraíba e Pernambuco (Oliveira, 2020)

Pesquisas e experiências acumuladas pela assistência técnica e famílias agricultoras, têm mostrado que para o êxito de uma gestão sustentável do solo e da água é fundamental atuar sobre as causas que promovem a degradação destes dois recursos. A partir daí, contando com a oportunidade real de se co-desenvolver estratégias técnicas, econômicas e ambientalmente sustentáveis, que contribuam com a melhoria da qualidade, da infiltração e da estocagem da água no solo (Oliveira, 2020), permitindo a família organizar e planejar, de forma racional, suas atividades agrossilvipastoris e de serviços ecossistêmicos.

No presente estudo, práticas de manejo e conservação do solo e da água foram avaliadas e discutidas por uma rede sociotécnica local, para posterior prototipagem, a partir da adequação ambiental de cada NSGA, visando à resiliência socioecológica e econômica às adversidades da região semiárida.

Primou-se por fortalecer a rede de produção de derivados lácteos caprinos com qualidade diferenciada, nos territórios da caprinocultura leiteira da Paraíba e Pernambuco, por meio de práticas agroecológicas de uso, manejo e conservação do solo e da água na gestão sustentável de NSGAs, visando impulsionar a inserção socioprodutiva de agricultores/as familiares envolvidos na maior bacia leiteira caprina do Brasil.

Fotos: Maria Sonia Lopes da Silva.

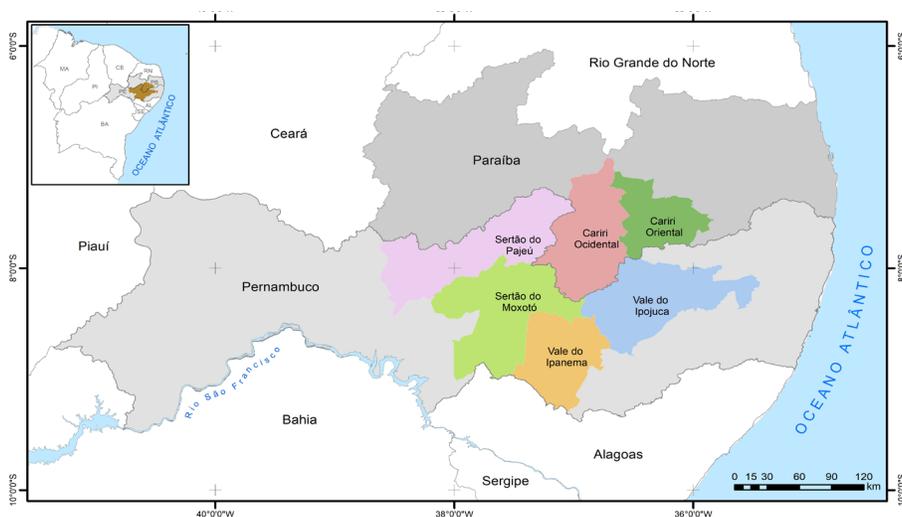


**Figura 1.** Produção de caprinos leiteiros: Sítio Macambira, São João do Cariri, estado da Paraíba (A); Assentamento Hortifrutigranjeiro, Sertânia, Pernambuco (B); e Sítio Pau Ferro, Venturosa, Pernambuco (C).

## Desenvolvimento da pesquisa

### Local do estudo/pesquisa

A pesquisa foi realizada em seis microrregiões que compõem a principal bacia leiteira integrada caprina do país: Cariri Ocidental e Cariri Oriental, no estado da Paraíba; Sertão do Pajeú, Sertão do Moxotó, Vale do Ipanema e Vale do Ipojuca, em Pernambuco (Figura 2), em 18 agroecossistemas, que constituíram as Unidades de Aprendizagem/NSGAs (Tabela 1), localizados em 17 municípios.



**Figura 2.** Microrregiões do estudo nos estados da Paraíba e de Pernambuco.

Fonte: Silva et al. (2022).

**Tabela 1.** Lista dos Núcleos Sociais de Gestão do Agroecossistema/Unidades de Aprendizagem por município da Paraíba e Pernambuco.

Microrregiões	Municípios	Unidade de aprendizagem	Coordenadas geográficas
Paraíba			
Cariri Ocidental	Monteiro	Garapa	07°56'11.7"S 037°03'07.8"w
	Monteiro	Serrote de Cima	07°55'59.2"S 037°07'08.0"w
	Serra Branca	Várzea Grande	07°27'09.1"S 036°37'58.2"w
	Zabelê	Zabelê	08°04'07.9"S 037°06'19.5"w
	São José dos Cordeiros	Lagoa da Roça	07°24'44.7"S 036°51'34.2"w
	Sumé	Poço Da Pedra	07°39'08.4"S 036°56'57.2"w
	Ouro Velho	Olho D'Água	07°35'21.4"S 037°11'42.6"w
Cariri Oriental	Cabaceira	Ema	7°29'05.97"S 36°18.04.87"w
	São José do Cariri	Macambira	07°28'49.1"S 036°25'44.0"w
Pernambuco			
Vale do Pajeú	São José do Egito	Queimadas	7°30'43.07" S 37°16'12.46"w
	Tuparetama	Carnaúba	07°40'06.3"S 037°19'58.6"w
Vale do Ipojuca	Pesqueira	Cachoeira	08°22'25.5"S 036°38'18.2"w
	Poção	Saquinho	08°11'40.6"S 036°44'39.0"w
	Alagoinha	Barrinhos	08°31'41.5"S 036°45'05.8"w
Vale do Ipanema	Venturosa	Pau Ferro	08°34'38.6"S 036°51'46.8"w
	Venturosa	Barbado	08°34'47.5"S 036°50'27.4"w
	Pedra	Laranjo	08°48'07.3"S 036°53'15.4"w
Vale do Moxotó	Sertânia	Assentamento	08°04'15.8"S 037°21'39.1"w

## Fase 1 - Monitoramento, identificação e avaliação de indicadores ambientais: Projeto Siscapri

A presente pesquisa foi realizada no âmbito de dois projetos. Iniciada, numa primeira fase, no projeto “Estratégias para aumentar a sustentabilidade de sistemas de produção em Arranjos Produtivos Locais de leite caprino no Nordeste (Siscapri), financiado pela Embrapa liderado pela Embrapa Caprinos e Ovinos (Sobral, CE), e desenvolvida na atividade “Monitoramento e avaliação dos indicadores ambientais”, sob a responsabilidade da Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife (UEP Recife), vinculada à Embrapa Solos (Rio de Janeiro, RJ) e parceiros.

Com a finalização do Siscapri, a pesquisa prosseguiu em projeto subsequente, avançando na maturidade da cocriação das práticas, passando do nível

de TRL/MRL 4 para o TRL/MRL 5, conforme o Método Technology Readiness Level (TRL) ou Manufacturing Readiness Levels (MRL), desenvolvido por Mankins (1995).

