

## Produção animal no Brasil: caracterização, simulação de cenários para pastagens e alternativas de adaptação às mudanças climáticas



Agrocuraça - Tadeu Voltolini



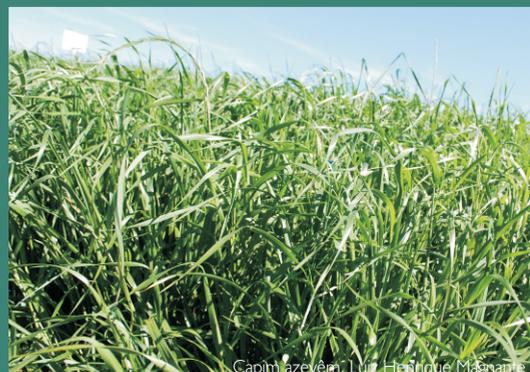
Capim tanzânia Eugénia Ribeiro



Capim Búfalo Tadeu Voltolini



Capim Braquiário - Ricardo Paino Beltrame



Capim azevém, Luiz Henrique Magnante

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

# ***Documentos 119***

**Produção animal no Brasil:  
caracterização, simulação de  
cenários para pastagens e  
alternativas de adaptação às  
mudanças climáticas**

Embrapa Pecuária Sudeste  
São Carlos, SP  
2015

**Embrapa Pecuária Sudeste**

Rod. Washington Luiz, km 234  
13560 970, São Carlos, SP  
Caixa Postal 339  
Fone: (16) 3411- 5600  
Fax: (16): 3361-5754  
www.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Alexandre Berndt*

Secretária-Executiva: *Simone Cristina Méo Niciura*

Membros: *Ane Lisye F.G. Silvestre, Maria Cristina Campanelli Brito,*

*Milena Ambrosio Telles, Sônia Borges de Alencar*

Normalização bibliográfica: *Sônia Borges de Alencar*

Editoração eletrônica: *Maria Cristina Campanelli Brito*

Foto(s) da capa: *Tadeu Voltolini, Ricardo Paino Beltrame, Eugênia Ribeiro,  
Luiz Henrique Magnante*

**1ª edição**

1ª edição on-line (2015)

**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 Pecuária Sudeste*

---

Produção animal no Brasil: caracterização, simulação de cenários para pastagens e alternativas de adaptação às mudanças climáticas. — [Recurso eletrônico]/Santos, Patricia Menezes et al. — Dados eletrônicos. — São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2015.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: Word Wide Web: [http://cppse.embrapa.br/sites/default/files/principal/publicação/documentos\\_119.pdf](http://cppse.embrapa.br/sites/default/files/principal/publicação/documentos_119.pdf) >

Título da página na Web (acesso em 30 de dezembro de 2015).

99 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 119; ISSN: 1980-6841).

1. Produção Animal – Pastagem - Caracterização - Simulação de cenário - Brasil. I. Santos, Patricia Menezes. II. Série.

---

CDD: 633.202

© Embrapa 2015

# **Autores**

## **Patrícia Menezes Santos**

Médica Veterinária, pesquisadora Embrapa Pecuária  
Sudeste, São Carlos, SP,  
patricia.santos@embrapa.br

## **Marcela de Mello Brandão Vinholis**

Engenheira Agrônoma, pesquisadora da Embrapa Pecuária  
Sudeste, São Carlos, SP,  
marcela.vinholischagas@embrapa.br

## **Moacyr Bernadino dias-Filho**

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Embrapa  
Amazônia Oriental, Belém - PA,  
moacyr.dias-filho@embrapa.br

## **Tadeu Vinhas Voltolini**

Zootecnista da Embrapa Embrapa Semiárido, Petrolina - PE,  
tadeu.voltolini@embrapa.br

## **Andréa Mittelmann**

Engenheira Agrônoma, pesquisadora da Embrapa Gado de  
Leite, Juiz de Fora, MG,  
andrea.mittelmann@embrapa.br

## **José Ricardo Macedo Pezzopane**

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Pecuária  
Sudeste, São Carlos, SP,  
jose.pezzopane@embrapa.br

## **Silvio Roberto Medeiros Evangelista**

Estatístico, analista da Embrapa Informática Agropecuária,  
Campinas, SP  
silvio.evangelista@embrapa.br

## **Magna Soelma Beserra de Moura**

Engenheira Agrônoma, pesquisadora da Embrapa  
Semiárido, Petrolina, PE,  
magna.moura@embrapa.br

## **Carlos Augusto de Miranda Gomide**

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Gado de  
Leite, Juiz de Fora, MG,  
carlos.gomide@embrapa.br

**Ana Clara Rodrigues Cavalcante**

Zootecnista, pesquisadora da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral - CE,  
ana.clara@embrapa.br

**Caroline Galharte Corrêa**

Bacharel em Letras, pós-doutoranda em Ciência Animal e Pastagens da ESALQ/USP, Piracicaba, SP,  
carol.galharte@gmail.com

**Giovana Maranhão Bettioli**

Geógrafa, analista da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP,  
giovana.bettioli@embrapa.br

**Roberta Machado Santos**

Bióloga, Doutoranda em Recursos Genéticos Vegetais - UEFS, Feira de Santana, BA,  
robertaubai@gmail.com  
robertaubai@gmail.com

**Francislene Angelotti**

Engenheira Agrônoma, pesquisadora da Embrapa Embrapa Semiárido, Petrolina, PE,  
francislen.angelotti@embrapa.br

**Patricia Perondi Anção Oliveira**

Engenheira Agrônoma, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP  
patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

**Francisco Humberto Dübbern de Souza**

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP,  
francisco.dubbern-souza@embrapa.br

**Ivan Rodrigues de Almeida**

Geógrafo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS,  
ivan.almeida@embrapa.br

**Cristiam Bosi**

Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas - ESALQ/USP, Piracicaba, SP,  
cristiambosi@yahoo.com.br

**Pedro Gomes da Cruz**

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Rondônia,  
Porto Velho - RO,  
pedro-gomes.cruz@embrapa.br

**André Santana Andrade**

Engenheiro Agrônomo, Professor do UNIPAM, Patos de  
Minas, MG,  
andreufvcrp@hotmail.com

**Leandro Coelho de Araujo**

Zootecnista, Professor da Faculdade de Engenharia de  
Ilha Solteira, UNESP – Univ. Estadual Paulista, Campus II,  
Departamento de Biologia e Zootecnia, Ilha Solteira, SP,  
leandroaraujo@bio.feis.unesp.br

**Giampaolo Queiroz Pellegrino**

Engenheiro Florestal, pesquisador da Embrapa Informática  
Agropecuária, Campinas, SP,  
giampaolo.pellegrino@embrapa.com



# Sumário

Introdução.....	9
Descrição e caracterização da pecuária.....	12
Brasil Central - Regiões Centro-Oeste e Sudeste.....	15
Amazônia Legal – Regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste.....	29
Semiárido.....	35
Região Sul.....	43
Cenários climáticos.....	46
Descrição dos modelos utilizados.....	47
a. <i>Megathyrus maximus</i> (syn. <i>Panicum maximum</i> ).....	47
i. Modelo de estimativa de produção.....	47
ii. Procedimento de estimativa de produção para séries climáticas (baseline e cenários futuros).....	49
iii. Procedimento de espacialização da produção.....	50
<i>Urochloa</i> (syn. <i>Brachiaria</i> ).....	50
i. Modelo de estimativa de produção.....	50
Capim-bufel ( <i>Cenchrus ciliaris</i> L.).....	52
Palma ( <i>Opuntia</i> ).....	52
Azevém anual ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam.).....	53
Cenários futuros para a cultura.....	56
a. Capim-tanzânia.....	56
i. Cenário atual.....	66
ii. Impacto das mudanças climáticas no potencial produtivo de <i>P. maximum</i> no Brasil.....	60
b. Capim-marandu.....	64
i. Cenário atual.....	64
ii. Impacto das mudanças climáticas no potencial produtivo de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu.....	65
c. Capim-bufel.....	69
d. Palma.....	73
e. Azevém.....	77
Vulnerabilidade da pecuária e alternativa de adaptação dos sistemas de produção.....	81
Brasil Central - Regiões Centro-Oeste e Sudeste.....	81
Amazônia Legal – Regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste.....	83
Semiárido.....	84
Região Sul.....	86
Considerações finais.....	88
Referências bibliográficas.....	89

# Produção animal no Brasil: caracterização, simulação de cenários para pastagens e alternativas de adaptação às mudanças climáticas

---

*Patricia Menezes Santos  
Marcela de Mello Brandão Vinholis  
Moacyr Bernadino dias-Filho  
Tadeu Vinhas Voltolini  
Andréa Mittelmann  
José Ricardo Macedo Pezzopane  
Silvio Roberto Medeiros Evangelista  
Magna Soelma Beserra de Moura  
Carlos Augusto de Miranda Gomide  
Ana Clara Rodrigues Cavalcante  
Caroline Galharte Corrêa  
Giovana Maranhão Bettiol*

*Roberta Machado Santos  
Francislene Angelotti  
Patricia Perondi Anção Oliveira  
Francisco Humberto Dübbern de Souza  
Ivan Rodrigues de Almeida  
Cristiam Bosi  
Pedro Gomes da Cruz  
André Santana Andrade  
Leandro Coelho de Araujo  
Giampaolo Queiroz Pellegrino*

## Introdução

A pecuária desempenha um importante papel econômico e social. O produto interno bruto (PIB) do agronegócio brasileiro, calculado em R\$ 1.092,2 bilhões pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), representou 22,54% do PIB nacional no ano de 2013. Desse montante, a pecuária, representada pelos segmentos de insumos, pecuária, indústria e distribuição, foi responsável por 30,45% do PIB do agronegócio e 6,87% do PIB brasileiro. Enquanto o segmento da pecuária individualmente contribuiu com 12,60% do PIB do agronegócio, ou seja, o equivalente a R\$137.630 milhões em 2013.