O TRL/MRL é um método criado pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) na década de 1970 e constitui sistemática que permite avaliar o nível de maturidade técnica de uma tecnologia/prática/processo. O TRL/MRL é um sistema métrico, dividido em nove níveis, que corresponde a escala de maturidade ou prontidão tecnológica, que varia de 1 a 9 (Figura 3). Conforme a evolução da maturidade das entregas/resultados, o nível 1 corresponde ao início das pesquisas, enquanto o nível 9, significa que o produto está pronto e sendo implementado ou comercializado no setor produtivo. Em síntese, para elencar o TRL/MRL, analisa-se a progressão da tecnologia em etapas de: pesquisa, desenvolvimento e implementação. Esta escala permite que as pessoas tenham dados de referência consistentes para entender a evolução das tecnologias, independente do conhecimento sobre o assunto.



**Figura 3.** Representação esquemática das dimensões Configuração, Ambiente e Escala e suas respectivas etapas no caminhar da escala TRL/MRL.

Fonte: Mankins (1995)

No âmbito do Projeto Siscapri, foram realizadas a identificação e avaliação dos indicadores ambientais e a espacialização de geoambientes dos núcleos familiares, que correspondeu à prova de conceito (a fase de laboratório), ou seja, fase de teste em ambiente simulado, de cocriação das práticas classificadas em TRL/MRL 4 (Mankins, 1995). Nesta etapa, ocorreu a otimização das práticas propostas, ainda que em ambiente simulado.

Na presente fase do estudo, as ações das atividades foram desenvolvidas de forma integrada e simultânea por uma rede sociotécnica visando a identificar as vocações para o uso, manejo e conservação do solo e da água, conforme geoambientes de cada núcleo familiar.

## **Fase 2 da pesquisa - avanço da pesquisa para TRL 5: Projeto InovaCapri**

A nova fase de execução da pesquisa se deu no âmbito do projeto “Rede de inovação em produção, beneficiamento e comercialização de derivados lácteos caprinos dos Cariris Oriental e Ocidental Paraibanos, Sertões do Pajeú e do Moxotó e Agrestes Central e Meridional Pernambucanos (InovaCapri)”, também liderado, pela Embrapa Caprinos e Ovinos. Neste novo projeto a pesquisa está inserida na atividade “Diagnóstico ambiental das unidades de aprendizagens do Projeto Territorial PB/PE - Programa InovaSocial”, sob a responsabilidade da Embrapa Solos UEP Recife e parceiros.

O avanço da pesquisa para TRL 5, se deu com aporte financeiro do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), dentro do Programa InovaSocial, através da maturação das práticas, em ambiente relevante, em um modelo similar ao processo agropecuário final, constituindo um protótipo.

O projeto tem como objetivo fortalecer uma rede de produção, beneficiamento e comercialização de derivados lácteos caprinos com qualidade diferenciada, identidade regional e associados à agricultura familiar nos “territórios da caprinocultura leiteira” da Paraíba e Pernambuco, a fim de impulsionar a inserção socioprodutiva de agricultores familiares envolvidos na bacia leiteira caprina do Nordeste do Brasil.

O InovaCapri conta com a consolidação e a participação ativa de uma rede de associações e cooperativas, constituídas e geridas por agricultores familiares, proprietários de pequenas agroindústrias para beneficiamento de leite caprino. Liderando um processo para intercâmbio de conhecimentos e experiências nos segmentos de produção, beneficiamento de leite e ações para comercialização coletiva de seus derivados lácteos. Conta com o apoio técnico de instituições parceiras de Pesquisa, Ensino, Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater), bem como organizações não governamentais (ONGs) e cooperativas. A rede de produção, beneficiamento e comercialização é constituída de associações e cooperativas gestoras de laticínios; 18 agricultores experimentadores; e instituições parceiras de pesquisa, ensino, de Ater e de apoio atuantes na região.

Nesta fase, foram realizados o diagnóstico dos diferentes geoambientes, segundo Petri e Fúlfaro (1983); identificação, caracterização e classificação de solos (Figura 4), seguida de coleta de amostras para análise, conforme recomendações de Teixeira et al. (2017); assim como coleta de água para análise, segundo Richard (1954).



Fotos: Maria Sônia Lopes da Silva



**Figura 4.** Tradagem para exame do solo (A); Exame das características do solo através da descrição de perfis de solo (B).

De posse dos resultados analíticos de solo e água e do diagnóstico, efetuaram-se as recomendações das práticas de uso e manejo do solo e da água para cada NSGA. Foram realizadas rodas de diálogos para discussão sobre a prototipagem ideal a realidade de cada agroecossistema. Momentos estes que também se constituíram na devolutiva dos resultados às famílias, já que elas participaram de todas as etapas do processo como integrante da rede sociotécnica.

Para esta fase da pesquisa, foram utilizadas ferramentas do Diagnóstico Rural Participativo (DRP) (Verdejo, 2006) e metodologias de avaliação de impacto MESMIS (Masera et al., 1999) e Lume (Petersen, et al., 2021).

Foram efetuadas reflexões sobre as microrregiões em estudo como subsídio para o diagnóstico geoambiental dos agroecossistemas geridos pelos NSGAs, tomando como base inspeções de campo, levantamentos bibliográficos e levantamentos nas bases do IBGE (2019).

## Caracterização das microrregiões

### **Cariri Oriental e Cariri Ocidental Paraibanos**

#### *Geomorfologia*

O Cariri paraibano está localizado na parte centro-sul do Planalto da Borborema, inserido em terreno cristalino do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico. O Cariri Paraibano é composto por 29 municípios, sendo 12 na sua porção Oriental (Figura 5) e 17 no lado Ocidental (Figura 6). A geomorfologia é composta por serras e morros e afloramento de rochas graníticas em longos trechos, incluindo alguns lajedos e solos pedregosos com vários seixos (Carvalho, 2012).

#### *Uso e ocupação do solo*

Estudos realizados na região demonstram que a maior parte da vegetação é composta de Caatinga arbustiva, além do elevado grau de áreas degradadas resultantes de ações antrópicas. A agricultura é desenvolvida, em sua grande parte, em regime de sequeiro e com grande risco produtivo, dada a inconsistência do período chuvoso no Semiárido.



Foto: Maria Sonia Lopes da Silva

**Figura 5.** Cariri Oriental, São João do Cariri, PB.



Foto: Jaciana Salazar da Silva

**Figura 6.** Cariri Ocidental, Ouro Velho, PB.

A maior parte da produção é explorada em regime de sequeiro, destacando-se o feijão e o milho como as culturas de maior importância econômica. Essas culturas são geralmente produzidas em consórcio com forrageiras como capim buffel e/ou palma forrageira.

O uso do mosaico pastagens/agricultura é a principal classe de uso agropecuário do solo no Cariri paraibano. É importante destacar que os resultados demonstram o uso múltiplo do solo nessa microrregião, com a intercalação de uso agrícola e posterior destinação dessas áreas para a criação de animais.

### *Solos*

Os solos predominantes no Cariri paraibano são da classe dos Luvisolos, havendo também a presença de solos Neossolos, Vertissolos e Planossolos (Paraíba, 1985).

## **Sertão do Pajeú, Pernambuco**

### *Geomorfologia*

O Sertão do Pajeú (Figura 7) está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do Semiárido nordestino, com relevo suavemente ondulado com elevações residuais, cristas pontuam a linha do horizonte, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. É formado por vastas superfícies pediplanizadas apresentando maiores elevações ao norte, na serra da Baixa Verde, no município de Triunfo, o ponto mais alto do estado com 1.270 m, tem um microclima muito especial procurado pelos turistas pelas suas condições climáticas diferenciadas no contexto Semiárido (Versyphe et al., 2015).

### *Uso e ocupação do solo*

No Pajeú, o uso se deu num contexto de ocupação desordenada. A própria forma histórica de agricultura itinerante, desenvolvida no Semiárido, já se constitui num fator de contribuição para a redução da biodiversidade da Caatinga, pois os agricultores desmatam, queimam e plantam num período (em torno de dois ou três anos), e mudam para outras áreas repetindo a mesma prática.

O processo histórico de ocupação da Caatinga teve como principais atividades produtivas a pecuária (bovino e caprino) e a agricultura de sequeiro (Coelho et al., 2014).



Foto: Maria Sonia Lopes da Silva

**Figura 7.** Sertão do Pajeú, São José do Egito, PE.

### *Solos*

O clima quente e seco da região restringe o desenvolvimento dos solos, bem como a lixiviação de bases. Em função desses fatores, predominam no Pajeú os solos pouco profundos ou rasos, com presença marcante de pedregosidade e rochiosidade, argilosos e com alta saturação por bases (solos eutróficos). Nessa região a grande variabilidade dos solos está relacionada com o material de origem (geologia). Isso explica porque esses solos são pouco propícios para um melhor aproveitamento econômico e estão mais voltados para culturas agrícolas de milho, feijão e mandioca ou então para a prática da pecuária extensiva. São solos susceptíveis a erosão (Araújo Filho et al., 2000).

Os solos do Sertão do Pajeú são amplamente dominados pelos Luvisolos, seguidos por Neossolos (Litólicos, Flúvicos, Regolíticos e Quartzarênicos), ocorrendo ainda Planossolos, Cambissolos, Vertissolos e Chernossolos (Araújo Filho et al., 2000). Além destes solos, a região do Cariri também conta com a presença de alguns Afloramentos de Rocha nas áreas de relevo forte ondulado a montanhoso, desprovidos quase por completo de vegetação.

## **Sertão do Moxotó, Pernambuco**

### *Geomorfologia*

A região do Vale do rio Moxotó (Figura 8) pertence ao domínio da Zona Transversal delimitada entre os lineamentos Patos e Pernambuco representando os terrenos tectono estratigráficos do Alto Moxotó e Rio Capibaribe. As litologias predominantes são ortognaisses e migmatitos dos Complexos Floresta e Pão de Açúcar (paleoproterozóico), metamáficas-ultramáficas tipo Malhada Vermelha (paleo/mesoproterozóico), ortognaisses do evento Cariris Velhos (meso- neoproterozóico) e supracrustais mesoproterozóicas dos Complexos Sertânia, São Caetano, Vertentes, Belém de São Francisco e Lagoa das Contendas. Ocorrem ainda diversas suítes graníticas e granitóides indiscriminados, gnaisses - Complexo Irajá - e xistos do Complexo Caroalina pertencente ao neoproterozóico. Completando a litoestratigrafia, ocorrem as coberturas sedimentares paleozóicas e cenozóicas representadas, respectivamente, pelos arenitos da Formação Tacaratu, elúvios e colúvios (Terciário) e aluviões recentes.

O relevo é plano a suave ondulado em sua parte central e varia de ondulado a forte-ondulado nas porções norte e nordeste. A vegetação predominante é do tipo Florestas Subperenifólia, nas proximidades de Arcoverde e Caatinga Hiperxerófilas no restante da região (Santos et al., 1999).

### *Uso e ocupação do solo*

O principal uso e ocupação do solo no Moxotó é com as cadeias produtivas do cultivo de melão e com a Ovinocaprinocultura. A fruticultura de melão da região coloca Pernambuco como um dos maiores exportadores de melão do Brasil (Santos et al., 1999).

### *Solos*

No Sertão do Moxotó predominam os solos do tipo Luvisolos e os Planossolos, em menor ocorrência aparecem os Argissolos Vermelho-Amarelo, Neossolos Regolíticos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos (Araújo Filho et al., 2000).



**Figura 8.** Sertão do Moxotó, Sertânia, PE.

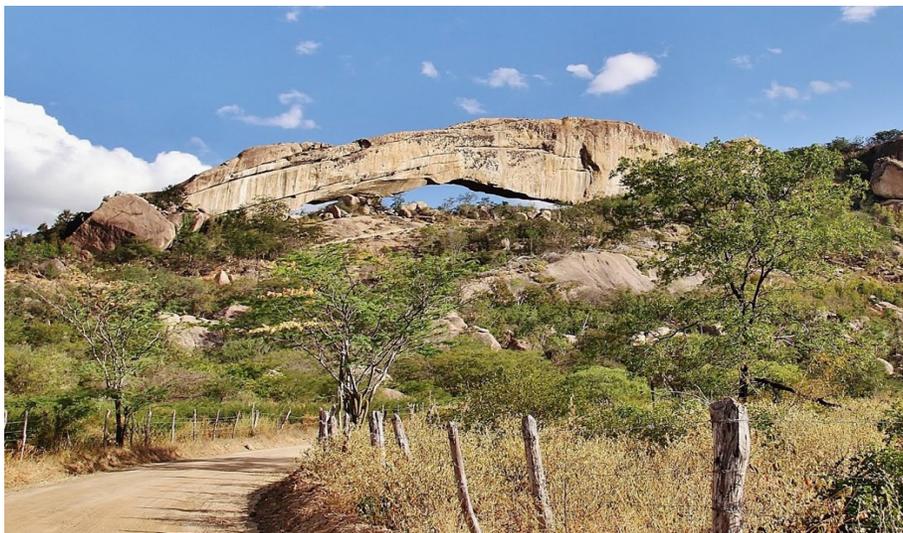
## **Vale do Ipanema e Vale do Ipojuca, Pernambuco**

### *Geomorfologia*

O Vale do Ipanema (Figura 9) e a porção do Vale do Ipojuca (Figura 10) deste estudo estão localizada na mesorregião do Agreste pernambucano, que é uma zona de transição entre a Zona da Mata e o Sertão, e está localizada sobre a borda ocidental do Planalto da Borborema, com altitude média de 400 m até mais que 1.000 m nos pontos mais elevados.

A geomorfologia e o relevo do Agreste de Pernambuco compartmentam-se nas seguintes estruturas: Faixa sedimentar costeira; Níveis cristalinos que antecedem a Borborema; Depressão do São Francisco e superfícies de pediplanos com inselbergs e Bacia do Jatobá. O relevo dessa mesorregião foi elaborado ao longo do Cenozóico, e apresenta altitudes que variam ao longo do território de 100 m a 1200 m, porém predominam os relevos que apresentam altitudes entre 500 m e 800 m. Conhecido como a principal formação geológica de Pernambuco, o planalto da Borborema delimita de forma marcante a transição do litoral para o interior do estado, apresenta blocos falhados, maciços residuais e áreas de dobramentos que foram constituídos ao longo de prolongadas fases erosivas, assim como a escarpa Serra das Russas.