Diante da realidade mundial, o Brasil destaca-se como um dos principais países com aptidão para atender ao aumento da demanda por alimentos. De acordo com a Pesquisa Pecuária Municipal 2012, o Brasil possui o segundo maior rebanho efetivo do mundo com 211,3 milhões de cabeças de bovinos (IBGE, 2012). Além disso, a partir de 2004, assumiu a liderança nas exportações de carne bovina, alcançando 24% de participação nas exportações mundiais de carne bovina no ano de 2005 (VALDES, 2006). Em 2012, as exportações de carne bovina contribuíram positivamente para a balança comercial do país e representaram 2,38% das exportações totais brasileiras

(SECEX, 2012). Nesse mesmo ano, as exportações da carne bovina representaram 18% da produção nacional, enquanto que 82% da produção foram consumidos internamente (ABIEC, 2012).

Apesar da pequena expressão no mercado internacional, outras atividades pecuárias merecem destaque. Além da contribuição para o desempenho econômico do país, são atividades particularmente importantes para os estabelecimentos de base familiar. O Brasil é o quinto maior produtor mundial de leite com produção anual estimada em 32,3 bilhões de litros no ano de 2012. O rebanho de caprinos e ovinos é estimado em 8,6 e 16,8 milhões de cabeças (IBGE, 2012).

Do ponto de vista social, a pecuária tem participação expressiva na quantidade de postos de trabalho e na ocupação da mão de obra no campo. Em 2006, 16.567.544 pessoas estavam ocupadas nos estabelecimentos agropecuários brasileiros. Dessas pessoas, 40% estavam em estabelecimentos onde a pecuária era a principal atividade econômica (IBGE, 2006). Para os produtores de base familiar, a pecuária é uma atividade que possibilita a produção de alimentos para o autoconsumo, a geração de empregos e a fixação do indivíduo no campo, além de contribuir para a redução da pobreza (HOLANDA JÚNIOR et al., 2004). No Brasil, a agricultura familiar ocupa 15,3 pessoas por 100 ha, enquanto a agricultura não familiar ocupa 1,7 pessoas por 100 ha. Em 2006, metade dos estabelecimentos rurais que tinham a pecuária de corte como atividade econômica era classificada como de base familiar, enquanto que a participação da agricultura familiar era de 62% nos estabelecimentos rurais com pecuária de leite (IBGE, 2006).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Estabelecimento agropecuário de base familiar definido de acordo com a Lei 11.326 de 24 de julho de 2006. A qual definiu os critérios da agricultura familiar, quais sejam: área do estabelecimento rural não excede quatro módulos rurais; a mão de obra utilizada nas atividades econômicas desenvolvidas é predominantemente da própria família; a renda familiar é predominantemente originada das atividades vinculadas ao próprio estabelecimento rural; e, o estabelecimento é dirigido pela família.

A pecuária, além de ser uma importante atividade econômica de alcance nacional, é uma das principais formas de uso da terra. Em 2006, de um total de 5.175.489 de estabelecimentos agropecuários, 45% tinham a pecuária como atividade econômica. As pastagens ocupavam cerca de 160 milhões de hectares, o que correspondia a 48,1% da área dos estabelecimentos agropecuários no Brasil (IBGE, 2006).

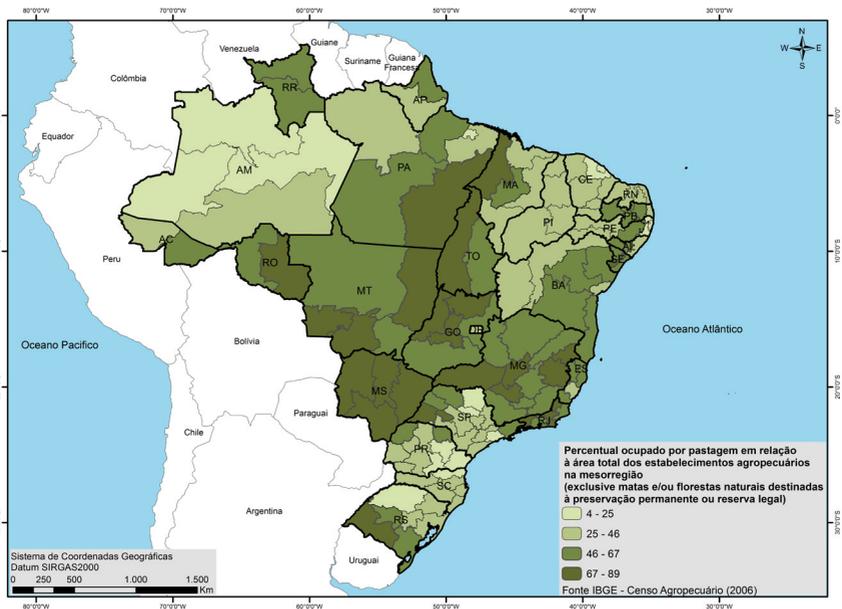
O relatório do 5º Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas indica que, no futuro, o aquecimento aumentará, podendo chegar a 4,8°C até 2100, os efeitos negativos afetarão todos os componentes do sistema climático e a redução da quantidade de água disponível no solo ocorrerá em várias áreas da América Latina (IPCC, 2013). As mudanças no padrão de precipitação pluvial deverão afetar a disponibilidade de água para o consumo humano, a agricultura e a geração de energia.

As mudanças climáticas globais e a necessidade de produção de energia a partir de fontes alternativas imporão novos desafios às cadeias produtivas de carne e de leite no Brasil. A pressão pela regeneração das áreas de reserva legal e o avanço da agricultura, tanto para produção de alimentos e fibras quanto para produção de energia, indicam que haverá redução da área de pastagens em algumas regiões do território nacional e o seu deslocamento para áreas marginais, onde há maiores limitações edafoclimáticas à produção agropecuária.

O dimensionamento dos efeitos dos cenários climáticos futuros sobre a agropecuária é estratégico para o Brasil. O objetivo deste estudo foi gerar e analisar cenários futuros para a pecuária no Brasil, com base em cenários de mudanças climáticas globais, e propor medidas de adaptação dos sistemas de produção para redução dos impactos negativos nas regiões mais vulneráveis.

## Descrição e caracterização da pecuária

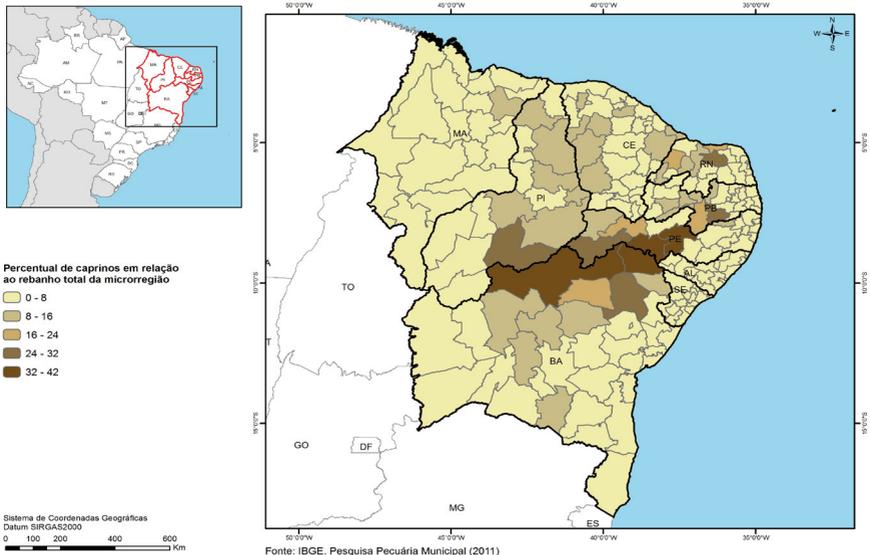
A pecuária brasileira é caracterizada pelo uso de pastagens: apenas 9,3% dos animais abatidos são terminados em confinamento (ABIEC, 2013) e menos de 5% da produção de leite ocorre em sistemas confinados (ASSIS et al., 2005). Além disso, as pastagens ocupam mais de 50% da área dos estabelecimentos agropecuários em várias regiões (Figura 1).



**Figura 1.** Percentual ocupado por pastagens em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários na mesorregião, exclusive matas e/ou florestas destinadas à preservação permanente ou reserva legal. Elaborado por BETTIOL, G. M. (2014).

No último Censo Agropecuário realizado em 2006 (IBGE, 2006), a taxa de lotação média das pastagens era de 1,08 cabeças bovinas por hectare. As pastagens cultivadas, formadas principalmente por gramíneas do gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*), representavam 64% da área total; as pastagens nativas representavam aproximadamente 35% da área de pastagens e concentravam-se principalmente no Semiárido, nos Pampas e no Pantanal (IBGE, 2006).

O rebanho bovino está distribuído pelas regiões brasileiras: 34%; 21%; 19%; 13% e 13% do rebanho total na Pesquisa Pecuária Municipal de 2012 encontravam-se respectivamente nas regiões Centro-Oeste, Norte, Sudeste, Nordeste e Sul (IBGE, 2012). O rebanho caprino está concentrado na Região Nordeste e o rebanho ovino nas regiões Nordeste e Sul (Figura 2).