Foto: Maria Sonia Lopes da Silva



**Figura 9.** Agreste pernambucano, Vale do Ipanema, Parque Pedra Furada, Venturosa, PE.

Foto: Josué Francisco da Silva Junior



**Figura 10.** Agreste pernambucano, Vale do Ipojuca, Alagoinha, PE

A estrutura geológica predominante é a cristalina, sendo responsável, junto com o clima semiárido, por formações abruptas (pedimentos e pediplanos). É marcante a presença de rochas ígneas e metamórficas, com predominância de granitos e rochas gnáissico-migmatíticas de idade paleoproterozóica (Sá, 1994), assim como encontram-se terrenos fanerozóicos representados por arenitos grosseiros e formação Tacaratu de idade siluro-devoniano com sedimentos argilo-arenosos (Lins, 1989).

A região apresenta uma vegetação de transição e suas características se misturam com a da Mata Atlântica, na parte mais oriental e com a Caatinga, na parte mais ocidental (Lira et al., 2010). A microrregião do Vale do Ipojuca localiza-se ao longo da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Já a microrregião do Vale do Ipanema localiza-se na Mesorregião do Agreste Central Pernambucano, ao longo da bacia hidrográfica do rio Ipanema.

#### *Uso e ocupação do solo*

Apresentam atividades agrícolas diversificadas, principalmente cultivo de milho, feijão, mandioca, macaxeira, palma-forrageira, capim e criação de gado, caprinos e ovinos.

#### *Solos*

Predominantemente tem-se a presença das classes de solo Argissolos, Latossolos, Luvissolos, Neossolos, Planossolos e Vertissolos.

## Diagnóstico ambiental

No diagnóstico ambiental dos agroecossistemas, realizado em campo com as famílias e técnicos locais, foram utilizadas as ferramentas da linha do tempo, caminhada transversal (Figura 11), entrevista semiestruturada, rodas de conversa (Figura 12) e mapa dos agroecossistemas (Figura 13) (Verdejo, 2006).

O diagnóstico identificou gargalos importantes nos NSGAs, que fez se buscar redesenhos dos agroecossistemas por meio de processo dialógicos para o aumento da resiliência e sustentabilidade. A combinação das ferramentas metodológicas MESMIS e Lume, aplicadas à realidade das famílias agricultoras que criam caprinos leiteiros na Paraíba e em Pernambuco, permitiu a geração de informações que subsidiaram a elaboração de simulações de práticas de manejo do solo e água adequada a cada realidade, por apresentarem caráter participativo, interdisciplinar, flexibilidade e adaptabilidade à diversidade dos agroecossistemas.

Foto: Jaciana Salazar da Silva



**Figura 11.** Caminhada transversal para conhecimento do agroecossistema, diálogos, reflexões.

Foto: Maria Sonia Lopes da Silva



**Figura 12.** Roda de conversa, entrevista semiestruturada e avaliação de impactos.

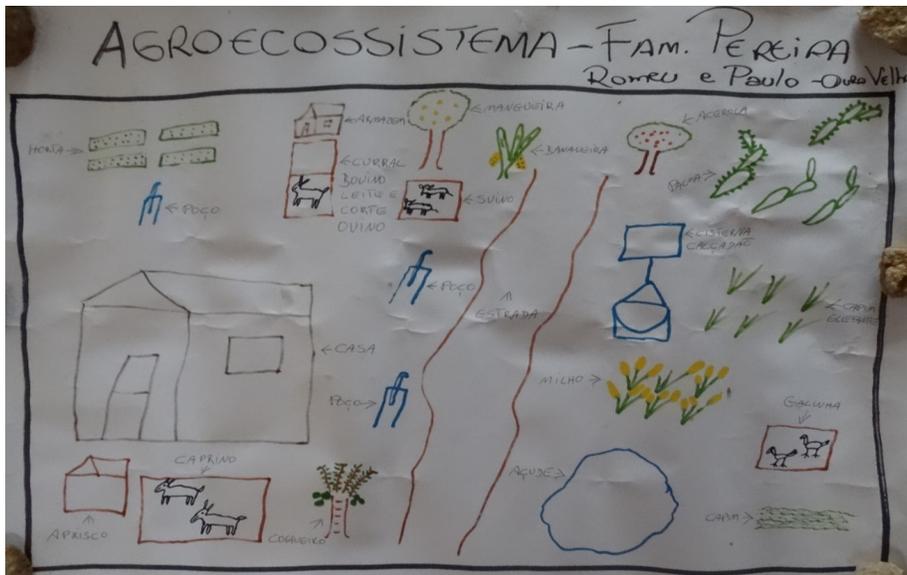


Foto: Maria Sonia Lopes da Silva

Figura 13. Mapa de um dos agroecossistema/NSGA estudados.

## Práticas de manejo e conservação do solo

### Solo

O sistema solo na perspectiva ambiental é definido como uma unidade ecológica funcional da superfície da terra, que inclui sedimentos, rochas e águas subterrâneas. Usar e manejar o solo adequado é fundamental para evitar sua degradação com conseqüente redução da produtividade das culturas e o aumento de problemas ambientais como erosão, assoreamento de cursos de água, falta de água e poluição do ecossistema. Em muitos casos desencadeiam reações que, em última análise, culminam com empobrecimento, geração de fome e desemprego. A perda da sustentabilidade do ecossistema pode provocar, entre outros efeitos, o êxodo rural, com o agravamento de problemas sociais no meio urbano (Souza et al., 2017). Desse modo, o uso sustentado do solo passa a ser uma questão de sobrevivência das populações.

A partir dos resultados das análises, os 18 agroecossistemas/NSGAs estudados apresentaram baixa a alta fertilidade, segundo valores de soma de bases (1, 1 a 46, 67  $\text{cmolc kg}^{-1}$ ), capacidade e troca de cátions (Valor T) (2,59 a 48,88  $\text{cmolc kg}^{-1}$ ), fósforo (2 a 689  $\text{mg kg}^{-1}$ ), carbono orgânico (CO)

(1, 38 a 26,665 g kg<sup>-1</sup>) e saturação por bases (22,28 a 100%), devido principalmente aos materiais liberados do material de origem destes solos, principalmente aqueles nas classes dos Cambissolo, Luvisolos e Neossolos, principalmente o Flúvico.