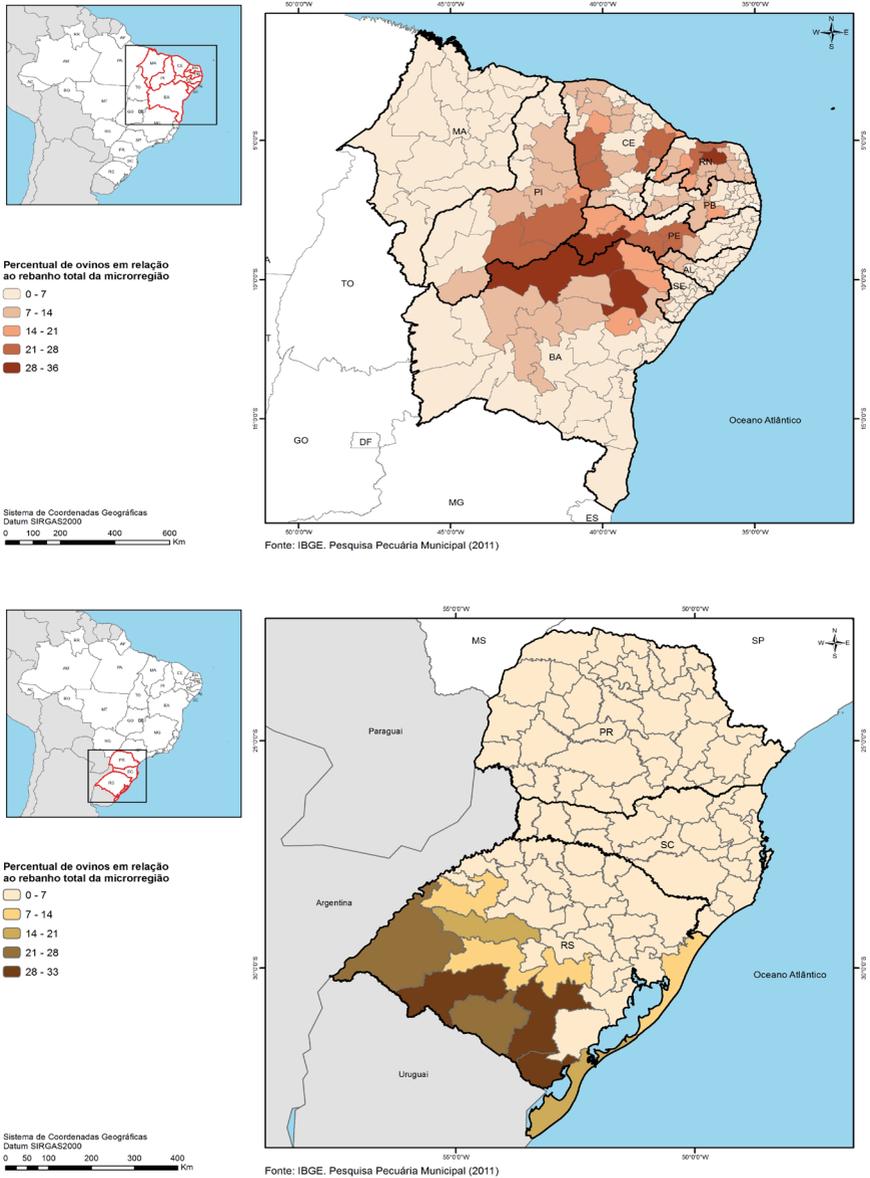


Figura 2. Porcentagem de caprinos e de ovinos nas regiões Nordeste e Sul em relação ao rebanho total da microrregião. Elaborado por BETTIOL, G. M.

Uma grande variedade de sistemas de produção é praticada ao longo do território brasileiro, porém é possível identificar padrões de produção e tecnificação em algumas regiões. No bioma Caatinga, prevalece a pecuária de baixa produtividade e há grande dependência de programas sociais (FASIABEN et al., 2013). As grandes propriedades de pecuária de corte não familiar concentram-se, principalmente, entre a Região Centro-Oeste e Norte (FASIABEN et al., 2013). Nas Regiões Sul e Sudeste predominam propriedades com diversificação de atividades (agricultura e pecuária) e de produção pecuária intensiva (FASIABEN et al., 2013). As principais características da pecuária praticada nas regiões Brasil Central (Centro-Oeste e Sudeste), Amazônia Legal (Centro-Oeste, Norte e Nordeste), Semiárido (Nordeste e Sudeste) e Sul são descritas a seguir.

## **Brasil Central - Regiões Centro-Oeste e Sudeste**

O Brasil possui seis biomas com características ambientais bastante distintas e específicas e com influência sobre a ocupação econômica das regiões. A região do Brasil Central estende-se predominantemente por três desses biomas: Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica.

O bioma Pantanal compreende uma das maiores extensões úmidas contínuas do planeta. No Brasil está localizado entre os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Essa planície aluvial ocupa 1,76% do território nacional. Apesar de sua pequena extensão, 86,77 % de seu território mantêm-se conservado com cobertura vegetal nativa. A área antrópica corresponde a 11,54% da área do bioma. Nessa área, a atividade agrícola é inexpressiva (0,26% do território). Destaca-se na região a atividade de pecuária de corte extensiva em pastagens nativas, que equivalem a 10,92% da área do bioma e ocupam 94,68% da área antrópica (MMA, 2007). Dentre as espécies forrageiras utilizadas na região destacam-se o capim-mimoso (*Axonopus purpusii*), o *Mesosetum chauseae* e a grama-do-carandazal (*Panicum laxum*) (ABREU et al., 2010).

A atividade de pecuária no Pantanal concentra-se em grandes estabelecimentos rurais com finalidade prioritária nas fases de cria e recria (Tabela 1). De acordo com Abreu e Santos (2010), aproximadamente 12% dos estabelecimentos rurais com atividade de pecuária e tamanho igual ou superior a 10.000 hectares ocupam 56% da área de pecuária do Pantanal. Outros 43% da área são ocupados por estabelecimentos com tamanho entre 1.000 e 10.000 hectares, que perfazem 69% dos estabelecimentos rurais com atividade de pecuária.

**Tabela 1.** Distribuição percentual em número e área ocupada dos estabelecimentos rurais do Pantanal de acordo com sua classe de área

	Estabelecimento com área inferior a 1.000 ha	Estabelecimento com área entre 1.000 e 10.000 ha	Estabelecimento com área igual ou superior a 10.000 ha
Estabelecimentos rurais	19%	69%	12%
Área ocupada no Pantanal	1%	43%	56%

Fonte: Abreu e Santos (2010).

Apesar das grandes extensões dos estabelecimentos rurais no Pantanal, alguns índices de produção são baixos quando comparados com outras regiões. Isso ocorre em função da associação da baixa fertilidade do solo de algumas regiões e fatores climáticos peculiares da região, a exemplo da distribuição mensal das chuvas e da intensidade e duração das inundações. Essa condição torna a oferta de pastagens irregular ao longo do ano. Dois períodos críticos de restrição alimentar foram identificados por Pott et al. (1989): (i) final do período de cheia (fevereiro a maio); (ii) final do período de seca (agosto a setembro). Essa condição tem impacto nos índices de produção. Abreu e Santos (2010) estimaram uma capacidade de suporte em torno de um animal (vaca com cria) para três hectares em locais de solo e pastagem de melhor qualidade (região central do Pantanal). Caso contrário, estima-se um animal (vaca com cria) para cinco hectares (região leste do Pantanal). As taxas de natalidade e de desmama encontram-se em torno de 45-60 % e 35-50 %, respectivamente. Se por um lado os coeficientes técnicos são relativamente baixos, por outro a pecuária

extensiva de baixo aporte de insumos é um fator importante para a conservação e a coexistência pacífica da atividade pecuária com o ecossistema local (SANTOS et al., 2008).

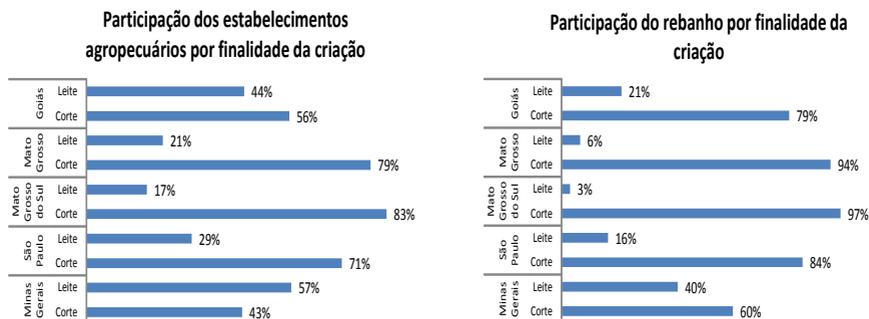
O regime de enchentes também influencia o manejo do rebanho, estimado em quatro milhões de cabeças predominantemente da raça Nelore. Durante as inundações o gado é conduzido para as áreas mais altas. Caso contrário, os animais permanecem nas pastagens nativas das extensas planícies arenosas e com poucas subdivisões, de forma a permitir o pastejo seletivo e o uso das aguadas (SANTOS et al., 2012).

O perfil da pecuária do restante do Brasil central, influenciado pelos biomas Cerrado e Mata Atlântica, difere da pecuária pantaneira. As unidades da federação que compõem a região Centro-Oeste (MT, MS, GO) respondem pelo maior número de efetivo de bovinos, cerca de 70 milhões de cabeças na Pesquisa Pecuária Municipal de 2012 (IBGE, 2013). Na Região Sudeste, o rebanho é próximo a 40 milhões de cabeças e encontra-se relativamente estável desde 2006 (IBGE, 2013).

A importância e a concentração da atividade pastoril na região central do Brasil também são verificadas pela ocupação da área de pastagens e pela presença dessa atividade econômica na maioria dos estabelecimentos rurais. Mais da metade da área dos estabelecimentos rurais da Região Centro-Oeste é ocupada com pastagens (Figura 3). A pecuária e criação de outros animais estão presentes em 79% dos estabelecimentos rurais no Centro-Oeste, enquanto que na Região Sudeste a participação é de 52%.

A aptidão da pecuária no Brasil central complementa-se com a produção leiteira e a de corte. Ambas são importantes para a região. Enquanto o estado de Minas Gerais se destaca na pecuária de leite, a pecuária de corte tem importância particular para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Mais da metade dos estabelecimentos rurais com mais de 50 cabeças de bovinos no estado de Minas Gerais (57%) e 40% do rebanho de bovinos do estado tem por objetivo a produção leiteira (Figura 3). A participação da pecuária de leite nos

estabelecimentos rurais de Goiás também merece destaque. Cerca de 45% dos estabelecimentos rurais com mais de 50 cabeças e 21% do rebanho de bovinos desse estado estão inseridos na produção de leite (Figura 3).



**Figura 3.** Participação dos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças e dos rebanhos na pecuária de leite e corte dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Fonte: IBGE, 2006

Em 2006, a produção leiteira de Minas Gerais correspondeu a 27,9% da produção nacional. Além disso, destacam-se em termos de produção de leite os estados do Rio Grande do Sul (12,1%), de Goiás (10%) e do Paraná (9%), seguidos da Bahia e de São Paulo. Em relação ao número de vacas ordenhadas e à produção de leite no ano de 2006, destacam-se municípios da porção centro-sul de Goiás e oeste de Minas Gerais (Figura 4). Alguns dos municípios nessas regiões tiveram mais de 9,5 mil vacas ordenhadas, com produção de leite superior a 18 milhões de litros. Entretanto, em termos de produtividade, os estados do Sul apresentam a maior produtividade leiteira do Brasil, seguidos do Sudeste e Centro-Oeste (Figura 5). Em termos de produtividade destaca-se a região sul de Goiás, com municípios atingindo aproximadamente 1,7 mil litros/vaca/ano, e a porção centro e oeste de Minas Gerais, com municípios alcançando 2,2 mil litros/vaca/ano (Figura 5). Vale destacar o importante crescimento da produtividade média em Goiás e Mato Grosso, com taxas de 108 e 71%, respectivamente (CARVALHO; OLIVEIRA, 2006).



de Goiás desenvolvem a pecuária de corte (Figura 3). A participação do rebanho bovino nessa atividade é ainda mais expressiva, pois aproximadamente 95% do gado do Mato Grosso do Sul, 90% do Mato Grosso, 80% de São Paulo e 75% de Goiás fazem parte da atividade de pecuária de corte.

A região central do Brasil também se destaca no abate de bovinos. Centro-Oeste e Sudeste juntos foram responsáveis por 59% do abate de bovinos em 2012. O Sudeste teve participação de 22% e o Centro-Oeste, 37% (IBGE, 2013 – pesquisa trimestral de abate de bovinos). Grande parte dos frigoríficos concentra-se nessas regiões (Figura 6). A indústria frigorífica paulista destaca-se pela quantidade de plantas frigoríficas instaladas para atender ao vasto mercado consumidor, pela proximidade da infraestrutura portuária e por se beneficiar da malha viária ampla e de boa qualidade. Ainda, grande número de plantas exportadoras mantém um nível tecnológico compatível com os padrões internacionais (SOUZA FILHO et al., 2010).

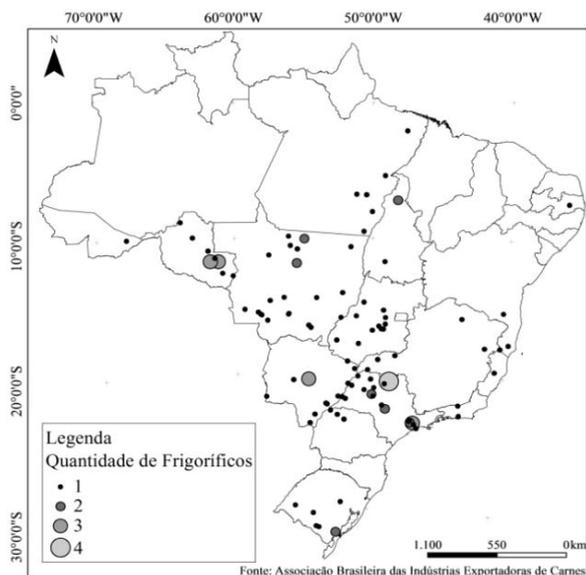


Figura 6. Distribuição de plantas frigoríficas no Brasil em 2011.

Retirado de Batistella et al., 2011

Apesar da grande capilaridade da atividade pecuária nos estabelecimentos rurais do Brasil central, a produção pecuária é marcada por grande diversidade e heterogeneidade tecnológica. Sistemas de produção intensivos em capital e alta taxa de produtividade por área e/ou por animal coexistem com sistemas extensivos, com baixa eficiência técnica (ZYLBERSZTAJN; MACHADO FILHO, 2003; SOUZA FILHO et al., 2010). Historicamente, a ausência de pressões econômicas e institucionais para o aumento da produtividade dos fatores de produção associada à abundância de terras disponíveis para a produção tem justificado a heterogeneidade na produção pecuária no Brasil.

A produção pecuária na região do Brasil Central ainda é predominantemente extensiva, tendo o pasto como a principal fonte de alimentação. À exceção da região do Pantanal, em que há predomínio de pastagens nativas em função das características específicas de seu ecossistema, nas demais regiões do Brasil central há predomínio das pastagens cultivadas dos gêneros *Megathyrsus maximus* (syn. *Panicum maximum*) e *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) (IBGE, 2006; IEA, 2008). No entanto, a degradação dos pastos plantados é uma realidade. De acordo com os dados censitários de 2006, 51% das áreas de pastagens plantadas degradadas<sup>2</sup> no Brasil estão localizadas nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, correspondendo a 10 e 7% da área de pastagens plantadas de cada uma das regiões, respectivamente (IBGE, 2006).

A produção de bovinos de corte é dividida em três fases: cria, recria e engorda. Elas tanto podem ser desenvolvidas como atividades isoladas como atividades complementares em uma mesma propriedade. A cria corresponde ao período do nascimento do bezerro até a desmama; a

---

<sup>2</sup> Pastagem plantada degradada por manejo inadequado ou por falta de conservação, que se encontrava degradada ou pouco produtiva - abrangeram as áreas plantadas com espécies vegetais destinadas ao pastoreio dos animais existentes no estabelecimento, nestas condições (IBGE, 2006).

recria, da desmama até o animal atingir peso médio de 300 kg de peso vivo (machos), e; a engorda ou terminação, desse ponto até os animais atingirem o peso de abate, acima de 450 kg de peso vivo. Na região central do Brasil predominam os genótipos zebuínos nos rebanhos de gados de corte.

Um estudo da Embrapa propôs uma classificação dos sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil, com ênfase na dieta e uso de tecnologias intensivas (CEZAR et al., 2005). Os diferentes sistemas de produção de carne bovina foram classificados da seguinte forma: a) sistema extensivo - dieta exclusiva a pasto, b) sistema semi-intensivo - pastagem mais suplementação alimentar no pasto e, c) sistema intensivo - pastagem mais suplementação alimentar em confinamento. Os sistemas extensivos caracterizam-se pela utilização de pastagens como únicas fontes de alimentos energéticos e proteicos. Nesses sistemas há o desenvolvimento das fases de cria a engorda, e o padrão de desempenho é variável, a depender da interação de fatores como características de solo, condições climáticas, sanidade animal, genótipo e manejo do rebanho, bem como a qualidade e a intensificação do uso das pastagens. Em locais de domínio de pastagens nativas nas regiões tropicais há tendência de se manter a atividade de cria, em função da baixa capacidade de suporte, entre 0,1 e 0,3 UA/ha. Na região central do Brasil, esse padrão encontra-se no bioma Pantanal, conforme descrito anteriormente. Nos sistemas extensivos, sob pastagens tropicais cultivadas, a capacidade de suporte média anual varia entre 0,5 a 2,5 UA/ha, com ganho de peso vivo anual entre 42 a 255 kg/ha. Essa variação está relacionada ao pacote tecnológico adotado, bem como ao estado de conservação do pasto. Nessas áreas verificam-se as fases de cria, recria e engorda, de forma isolada ou combinada.

Os sistemas de produção semi-intensivos apresentam como base alimentar as pastagens e os suplementos minerais acrescidos de suplementos proteico-energéticos. Há diferentes modalidades, a depender da fase da criação em que é empregado, bem como

grande diversidade na composição do concentrado que é ofertado ao animal, em função da disponibilidade regional das fontes naturais de energia e proteína (CEZAR et al., 2005). De acordo com dados censitários, em 2006, nos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, onde há predomínio da pecuária de corte, 76% e 82% dos estabelecimentos rurais com mais de 50 cabeças de bovinos adotavam o sistema de produção extensivo com a suplementação de sal mineral (Tabela 2). Enquanto que 22% e 16% dos estabelecimentos rurais, respectivamente, operavam ao menos com o sistema semi-intensivo com suplementação alimentar de ração, grãos e subprodutos da agroindústria. Cezar et al. (2005) identificaram o sistema extensivo como aquele de maior ocorrência no território nacional, alcançando cerca de 80% dos sistemas produtivos no Brasil.

**Tabela 2.** Uso de suplementação alimentar em estabelecimentos agropecuários nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás.

Número de estabelecimentos agropecuários, com mais de 50 cabeças de bovinos (Unidades)										
	MG		SP		MS		MT		GO	
Suplementação alimentar – não utilizam	1.909	2%	975	2%	676	2%	700	2%	933	1%
Suplementação alimentar – sal mineral	61.621	61%	28.339	66%	21.432	76%	37.155	82%	44.706	65%
Participação dos que suplementam com sal mineral no total do Brasil	16%		7%		5%		10%		11%	
Suplementação alimentar – ração, grãos e subprodutos agroindustriais	37.743	37%	13.835	32%	6.181	22%	7.287	16%	22.790	33%
Participação dos que suplementam com ração no total do Brasil	27%		10%		4%		5%		16%	

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário 2006.