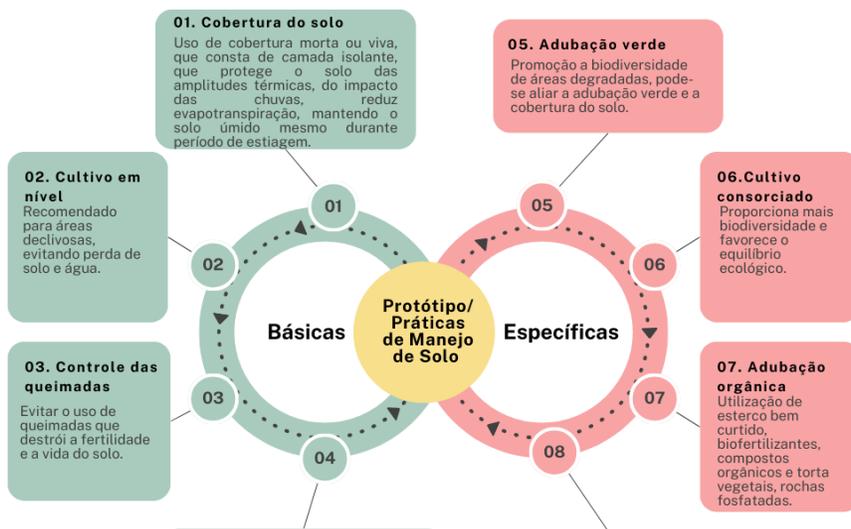
Os materiais de origem dos solos de ocorrência dos NSGAs são provenientes de rochas ricas em fósforo e em bases trocáveis (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup>), que geralmente, produzem solos de média a alta fertilidade natural. Outros autores (Sousa, 2013; Camelo e Cândido, 2012; Ferreira et al., 2011) têm realizado a avaliação da qualidade do solo utilizando o MESMIS e concluindo que a fertilidade é um indicador que muito tem contribuído no desenvolvimento rural sustentável da região. É recomendado para a fertilidade destes solos ser mantida e melhorada, conforme a cultura a ser implantada, por meio de adição de adubos orgânicos, adubação verde, cultivo consorciado, rotação de culturas, cobertura do solo e coquetel vegetal, compostagem, biofertilizante entre outras práticas de manejo da fertilidade. De maneira geral, os solos dominantes nas 18 propriedades possuem bom potencial para o uso com culturas anuais como milho, feijão, mandioca, macaxeira, hortaliças, fruteiras e pastagem.

Quanto as características físicas do solo, estes apresentaram textura variando de areia a argila, densidade do solo entre 1, 22 e 1, 40 g cm<sup>3</sup> e porosidade total entre 36 a 46 %, demonstrando que fisicamente, de um modo geral, não possuem grandes limitações.

## **Validações dos protótipos/práticas de manejo e conservação do solo**

A partir dos resultados qualitativos (DRP) e quantitativos (análises de solo) obtidos nos diagnósticos realizados nos agroecossistemas, foram realizadas validações de unidades pilotos (unidades de aprendizagem de práticas de manejo e conservação do solo) mais indicadas para cada NSGA.

Os protótipos das práticas foram validados e recomendados de acordo com as aptidões de cada terra, valorizando os recursos naturais para melhores usos e benefícios, e garantia de boa produtividade agrícola no presente e no futuro. Para todos os NSGAs foram recomendados quatro protótipos/práticas básicos mais os específicos segundo a aptidão de cada (Figura 14).



**Figura 14.** Protótipos/práticas de manejo e conservação do solo validadas em ambiente relevante.

Os protótipos/práticas básicos (Figura 15) são indispensáveis a todos os agroecossistemas, pois trata-se de áreas inseridas no Semiárido que requer proteção às amplitudes térmicas; proteger contra o uso de implementos pesados que causam a compactação da camada arável do solo; diminuir impacto direto das gotas de chuvas; e protege contra as altas taxas de evapotranspiração, conseqüentemente diminuindo a vulnerabilidade à salinização. Estes protótipos/práticas são indispensáveis no manejo e na conservação do solo, por manter e/ou melhorar a saúde do solo por meio da conservação dos seus atributos físicos e químicos, principalmente densidade/compactação do solo e teor da matéria orgânica.

Para melhor entendimento, os protótipos/práticas estão apresentados agrupados por classes de solos dominante de cada NSGA.

#### *Luvissolo Crômico típico (TC)*

- ▶ Sítio Barreiros, Assentamento Moxotó - Sertânia, PE.
- ▶ Sítio Serrote de Cima - Monteiro, PB.
- ▶ Sítio Zabelê - Zabelê, PB.



**Figura 15.** Cobertura do solo (A); Cultivo em contorno/nível (B); Controle de queimadas (C); Cultivo à tração animal (D).

Os Luvisolos (Figura 16) são solos de coloração vermelha, pouco profundo (70 cm), de média a alta fertilidade, que pode ser usado principalmente com culturas de ciclo curto como milho, feijão e pastagem de capineiras. Devido a sua condição física é um solo com alto risco de degradação ambiental, principalmente pela erosão; por isso deve ser cultivado com muito cuidado, não fazer desmatamento com trator, não fazer queimadas, mantê-lo sempre protegido com vegetação e não o submeter ao superpastoreio (Santos et al., 2018).

As práticas recomendadas para uso deste tipo de solo são, além das quatro básicas, as específicas 5, 6 e 7.



Fotos: Tony Jarbas Ferreira Cunha

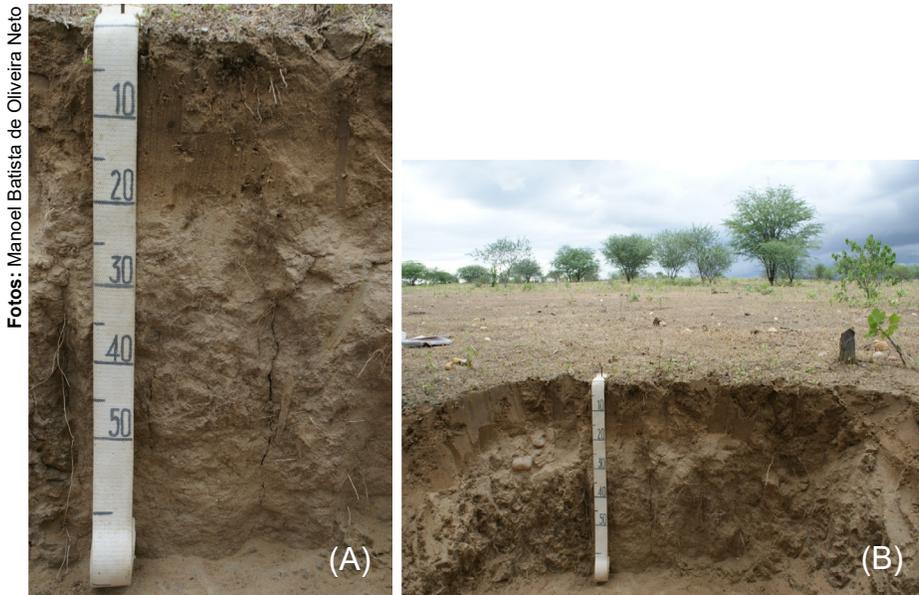
**Figura 16.** Luvissoilo Crômico - TC. Perfil de solo (A); e Paisagem de ocorrência (B).

#### *Planossolo Háplico (SX)*

- ▶ Sítio Barbada, Venturosa, PE.
- ▶ Sítio Laranjo - Pedra, PE.
- ▶ Sítio Lagoa de Rosa - São José dos Cordeiros, PB.

Solo de cor clara, acinzentado (Figura 17), raso/pouco profundo, baixa fertilidade, com a parte superficial arenosa e camada adensada em subsuperfície. Solo com alto risco de encharcamento, erosão e salinização. Deve ser cultivado com cuidado para não promover sua degradação. Quando ocorre com horizonte superficial mais espesso pode ser cultivado com culturas anuais, no entanto quando são menos espessos tem mais aptidão para cultivo com pastagens (Santos et al., 2018).

As práticas recomendadas para uso deste tipo de solo são além das quatro básicas, as específicas 5 e 6.



**Figura 17.** Planossolo Háplico - SX. Perfil de solo (A); e Paisagem de ocorrência (B).

#### *Neossolo Litólico (RL)*

- ▶ Sítio Campo Grande (Fazenda Pau Ferro) - Venturosa, PE.
- ▶ Sítio Garapa - Monteiro, PB.
- ▶ Sítio Poço da Pedra - Sumé, PB.