Os sistemas de produção semi-intensivos e intensivos visam otimizar o ganho de peso do animal, a fim de reduzir o ciclo de produção e aumentar a produtividade por unidade de área e por animal (CARRER et al., 2013; CEZAR et al., 2005). Os sistemas de produção intensivos incluem a prática do confinamento na fase de terminação dos machos para o abate. De forma geral, a prática do confinamento concentra-se no período de seca na região central do Brasil, de junho a outubro. Entretanto, existem pecuaristas especializados na fase de terminação que adotam a modalidade de confinamento de alta rotatividade durante

o ano todo. O período médio de confinamento é de 90 dias, podendo variar de 60 a 110 dias. Nesse sistema o animal entra com peso em torno de 350 kg e é abatido com peso médio de 470 kg (CEZAR et al., 2005). Esse sistema de produção altamente intensivo é caracterizado por maior complexidade de gestão e do risco do negócio. Essa condição implica na adoção de tecnologias de gestão complementares a exemplo dos controles de inventário, planilhas de custos de produção, capacitação de mão-de-obra e mecanismos de gestão do risco preço, a exemplo dos contratos. Os dados do censo agropecuário 2006 indicam que 8% dos bovinos do estado de São Paulo e 6% dos bovinos do estado de Goiás foram engordados em regime de confinamento. Esse volume representou um total de 708 mil bovinos confinados no estado de São Paulo e 999,5 mil em Goiás em 2006.

A produção pecuária na região do Brasil central é predominantemente extensiva. No entanto, observa-se o aumento da adoção de técnicas mais intensivas de produção, particularmente em algumas Regiões do Sudeste e Centro-Oeste, a exemplo de Goiás e São Paulo (Tabela 3).

**Tabela 3.** Produção de bovinos confinados na região do Brasil Central e demais estados.

	<b>Bovinos confinados em 2006 (cabeças)</b>	<b>Participação de bovinos confinados em 2006 no total de bovinos da UF</b>
Minas Gerais	528.344	3,4 %
São Paulo	707.768	8,2 %
Mato Grosso do Sul	433.915	2,2 %
Mato Grosso	393.494	2,0 %
Goiás	999.506	5,9 %
Demais UF	1.012.009	1,6 %

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário 2006

As mesorregiões Presidente Prudente e Marília no estado de São Paulo e Centro e Noroeste Goiano possuem as maiores densidades de bovinos por área de pastagens (Figura 7). O processo de intensificação pecuária ocorre devido à elevação do valor da terra em áreas tradicionais de

pastagem (SAUER, 2010), à expansão de culturas agrícolas rentáveis e ao aumento da pressão por reduzir a expansão da produção pecuária em áreas de preservação permanente e florestas naturais (IGREJA et al., 2008). A produção pecuária tem sido relacionada ao processo de desmatamento no Brasil e às emissões de gases de efeito estufa, principalmente quando as pastagens apresentam algum grau de degradação, como é o caso daquelas com baixa capacidade de suporte (OLIVETTE et al., 2011). Não há consenso na literatura quanto aos efeitos da intensificação da produção na mitigação de problemas ambientais. No entanto, essa estratégia tem sido considerada como uma alternativa para alcançar tanto as reduções de emissões de gases de efeito estufa como para permitir a expansão das lavouras sem novos desmatamentos (BOWMAN et al., 2012). Alguns autores argumentam que os impactos ambientais podem ser minimizados por meio da adoção de tecnologias intensivas, pois ainda há espaço para avanços na produtividade. A qualidade da terra e a capacidade de suporte em diversas regiões produtoras não alcançaram seu potencial máximo (OLIVETTE et al., 2011).

Por exemplo, o valor da terra em regiões tradicionalmente produtoras de carne bovina no estado de São Paulo retornou aos elevados patamares da década de 90. A Figura 8 apresenta a evolução do valor da terra em uma região tradicionalmente produtora de carne bovina no estado de São Paulo. Observa-se que há uma diferença no valor da terra em função da sua aptidão, qualidade do solo e topografia. No entanto, todas as categorias recuperaram os valores vigentes em meados dos anos 90.

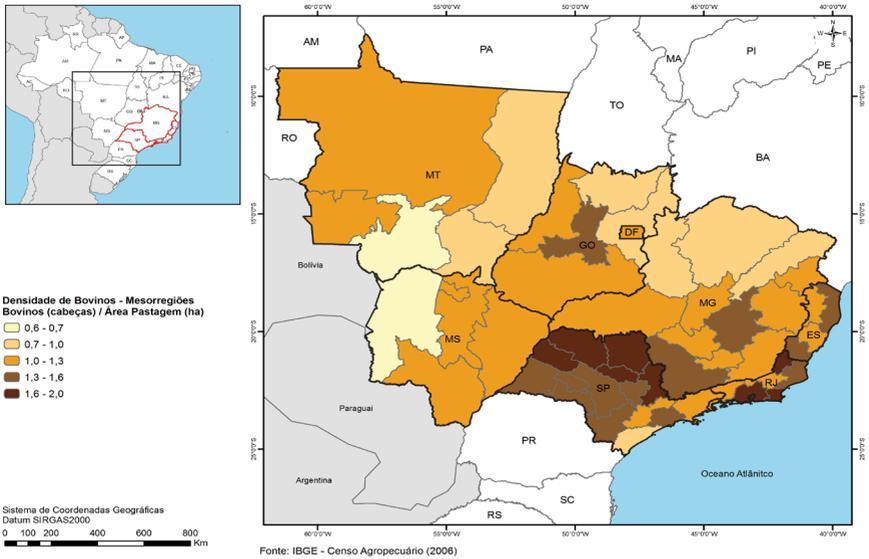


Figura 7. Densidade de bovinos por área de pastagens em mesorregiões. Elaborado por BETTIOL, G. M.

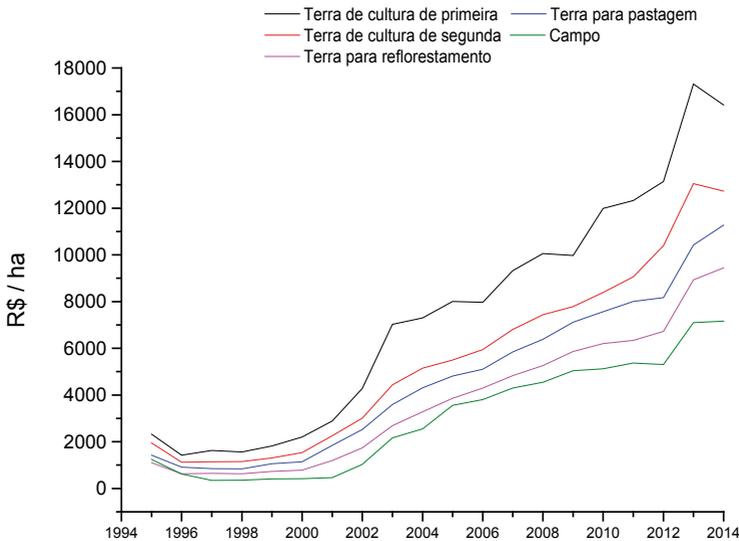


Figura 8. Evolução do valor da terra na região de Marília, SP, deflacionado pelo IGP-DI. Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

A recuperação do valor da terra está associada ao avanço de culturas agrícolas que apresentam rentabilidade competitiva à atividade pecuária, a exemplo da cana-de-açúcar (BINI, 2013). Em função do valor da terra ocupada com pastagens ser inferior àquele da terra de lavoura, inicialmente, a expansão da agricultura deu-se nessas áreas. Os dados censitários compilados na Tabela 4 mostram a evolução da área colhida de cana-de-açúcar em detrimento da área ocupada com pastagem no estado de São Paulo. Observa-se que a área colhida com a cana aumentou cerca de quatro vezes entre os censos agropecuários de 1970 e 2006. Neste mesmo período a área ocupada com pastagens reduziu em cerca de 40%. No entanto, o efetivo de bovinos no estado apresentou uma pequena elevação neste período (15%), o que reflete a adoção de tecnologias de intensificação da produção pecuária (PINO, 2009). O número de cabeças de bovinos por unidade de área neste período passou de 0,79 para 1,51. Esse fenômeno permitiu ampliar a produção e compensar a retração das áreas de pastagens, o que indica aumento da eficiência produtiva (IGREJA et al., 2008).

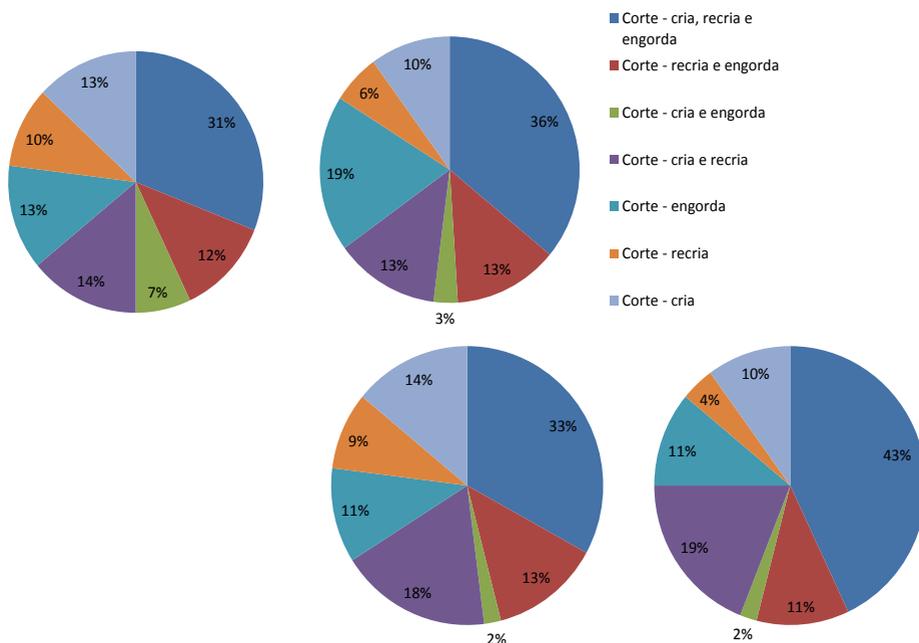
**Tabela 4.** Evolução da área colhida de cana-de-açúcar em detrimento da área ocupada com pastagens no estado de São Paulo

Estado de São Paulo	1970	1975	1980	1985	1996	2006
Área colhida de cana-de-açúcar (ha)	580.487	689.485	1.073.120	1.694.994	2.124.499	2.990.211
% de área total	2,84	3,35	5,32	8,37	12,23	17,90
Área de pastagem (ha)	11.463.597	11.354.907	10.306.302	9.926.264	9.061.514	6.899.378
% de área total	56	55	51	49	52	41
Efetivo de bovinos	9.110.633	11.451.139	11.685.216	12.210.369	12.306.790	10.433.021
Nº de bovinos/ área de pastagem	0,79	1,01	1,13	1,23	1,36	1,51

Fonte: IBGE – Censo Agropecuário (2006).