Solos (Figura 18) com camada superficial de textura arenosa ou média, assentada diretamente sobre a rocha. É um solo raso, menos de 50 cm de profundidade efetiva, geralmente pedregoso, baixa capacidade de estocagem de água, com fertilidade baixa a média e alto risco de erosão. São, portanto, considerados solos de potencial muito baixo ou inadequados para fins de uso agrícola.

Quando ocorre em relevo mais movimentado, deve ser destinado à preservação ambiental, porém, quando ocorre em áreas mais planas, pode ser usado com culturas anuais (milho e feijão) e pastagem. Este solo deve ser mantido sempre com vegetação, para evitar sua degradação (Santos et al., 2018). As práticas recomendadas para uso deste tipo de solo são além das quatro básicas, as específicas 5, 6 e 7.



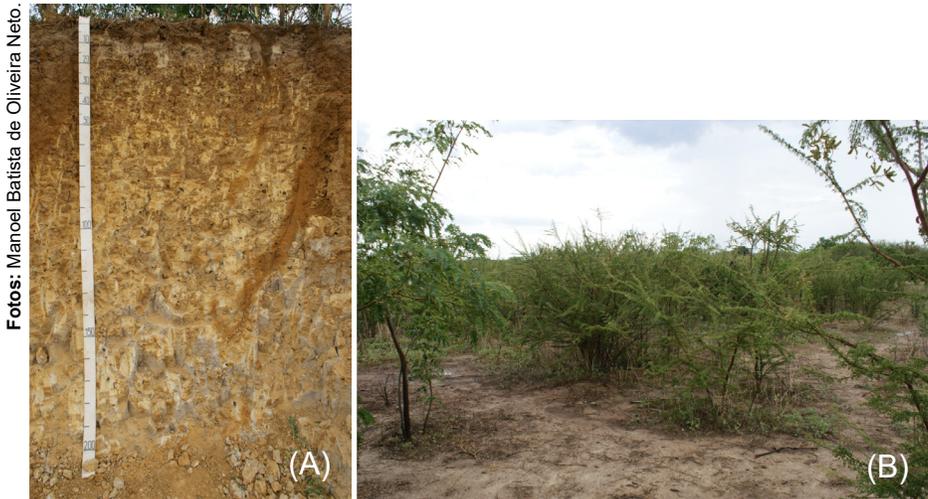
Fotos: Tony Jarbas Ferreira Cunha

**Figura 18.** Neossolo Litólico - RL. Perfil de solo (A); e Paisagem de ocorrência (B).

### *Neossolo Flúvico (RY)*

► *Sítio Fazenda Várzea Grande - Serra Branca, PB.*

Solo (Figura 19) formado por camadas de sedimentos depositadas uma sobre a outra aleatoriamente. É um solo profundo, de média a alta fertilidade, porém, possui risco de inundação e podem apresentar elevados teores de sais. Possui alto potencial para cultivos em geral, principalmente para fruteiras, quando o risco de inundação é baixo. As práticas recomendadas para uso deste tipo de solo são além das quatro básicas, as específicas 6 e 7.



**Figura 19.** Neossolo Flúvico - RY. Perfil de solo (A); e Paisagem de ocorrência (B).

#### *Neossolo Regolítico (RR)*

- ▶ Sítio Barrinhos - Alagoinha, PE.
- ▶ Sítio Saquinho - Poção, PE.

É um solo (Figura 20) de cor esbranquiçada, constituído geralmente por camadas de textura arenosa na parte superficial e uma camada fracamente cimentado em profundidade formando uma espécie de esponja, onde absorve e retém bastante água que que penetra no perfil. É um solo profundo a muito profundo, de baixa fertilidade natural, mais de fácil manejo por ocorrerem em relevo pouco movimentado, portanto, muito utilizado com culturas anuais, fruteiras e pastagem plantada. A camada esponjosa, fracamente cimentada (fragipã) situada em profundidade, mantém uma boa umidade no perfil do solo, por além do período das chuvas, constituindo-se um solo com alto potencial para o uso na agropecuária, principalmente quando o pequeno produtor rural adiciona esterco de curral (matéria orgânica) na sua superfície, que além de melhorar a fertilidade, evitando a evaporação, mantendo a umidade superficial do solo (Santos et al., 2018). As práticas recomendadas para uso deste tipo de solo são além das quatro básicas, as específicas 6 e 7.



Fotos: Manoel Batista de Oliveira Neto.

**Figura 20.** Neossolo Regolítico – RR. Perfil de solo (A); e Paisagem de ocorrência (B).

### *Argissolo Amarelo (PA)*

► Sítio Cachoeirinha - Pesqueira, PE.

Solo (Figura 21) de cor amarelada, medianamente profundo a profundo, textura arenosa a média na superfície e média a argilosa em profundidade. Apresenta uma camada fracamente cimentada (fragipã), situada em profundidade, que funciona como uma esponja que mantém uma boa umidade no perfil do solo, que se mantém além do período das chuvas, constituindo-se um solo com alto potencial para o uso na agropecuária. Possui média fertilidade, boa capacidade de reter água no perfil do solo, oferecendo alto potencial para o uso com culturas anuais, perenes e pastagens, principalmente capineiras e palma forrageira. As práticas recomendadas para uso deste tipo de solo são além das quatro básicas, a específica 7.

Fotos: Manoel Batista de Oliveira Neto.



**Figura 21.** Argissolo Amarelo - PA. Perfil de solo (A); e Paisagem de ocorrência (B).

### *Cambissolo Háplico (CX)*

- ▶ Sítio Macambira - São João do Cariri, PB.
- ▶ Sítio Ema - Cabaceira, PB.
- ▶ Sítio Novo Mundo, São José do Egito, PE.
- ▶ Sítio Carnaúba, Tuparetama, PE.

São solos (Figura 22) pouco profundos, com presença de minerais da rocha, boa fertilidade natural (boa reserva natural de nutrientes), podendo apresentar pedras na camada superficial e dentro do solo, além da presença de sais, que prejudicam o desenvolvimento das maiorias das culturas. São solos facilmente erodidos pelas chuvas, se agravando quando estão situados em ambientes com relevo movimentado. A característica mais importante destes solos é a alta fertilidade natural, favorecendo ao uso agrícola. São recomendados para uso com culturas anuais (feijão e milho), pastagem nas áreas planas e preservação ambiental nas áreas mais acidentadas. As práticas recomendadas para uso deste tipo de solo são além das quatro básicas, as específicas 6 e 8.



Fotos: José Coelho de Araújo Filho

**Figura 22.** Cambiosolo Háplico - CX (A); e Paisagem de ocorrência (B).

### *Cambissolo Flúvico (CY)*

► Sítio Queimadas - São José do Egito, PE.

São solos (Figura 23) pouco profundos a muito profundos com presença de minerais da rocha nos sedimentos trazidos pelas águas de rios e riachos. Possuem boa fertilidade natural (boa reserva natural de nutrientes), porém, podem ocorrer com sais que prejudicam o desenvolvimento das culturas, além de dificultar o seu manejo com máquina e implementos por serem argilosos, com consistência muito dura. A característica mais marcante deste solo, que favorece o uso agrícola é a sua alta fertilidade natural e a profundidade efetiva. São recomendados para uso com culturas anuais (milho, feijão e outras), fruteiras e pastagens. As práticas recomendadas para uso deste tipo de solo são além das quatro básicas, as específicas 5 e 6.



**Figura 23.** Cambiossolo Flúvico - CY (A); e Paisagem de ocorrência (B).

## Uso e manejo da água

### Manejo da água

A água é fundamental para a vida dos seres vivos. Regulando diversos processos metabólicos, físicos e químicos. Para o presente estudo foram coletadas amostras de água dos reservatórios de cada propriedade participante do estudo e levadas ao laboratório. Para estas amostras foram analisados os parâmetros físico-químicos: pH, CE, dureza total, salinidade, sólidos solúveis totais, sólidos dissolvidos totais, sedimentos, teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, carbonato e bicarbonato.

Após a análise das amostras, calculou-se o valor da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e a água foi classificada em relação à sua qualidade para fins de irrigação, segundo critérios estabelecidos por Richards (1954). Essa classificação é baseada na condutividade elétrica (CE) como indicadora do risco

de salinização do solo e na RAS como indicadora do perigo de sodicidade do solo, conforme esse mesmo autor (Tabela 2). As análises físico-químicas permitiram avaliar as classes de qualidade da água para fins de irrigação, de poços, riachos e barreiros, empregando-se os valores de salinidade estimados pela CE e de sodicidade pelo cálculo da RAS.

**Tabela 2.** Classificação da qualidade água para fins de irrigação, segundo critérios estabelecidos por Richards (1954).

Classes de águas	Classificação da água para fins de irrigação
Quanto ao risco de salinidade - CE*	
C1	Águas com baixa salinidade
C2	Águas com salinidade média
C3	Águas com salinidade alta
C4	Águas com salinidade muita alta
Quanto ao risco de alcalinização ou sodificação - RAS **	
S1	Águas com baixa concentração de sódio
S2	Águas com concentração média de sódio
S3	Águas com alta concentração de sódio
S4	Águas com muita alta concentração de sódio

\* CE - condutividade elétrica

\*\* RAS - razão de adsorção de sódio

Os níveis de condutividade elétrica da água obtidos no presente estudo constataram a condição natural da água no momento de coleta. Algumas amostras foram coletadas entre os meses de maio e junho, período de maior umidade, e outras em outubro, no período seco, provavelmente contribuindo significativamente para as médias determinadas. Além desta variação temporal, outros fatores exercem influência no valor da CE como a quantidade de chuva, tipo de aquífero, condição de circulação do fluxo da água e embasamento rochoso (Gheyi, 2010).

A partir dos resultados das análises físico-químicas (Tabela 3) as águas foram classificadas em C1S1, C2S1, C3S1, C4S1 e C4S2. As águas de chuva na classe C1S1 apresentam salinidade e sodicidade baixa, podendo ser utilizadas para diversos cultivos, apresentando baixa probabilidade de causar problemas de salinidade e sodicidade. As águas que estão na classe C2S1 apresentam média salinidade e baixo risco de sodificação do solo.

Essa salinidade média detectada nas águas de alguns agroecossistemas permite a utilização dessas águas por cultivos que possuam moderada tolerância aos sais, sem ser necessário práticas especiais de controle da salinidade.

**Tabela 3.** Classificação das águas por unidade de aprendizagem / NSGA

Microrregiões	Municípios	Unidades de aprendizagem	Local de coleta	Classificação da água
Paraíba				
Cariri Ocidental	Monteiro	Serrote de Cima	Poço	C4S1
	Monteiro	Garapa	Poço	C4S2
	Monteiro	Garapa	Barragem	C1S1
	Serra Branca	Várzea Nova	Poço 1/Poço 2	C4S2
	Zabelê	Zabelê	Poço	C4S1
	São J. dos Codeiros	Lagoa da Roça	Açude 1/Açude 2	C2S1/C1S1
	Sumé	Poço Da Pedra	Poço	C1S1
	Ouro Velho	Olho D'Água	Poço 1	C3S1
Cariri Oriental	Ouro Velho	Olho D'Água	Poço 2	C3S1
	Cabaceira	Ema	Poço	C3S1
	São José do Cariri	Macambira	Poço 1/Poço 2	C4S1/C4S2
Pernambuco				
Vale do Ipojuca	Poção	Saquinho	Barreiro	C2S1
	Poção	Saquinho	Cisterna	C1S1
	Alagoinha	Barrinhos	Barragem	C4S2
		Barrinhos	Poço	C4S2
Vale do Ipanema	Venturosa	Pau Ferro	Cacimbão	C2S1
	Venturosa	Pau Ferro	Barragem	C1S1
	Venturosa	Barbado	Poço	C4S3
	Venturosa	Barbado	Barreiro	C3S1
	Pedra	Laranjo	Poço 1/Poço 2	C3S1/C3S1
Vale do Pajeú	Tuparetama	Carnaúba	Cist. calçadão*	C3S1
		Carnaúba	Cist. enxurrada	C1S1
		Carnaúba	Cist. consumo	C1S1
	São José do Egito	Queimada	Cacimbão	C3S1
		Queimada	Poço rio Pajeú	C3S1
Vale do Moxotó	Sertânia	Assentamento	Não coletado	Não coletado

\*Cist. - Cisterna

Os NSGAs que apresentaram a água na classe C3S1, são águas com salinidade alta e sodicidade baixa, demandando práticas especiais de controle. Quanto aos que possuem água classificadas em C4S1, apresentam salinidade muito alta (CE entre 2,25 e 5,00 dS/m, a 25 °C) e sodicidade baixa. Não é apropriada para irrigações sob condições normais, mas pode ser usada, ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais. Os solos deverão ser muito permeáveis e com drenagem adequada, devendo ser aplicado excesso de água nas irrigações para ter boa lixiviação. Devido limitações ao cultivo de algumas espécies vegetais, exige por parte da família um acompanhamento mais criterioso dos níveis de sais. E as águas C4S2 são classificadas de salinidade muito alta (CE entre 2,25 e 5,00 dS/m, a 25 °C) e com concentração média de sódio ( $RAS \leq 51,29 - 6,66 CE$ ). Só pode ser utilizada em solos de textura grossa ou em solos orgânicos com boa permeabilidade. Apresenta perigo de sodificação considerável em solos de textura fina, com grande capacidade de troca catiônica, especialmente sob baixa condição de lixiviação, a menos que haja gesso no solo.

A maioria das fontes de água analisadas foi coletada em poços tubulares que podem chegar a uma profundidade entre 30 m e 100 m, na maioria dos casos atingindo as rochas cristalinas, que comumente possuem maior concentração de sais em comparação as águas provenientes da geologia de sedimentos. A qualidade da água apresenta moderada restrição para irrigação o que vem corroborar com os resultados alcançados por Lima Junior et al. (2017); Carneiro et al. (2012); Barroso et al. (2011).