Fatores como o elevado valor da terra, o vasto número de plantas frigoríficas habilitadas para exportação de carne bovina in natura para a União Européia (23%) e a estrutura portuária que, no ano de 2011, exportou 72% do volume total exportado de carne bovina ((MDIC, 2013), levou o estado de São Paulo a concentrar-se na fase de

terminação de bovinos de corte. Os dados censitários de 2006 apontam que 19% do rebanho de bovinos de corte do estado de São Paulo estavam em estabelecimentos rurais especializados apenas na fase de engorda (Figura 9). Este mesmo percentual do rebanho do Mato Grosso encontrava-se em estabelecimentos rurais especializados nas fases de cria e recria de bovinos de corte. Enquanto que mais da metade do rebanho de corte do Mato Grosso do Sul e 43% do gado do Mato Grosso encontravam-se em estabelecimentos rurais que desenvolvem o ciclo completo de produção, ou seja, trabalham com as fases de cria, recria e engorda.



**Figura 9.** Distribuição dos rebanhos bovinos dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso de acordo com a fase prioritária da produção de bovinos de corte: cria, recria e/ou engorda. Fonte: IBGE (2006).

## **Amazônia Legal – Regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste**

As Regiões Norte e Centro-Oeste abrigam 55% do rebanho bovino brasileiro (IBGE, 2013), sendo, juntamente com a região Nordeste, as que registraram a maior expansão do efetivo bovino nacional dos últimos dez anos. Compondo parte dessas regiões, a Amazônia Legal é uma área que reúne todos os estados da região Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), o maior estado da região Centro-Oeste (Mato Grosso) e ainda, parte do estado do Maranhão, na região Nordeste, representando 59% do território brasileiro (IBGE, 2007). O bioma Amazônia predomina em cerca de 60% da Amazônia Legal, sendo o restante formado pelo bioma Cerrado (VALENTIM; ANDRADE, 2009). Na área englobada pela Amazônia Legal, na região Norte, assim como no restante da região Centro-Oeste, grande parte da atividade pecuária ainda é desenvolvida em áreas tipicamente de fronteira agrícola, sob diferentes níveis tecnológicos, porém, com predominância de um modelo mais extensivo, com baixo uso de tecnologia (DIAS-FILHO, 2011a; 2013; MACEDO, 2005; VALENTIM; ANDRADE, 2009). Nesses locais, a degradação das pastagens tem sido um grande problema para a pecuária, estando diretamente associada à baixa produtividade dessa atividade e ao desmatamento, causando prejuízos econômicos e ambientais (MACEDO, 2005; DIAS-FILHO & ANDRADE, 2006). Em decorrência dessa realidade, estima-se que cerca de 30 milhões de hectares das áreas de pastagens na Amazônia Legal (cerca de 50% do total dessas pastagens) estariam degradados ou em processo de degradação (DIAS-FILHO, 2011b), isto é, seriam pastagens improdutivas ou de baixa produtividade.

Com a maior expansão do efetivo bovino nos últimos anos, dentre as regiões de fronteira agrícola do país, a região Norte, que inclui todos os estados componentes da Amazônia Legal, com exceção do Mato Grosso e do Maranhão, é hoje considerada a principal fronteira agrícola para a atividade pecuária do Brasil (DIAS-FILHO, 2010; 2011a; 2013).

Dessa forma, como para os próximos 10 anos são projetados aumentos nas taxas anuais de crescimento da produção (2,0%), do consumo (3,6%) e da exportação (2,5%) brasileira de carne bovina (BRASIL, 2013), do mesmo modo, seria possível prever que deverá aumentar a contribuição da região Amazônica (Amazônia Legal) para suprir essa demanda (DIAS-FILHO, 2014a). Assim, com crescente relevância econômica, social e ambiental nos cenários nacional e internacional, a pecuária desenvolvida na Amazônia Legal tem sido e deverá continuar a ser um dos principais temas do debate sobre o desenvolvimento sustentável dessa região.

O modelo de desenvolvimento da pecuária nas Regiões Norte e Centro-Oeste, ou mais especificamente, na Amazônia Legal, tem seguido o mesmo padrão de desenvolvimento das demais áreas de fronteira agrícola do país. Segundo Dias-Filho (2010, 2011a, 2013), no caso particular da pecuária, o modelo de desenvolvimento dessa atividade, em áreas de fronteira agrícola, divide-se em duas fases, conforme resumido a seguir.

- 1) Fase primária (Fase 1, ou de crescimento horizontal), que se distingue por fluxo migratório inicial intenso de produtores e rápida taxa de expansão da pecuária.
- 2) Fase secundária (Fase 2, ou de crescimento vertical), marcada por eventos de abandono ou de intensificação da atividade pecuária.

Na fase primária, a rápida expansão inicial baseia-se em pecuária predominantemente extensiva, desenvolvida sobre terras abundantes, baratas e desprovidas de infraestrutura adequada. Nessa fase, prevalece postura mais especulativa do que empresarial da atividade pecuária, sendo que, muitas vezes, busca-se o lucro via a compra e a venda das terras e da madeira, obtida no desmatamento dessas áreas. Na Fase 1, a produtividade real da atividade pecuária pode ficar muito aquém da sua produtividade potencial, em decorrência do baixo grau de intensificação (i.e., tecnologia) que é empregado. Portanto, na fase primária de desenvolvimento da atividade pecuária na fronteira

agrícola, o aumento da produção é alcançado predominantemente via a expansão das áreas de pastagem. Isto é, predomina o crescimento horizontal da atividade pecuária.

A fase secundária de desenvolvimento da produção animal na fronteira agrícola geralmente instala-se concomitantemente com a gradativa escassez na disponibilidade de terras e a elevação do seu preço nessas áreas. Essa fase é marcada por eventos de abandono ou de intensificação da atividade pecuária. O abandono é liderado, sobretudo, por produtores rurais com uma visão mais pioneira (i.e., extensiva) do que empresarial sobre a atividade pecuária, ou, em menor escala, por aqueles que simplesmente optam por migrar para outras atividades produtivas dentro da mesma região. A intensificação é comandada por produtores que vêem a incorporação de tecnologia e o aumento da produtividade da pecuária como as estratégias mais eficientes para torná-la economicamente sustentável. Assim, atividades secundárias, como a compra e a venda de terra e a venda de madeira deixam de ser o objetivo-fim por trás da atividade pecuária, passando-se a priorizar a comercialização da produção (i.e., carne e leite), como a forma preferencial de auferir lucros dessa atividade. Nesse caso, predomina o crescimento vertical da atividade pecuária. Isto é, a condução da pecuária sofre um processo de refinamento, aumentando a importância da adoção, pelos produtores, de uma postura mais profissional acerca dessa atividade na fronteira agrícola. Nessa fase, estreita-se a distância entre a produtividade real e a produtividade potencial, sendo que o aumento da produção na atividade pecuária a pasto é alcançado predominantemente pela intensificação (i.e., uso de tecnologia).

O histórico da evolução da pecuária nas regiões Norte e Centro-Oeste e, de modo geral, na Amazônia Legal exemplifica, com precisão, o padrão de desenvolvimento discutido acima. Assim, embora a atividade pecuária na Amazônia tenha iniciado em meados dos anos de 1600, com base em pastagens nativas, foi somente a partir de meados da década de 1960 que passou a se desenvolver uma fase de rápida expansão da pecuária de corte nessa região (DIAS-FILHO, 2013).

Essa expansão foi fundamentada na formação de pastagens em áreas originalmente sob vegetação de floresta e de cerrado, tendo sido particularmente rápida nos estados do Pará e do Mato Grosso (DIAS-FILHO, 2013).

A princípio, expansão da pecuária na região amazônica foi, em parte, estimulada pela deficiência crônica na produção e, conseqüentemente, no abastecimento de carne bovina in natura nessa região, que penalizou a população local, principalmente os mais pobres, por cerca de dois séculos (de meados dos anos de 1800 até o final dos anos de 1960) (DIAS-FILHO, 2013). Essa situação de desabastecimento tornava o desenvolvimento da pecuária de corte atrativo, pois garantia mercado para a produção de carne bovina in natura na região. No entanto, a política de concessão de incentivos fiscais em favor da Amazônia, instituída pelo governo federal a partir de 1966, foi um fator decisivo para estimular a expansão da pecuária de corte na Amazônia Legal (DIAS-FILHO, 2014a). Em decorrência dessa política de incentivos, houve migração massiva de grandes investidores para a Amazônia, sendo que, segundo dados compilados por Hecht (1982), até 1978, entre os estados da Amazônia Legal, o Pará e o Mato Grosso, juntos, haviam recebido cerca de 70% desses incentivos. Na época, esses empresários elegeram a pecuária de corte extensiva como a principal atividade econômica para investimento na Amazônia Legal. A conveniência da pecuária de corte extensiva para esse fim decorria da mesma exigir menor aporte de tecnologia, recursos financeiros e mão de obra para a implantação. Além disso, a pecuária de corte extensiva era a atividade passível de financiamento público que proporcionava a mais rápida ocupação de área e o potencial de retorno de capital investido (DIAS-FILHO, 2011a, 2013, 2014b).