Na condição natural de armazenamento da água de poço é recomendado evitar o uso de fertilizantes minerais no solo que podem lixiviar e contaminar o aquífero. Neste caso, recomenda-se priorizar o manejo da fertilidade dentro dos princípios da agroecologia; e racionalizar o uso da água do poço de modo a permitir a recarga do aquífero, quando possível.

Na condição do uso da água na agricultura, recomenda-se o uso de plantas tolerantes à salinidade e sodicidade; de ciclo vegetativo precoce/curto, plantio consorciado, plantio escalonado, preparo e semeadura no período de maior incidência das chuvas e na lateral de camalhões.

O uso eficiente da água e do solo são fundamentais para manter práticas agrícolas sustentáveis e indispensáveis para a disponibilidade da água na agropecuária.

## Considerações finais

O estudo sistêmico das práticas agroecológicas de manejo e conservação do solo para melhor adequação ambiental na gestão sustentável do núcleo familiar estabeleceu espaços de prototipagem que constituíram verdadeiros laboratórios de inovação social, em ambientes relevantes de unidades pilotos, com diálogos abertos e horizontais entre as famílias agricultoras, técnicos de ATER e Agente de Desenvolvimento Rural Sustentável Local (ADR), a partir de uma leitura integradora, para a construção coletiva de saberes sobre a complexidade do manejo do solo nos agroecossistemas de cada microrregião e de cada família.

A participação do agricultor/a foi determinante para a sua interveniência na análise de sua realidade e na busca de alternativas apropriadas. Nesta lógica, o agricultor não foi um mero informante, mas um dos autores do diagnóstico e das recomendações dos protótipos/práticas/. A coparticipação do agricultor no diagnóstico permitiu que ele analisasse e discutisse sobre os problemas de suas áreas de produção e a necessidade ou não de um redesenho de seu agroecossistema.

A participação da família agricultora propiciou recomendações de práticas mais apropriadas ao NSGA, proporcionando protótipos em ambiente relevante que têm acarretado resiliência socioecológica e econômica às adversidades do clima Semiárido nos agroecossistemas da bacia leiteira caprina integrada da Paraíba e Pernambuco.

## Referências

ARAÚJO FILHO, José Coelho de; et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000.

CARVALHO, M. G. F. de. **Estado da Paraíba - Classificação Geomorfológica**. João Pessoa: Editora Universitária, 1982.

CASALINHO, H. D.; LIMA, A. C. R.; MARTINS, S. R.; SILVA, L. M. S.; CARDOSO, I. M.; HENTZ, A. de M.; VERONA, L. A. F.; SCHWENGBER, J. E.; MARTINEZ, E. A.; CATIXTO, J. Construindo uma reflexão coletiva sobre a noção de sustentabilidade a partir de percepções de agroecologia e agricultura familiar. **Agricultura Familiar**, v. 11, p. 139-156, 2017.

COELHO, V. H. R. et al. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira da Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2014. FAO. Production: Livestock Primary. 2020. Disponível em: [http://fenixservices.fao.org/faostat/static/bulkdownloads/Production\\_LivestockPrimary\\_E\\_All\\_Data\\_\(Normalized\).zip](http://fenixservices.fao.org/faostat/static/bulkdownloads/Production_LivestockPrimary_E_All_Data_(Normalized).zip)>. Acesso em: 14 nov. 2022

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 652 p.

GONÇALVES JÚNIOR, O.; MARTES, A. C. B. Democracy, markets, and rural development: the case of Small goat-milk farmers in the brazilian northeast. **Economic sociology\_the european electronic newsletter**, v. 16, p. 25-33, 2015.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, Censo Agropecuário 2017 –Resultados Preliminares**. 2019.

LIRA, D. R.; ARAÚJO, M. S. B.; Sampaio, E. V. S. B.; Silva, H. A. Mapeamento e Quantificação da Cobertura Vegetal do Agreste Central de Pernambuco Utilizando o NDVI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 03, 157-162, 2010.

MANKINS, J. C. Technology Readiness Levels. A White Paper. April 6, 1995. Advanced Concepts Office. **Office of Space Access and Technology**. NASA. Disponível em: < [http://www.artemisinnovation.com/images/TRL\\_White\\_Paper\\_2004-Edited.pdf](http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf)>.

MARQUES, A. K.; MANCILLA, G. D.; FIGUEIREDO, A. M. R.; BONJOUR, S. C. de M. A caracterização ambiental da pequena propriedade rural de Lucas de Rio Verde, Mato Grosso. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, ano 18, n. 3, p. 70-84, 2009.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS**. México: Mundi Prensa, 1999. 109 p.

OLIVEIRA, L. S. **Características e sustentabilidade de sistemas de produção de caprinos leiteiros no Nordeste do Brasil**. 2020. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Educação. Universidade Federal da Paraíba. **Atlas Geográfico da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, 1985.

PETERSEN, P et al. **LUME: método de análise econômico: ecológico de agroecossistemas**. 1. ed. -- Rio de Janeiro: AS.PTA - Agricultura Familiar e Agroecologia, 2021.

SA, M. A. C. de; SANTOS JUNIOR, J. de D. G. dos; FRANZ, C. A. B. **Manejo e conservação do solo e da água em sistema de plantio direto no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. (Embrapa Cerrados. Documentos, 258). 53 p.

SANTOS, E. J.; Moraes, F.; Galvão, M.J.T.G.; **Mapa Geológico do Alto Vale do Rio Moxotó**. CPRM.

SANTOS, J. C. P. dos; ARAÚJO FILHO, J. C. de (ed.). **Avaliação detalhada do potencial de terras para irrigação nas áreas de reassentamento de colonos do Projeto Jusante - área 3, Glória, BA**. Recife: Embrapa Solos - UEP/NE, 2008. 112p

SILVA, M. S. L. da; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, A. F.; FERNANDES, F. E. P.; SOUZA, S. L. de; OLIVEIRA, L. S.; FELISBERTO, N. R. de O.; ARAUJO FILHO, J. C. de; PARAHYBA, R. da B. V.; SILVA, T. D. S. da; LIMA, L. M. J. M.; LIMA, R. A. **Práticas de manejo de solo e água para agroecossistemas de caprinos leiteiros do Semiárido do Nordeste brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2022. 17 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 81). ODS.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e amp. Brasília: Embrapa, 2017. 574 p.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico Rural Participativo: guia prático**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário - Secretaria da Agricultura Familiar, 2006. 62 p

VERSYPLE, N. I; MACHADO, J; ANDRADE; J. da S. C. de O; WANDERLEY, R. A. Microrregião Pajeú: economia, clima e desenvolvimento da agricultura através de modelo digital do terreno. **Revista GEAMA**, Recife, v.1, n.1, março 2015.

ZONTA, J. H.; SOFIATTI, V.; COSTA, A. G. F.; SILVA, O. R. R. F.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, C. A. D. da; BELTRAO, N. E. de M.; ALVES, I.; CORDEIRO JUNIOR, A. F.; CARTAXO, W. V.; RAMOS, E. N.; OLIVEIRA, M. C. DE; CUNHA, D. DA S.; MOTA, M. O. S. DA; SOARES, A. N.; BARBOSA, H.F.F. **Práticas de conservação de solo e água**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 133).

# Embrapa

---

## Solos

Apoio:



Banco Nacional de  
Desenvolvimento  
Econômico e Social



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA E  
PECUÁRIA