Dentro dessa conjuntura de expansão da pecuária, que predominou no início dos anos de 1960 e durante os anos de 1970, muitos projetos pecuários tinham o caráter meramente especulativo, visando à obtenção de crédito oficial a juros negativos e isenção de tributos. Mas, mesmo para aqueles projetos que não tinham tais fins, havia barreiras

tecnológicas para desenvolver uma pecuária mais racional e produtiva. A razão para isso era que até o final dos anos de 1970, praticamente não existiam tecnologias para a formação e o manejo de pastagens que pudessem ser eficientemente adaptadas para a região amazônica (DIAS-FILHO, 2013, 2014a). O resultado dessa conjuntura foi que erros graves no estabelecimento e no manejo das pastagens formadas na região amazônica eram frequentemente cometidos, resultando na baixa longevidade produtiva dessas áreas. Esse modelo inicial de desenvolvimento da pecuária na Amazônia Legal contribuiu muito para estigmatizar a pecuária nessa região como uma atividade pouco eficiente para a produção de alimentos e essencialmente danosa ao meio ambiente (DIAS-FILHO, 2013, 2014b).

A partir de meados da década de 1980, inicia-se uma fase de crescente redução na disponibilidade de terra de baixo custo em áreas da Amazônia Legal e, em particular, na região Centro-Oeste e em partes da região Norte. Essa redução foi decorrente do gradativo avanço da agricultura de grãos de alta tecnologia e do aumento nas pressões ambientais contra o desmatamento. Ademais, nesse período também foram diminuídas as oportunidades de financiamento público para a Amazônia Legal. Dentro desse cenário, surge uma fase de mudança de paradigma e de filosofia na criação de bovinos nessas regiões. Essa fase coincide com a maior disponibilidade de tecnologias para formação e manejo de pastagens, resultante de pesquisas sobre recuperação de pastagens degradadas, intensificadas pela Embrapa na região, a partir de meados dos anos de 1970 (DIAS-FILHO, 2013; DIAS-FILHO & ANDRADE, 2006; MACEDO, 2005; SERRÃO et al., 1979). Nesse período, aumentou gradativamente o número de produtores em busca de tecnologias para intensificação da atividade pecuária (aumento de produtividade), por meio do manejo adequado das pastagens ainda produtivas, da recuperação da produtividade de áreas desmatadas e improdutivas e do melhoramento genético do rebanho (DIAS-FILHO, 2011a). Nessa fase, passa a predominar o crescimento vertical da produção animal sobre o seu crescimento horizontal, ou seja, a extensificação da pecuária é substituída, gradualmente, pela intensificação.

Embora as atuais realidades socioeconômicas e ambientais predominantes em grande parte da Amazônia Legal conduzam ao desenvolvimento de pecuária cada vez menos extensiva, ainda ocorrem, com certa frequência, vícios de manejo praticados no passado. Essa situação resulta em baixa longevidade produtiva do pasto, a qual, em última análise pode incentivar o desmatamento para a formação de novas pastagens (DIAS-FILHO, 2014a, 2014b).

Dessa forma, considerando que os índices zootécnicos das pastagens na Amazônia Legal e, de modo particular, nas regiões Norte e Centro-Oeste ainda estão abaixo do seu real potencial produtivo, seria possível afirmar que, com a recuperação dessas áreas, a atual produção de carne e leite dessas regiões poderia elevar-se consideravelmente, sem a necessidade de derrubar uma só árvore (DIAS-FILHO, 2014b). Ademais, esse aumento de produtividade permitiria que parte das áreas atualmente sob pastagens nessas regiões, fosse convertida para outros fins agrícolas, florestais ou de preservação.

Para que esse objetivo seja alcançado, grande parte dos sistemas de produção praticados nessas áreas deve ser modernizada. A base dessa modernização deverá ser o melhoramento das pastagens através da reutilização das áreas onde a cobertura vegetal original foi erradicada, e que atualmente encontram-se abandonadas ou subutilizadas, reduzindo desmatamentos e tornando a atividade mais sustentável (DIAS-FILHO, 2011b; DIAS-FILHO et al., 2008; VALENTIM; ANDRADE, 2009).

Dessa forma, a recuperação de pastagens degradadas deverá ter papel decisivo nesse processo de modernização da pecuária nas regiões Norte e Centro-Oeste, tornando possível o aumento da produção sem a expansão das áreas de pastagem via desmatamento. Isto é, o aumento da produtividade e a preservação ambiental deverão ser o foco central dessa modernização, conciliando a crescente demanda mundial por proteína animal (segurança alimentar) com a redução dos desmatamentos (DIAS-FILHO, 2013, 2014b).

## Semiárido

A região Nordeste do Brasil com cerca de 1,56 milhões de km<sup>2</sup>, equivalente a 18,6% do território nacional e comporta a maior parte do Semiárido brasileiro, situado em sua porção central. A região semiárida brasileira abrange nove estados da federação, oito do Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe), além de parte situada no norte do estado de Minas Gerais (região Sudeste) (Figura 10). O Semiárido brasileiro totaliza área de 982.583 km<sup>2</sup>, na qual se enquadram 1.133 municípios, que têm como características: I. Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; II. Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e III. Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (BRASIL, 2005).



**Figura 10.** Delimitação do Semiárido brasileiro.

Fonte: Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Semiárido.

A região apresenta variedade de solos, ambientes e paisagens e possui como vegetação predominante a Caatinga que, em se tratando de bioma, é o único com distribuição geográfica restrita ao território nacional. O clima é do tipo semiárido, apresentando forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez e irregularidade temporal e espacial (SILVA et al. 2010). De acordo com o IBGE (2006) a população residente no Semiárido brasileiro é superior a 22 milhões de habitantes, o que corresponde a 11,98% da população brasileira em que mais de 6 milhões de pessoas são ocupadas em atividades agropecuárias com forte presença de pequenos empreendimentos de base familiar.

Segundo Saboya (2009), o produto interno bruto (PIB) dessa região equivale a 1/3 do valor da região Nordeste, com 17% de participação da agropecuária nesse total. Apesar de a agropecuária ter perdido, nas últimas décadas, em participação relativa para atividades industriais e serviços na composição do PIB regional, houve crescimento em valores absolutos.

Nesse contexto, a produção animal assume caráter de grande importância social, econômica e cultural, com destaque para a produção de caprinos, ovinos e bovinos. A criação de bovinos e caprinos destinados à produção de leite, assim como a criação de ovinos, caprinos e bovinos visando à produção de carne é praticada em toda a região. A pecuária contribui com a produção de alimentos para as famílias, para a geração de empregos e inserção social e produtiva, além de impulsionar cadeias produtivas que têm forte participação na economia regional (HOLANDA JÚNIOR et al., 2004), uma vez que em regiões semiáridas a agricultura dependente de chuva possui alto risco de insucesso fazendo com que a pecuária assumira papel de grande importância.

Correia et al. (2011), a partir de informações do IBGE (2006), relataram que o efetivo de bovinos da região Nordeste era da ordem de 27,88 milhões de cabeças representando 13,54% do plantel nacional, em que 49,70% desse total concentravam-se na zona semiárida. Em 2006,

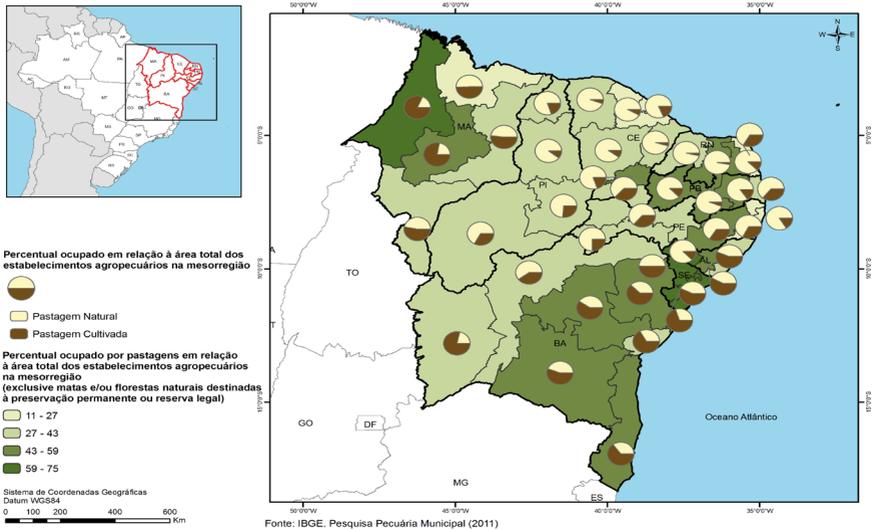
havia 9,61 milhões de caprinos e 9,38 milhões de ovinos na região Nordeste, aproximadamente 92% e 59% do rebanho nacional dessas espécies, respectivamente. Desse total, 5,77 milhões de caprinos e 6,25 milhões de ovinos concentravam-se dentro dos limites do Semiárido, perfazendo 70% e 60%, respectivamente, dos caprinos e ovinos da região Nordeste.

Nessa região, a pecuária leiteira bovina destaca-se no Agreste, faixa de transição entre a zona litorânea (mais úmida) e o sertão (mais seca) com a presença de importantes bacias leiteiras como a de Nossa Senhora da Glória/SE, Batalha/AL e Garanhuns/PE. Na pecuária de corte, o norte de Minas Gerais, o centro-sul e o centro-norte baiano são algumas das regiões com grandes plantéis.

A região semiárida brasileira tem destaque na criação de caprinos e ovinos de corte, em que mesorregiões como as dos Sertões Pernambucano, Baiano e Cearense, além do centro-norte e sudeste piauiense podem ser citadas como algumas das detentoras de grandes efetivos das duas espécies animais (Figura 2). A pecuária caprina leiteira, apesar de bem menos expressiva no âmbito regional quando comparada com a de corte, desponta principalmente nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, já com volumes consideráveis de produção.

A diversidade de condições edafoclimáticas, de relevo e de vegetação da região possibilita a exploração de grande variedade de plantas forrageiras, em sua maioria adaptadas ao clima quente e seco, dando suporte alimentar aos sistemas de produção pecuários. No entanto, a vegetação nativa (caatinga) é ainda o principal recurso forrageiro regional, usada como base alimentar para os rebanhos que na maioria das situações são criados de forma extensiva. Além disso, os sistemas produtivos dessa região caracterizam-se por apresentar modelos de exploração pecuários mistos, com ambiente compartilhado por bovinos, ovinos e caprinos em grande parte das situações.

Nas transições entre o sertão e o litoral e nas regiões menos secas (ex.: porções de áreas dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas e Bahia) a participação dos pastos cultivados em relação aos naturais é aumentada. Ou seja, embora no Semiárido a importância relativa dos pastos nativos e cultivados varie de acordo com o local, ambos são relevantes para a produção pecuária regional (Figura 11).



**Figura 11.** Percentual ocupado por pastagens naturais e nativas em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários nas mesorregiões do Nordeste, exclusive matas e/ou florestas destinadas à preservação permanente ou reserva legal. Elaborado por BETTIOL, G. M.

A diversidade regional reflete-se também sobre a composição florística da vegetação nativa a depender de diversos fatores como, por exemplo, o volume de precipitação pluviométrica e a fertilidade dos solos. A composição da vegetação nativa afeta a quantidade e a qualidade de forragem da caatinga e a taxa de lotação das áreas. Araújo Filho et al., (2006) relatam que a taxa de lotação de áreas de caatinga usadas em

pastejo pode variar de 1,0 a 22,0 ha UA<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Na Figura 12 a e b, são apresentadas imagens da caatinga servindo como pasto nativo para ovinos durante o período chuvoso e toda seca durante o período de estiagem.



Fotos: Tadeu Voltolini

**Figura 12.** Ovinos criados de forma extensiva em Caatinga no município de Juazeiro/BA (a). Caatinga hiperxerófila durante a época seca em Petrolina/PE (b).

Algumas plantas da caatinga têm bom potencial forrageiro, podendo ser cultivadas a fim de servirem de alimentos aos rebanhos. Para essa finalidade pode ser citadas a maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) e a pornunça (*Manihot* sp.). Há também uma série de plantas forrageiras exóticas que podem ser utilizadas na região semiárida, sendo que algumas delas apresentam maior exigência hídrica, como os capins dos gêneros *Pennisetum*, *Urochloa* (syn. *Brachiaria*), *Megathyrsus maximus* (syn. *Panicum maximum*) e *Cynodon*, que são utilizados em localidades com maior índice pluviométrico ou em áreas irrigadas.

Outras plantas podem ser cultivadas em áreas dependentes de chuva como sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench e *Sorghum vulgare* (Pers.), leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam). de Wit.), gliricídia (*Gliricidia sepium*), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), melancia-forrageira

(*Citrullus lanatus* cv. Citroides), algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy), capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth), capim-gramão (*Cynodon dactylon*, (L.) Pers.), palma-forrageira (*Opuntia Ficus-Indica* (Mill.) e *Nopalea cochenifera*) e, sobretudo, o capim-bufel (*Cenchrus ciliaris* L.). Essas últimas destacam-se pela alta resistência à seca e elevada produção de biomassa, mesmo em condições de elevada temperatura e baixa precipitação.

O capim-bufel (Figura 13 a e b), em especial, destaca-se pela resistência à seca, sendo uma planta perene, propagada principalmente por sementes e com bom potencial produtivo para a região. Em Petrolina/PE, a produção de forragem de pastos de capim-bufel alcançou 8.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS. Aliado a isso, quando pastejado por bovinos, os ganhos de peso obtidos podem ser superiores a 0,5 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (OLIVEIRA, 1993). Com ovinos em crescimento, Voltolini et al. (2011) relataram taxas de lotação de 10 animais ha<sup>-1</sup> e ganhos de 0,064 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> quando os animais foram mantidos exclusivamente em pastos diferidos de capim-bufel durante o período seco do ano.

O capim-bufel é uma planta forrageira que pode ser utilizada em pastejo direto tanto na estação chuvosa quanto na seca. Nesse último caso, como pasto diferido, que é a forma predominante de aplicação na região semiárida. Pode ainda ser usado para o corte, visando à obtenção de forragem para ser conservada na forma de feno ou silagem, ou até mesmo ser fornecida in natura.



Fotos: Tadeu Voltolini

**Figura 13.** Capim-bufel durante a época chuvosa do ano (a). Pasto de capim-bufel diferido, pastejado por caprinos (b).

A palma forrageira pertence à família Cactácea, tem origem no México e possui cerca de 300 espécies (BRITTON; ROSE, 1963) sendo mais conhecidas a *Opuntia ficus-indica* Mill e *Napalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck. O cultivo de ambas as espécies encontra-se bem difundido em diversas partes do mundo (ANAYA-PERÉZ, 2001), com múltiplo propósito como a produção de frutas, corantes, cosméticos, alimentação humana e como forragem, sendo que esta última é a principal forma de uso no Brasil. Em território nacional, estima-se que existam cerca de 500.000 ha plantados com a palma, que são utilizados para a alimentação de rebanhos (SANTOS et al., 2006). A maior parte dessa área está na região semiárida do país, conhecida por apresentar características climáticas extremas, com temperatura média do ar elevada, da ordem de 27°C, evaporação potencial que supera 2.000 mm por ano e precipitação total acumulada de no máximo 800 mm anuais concentrados no período de três à cinco meses (LIMA et al., 2011).

A palma forrageira é uma planta do tipo CAM (Metabolismo do Ácido das Crassuláceas) com grande capacidade adaptativa ao estresse por déficit hídrico. As plantas CAM absorvem o gás carbônico para a fotossíntese no período noturno, quando o déficit de pressão de vapor

atmosférico é mais baixo e perdas por evapotranspiração menores, permitindo maior eficiência de uso da água. A palma possui um elevado potencial de produção, porém necessita de adubação, controle de plantas daninhas e densidade de plantio adequados para expressar seu potencial produtivo. As três cultivares de palma-forrageira mais difundidas no Semiárido brasileiro são: a Gigante, a Redonda e a Miúda, as quais sob os métodos atuais de cultivo, especialmente os adensados e bem manejados, podem apresentar elevada produção de forragem (NEVES et al., 2010). É usada predominante durante o período seco do ano, a fim de suprir as carências em quantidade e qualidade de forragem dessa época, sendo fornecida in natura picada ou na forma de farelo.

O zoneamento agroclimático utiliza dados climáticos e pedológicos para identificação de áreas adequadas ao cultivo de uma determinada espécie (SILVA, 2006; MOURA et al., 2004) e constitui-se uma importante ferramenta de suporte à seguridade rural (uma vez que facilita a tomada de decisões, a adoção de técnicas apropriadas para diminuir riscos e aumentar a produtividade) e à concessão de crédito ao produtor. Essa ferramenta tem se tornado particularmente útil nos últimos anos para analisar o efeito das mudanças climáticas na geografia de produção de diferentes espécies. Em alguns casos, observa-se que poderá haver uma mudança nas áreas de produção, sobretudo na região Nordeste do país, onde varias áreas se tornarão inadequadas para cultivo de determinadas espécies. Em outras situações, algumas espécies passarão a ser produzidas em locais que antes eram considerados impróprios. Estudos indicam que em condições de incremento de CO<sub>2</sub> atmosférico, alternância de temperaturas diurna e noturna em torno de 15/25°C, respectivamente, e umidade relativa noturna em torno de 60%, a palma poderá ser beneficiada com incremento na sua produtividade (DRENNAN; NOBEL, 1998). Todavia, ainda não foram observados os impactos do aumento da temperatura nas áreas de produção desta espécie (Figura 14).



Fotos: Tadeu Voltolini

**Figura 14.** Áreas de cultivo da palma-forrageira.

Tanto o capim-bufel quanto a palma-forrageira são culturas de grande relevância para a região semiárida brasileira, sendo dois dos principais recursos forrageiros da região, sustentando importantes regiões produtoras. Possíveis impactos de mudanças no clima sobre essas culturas poderão promover consideráveis mudanças no aporte forrageiro e, conseqüentemente, na produção de ruminantes da região com reflexos sobre a segurança alimentar, aspectos sociais e econômicos e na manutenção das pessoas nas áreas rurais. Dessa forma, é muito importante observar as faixas de aptidões climáticas dessas plantas forrageiras e a simulação de impactos futuros que possíveis mudanças no clima promoverão sobre elas.

## Região Sul

A vegetação campestre nativa do sul do Brasil, chamada de campo nativo, está incluída em dois biomas na classificação do IBGE (2004): no Pampa, correspondente à metade sul do estado do Rio Grande do Sul, e no bioma Mata Atlântica. Este último inclui áreas de campos no Planalto Sul-Brasileiro, formando mosaicos com as florestas na metade norte do Rio Grande do Sul (RS) e nos estados de Santa Catarina (SC) e Paraná (PR) (OVERBECK et al., 2009).

Boldrini (1997) descreve seis regiões fisionômicas para os Campos do RS, considerando variações florísticas locais associadas com clima, topografia e heterogeneidade dos solos. A composição botânica pode variar também, em pequenas áreas e mesmo entre poteiros, conforme o ano, o tipo de solo e o manejo a que é submetida. Estes fatos demonstram a complexidade de utilização das mesmas de um modo sustentável (CARAMBULA, 1991).

Segundo Hasenack et al., (2007), a cobertura natural ou seminatural da vegetação campestre atualmente é de 64.210,09 km<sup>2</sup>, o que significa dizer que foram suprimidos 51% da vegetação campestre original, com finalidade econômica, para agricultura ou silvicultura, e para urbanização.

Em 2012, o Brasil abateu 31,118 milhões de cabeças de gado bovino, resultando em 7,351 milhões de toneladas e superando o recorde anterior, estabelecido em 2007 (IBGE, 2013). A Região Sul do Brasil foi responsável por 11,9% dessa produção. No ranking dos estados com maior número de bovinos abatidos, o Rio Grande do Sul ocupou o 8º lugar, seguido do Paraná em 9º e ficando Santa Catarina em 13º (IBGE, 2013).

Em termos de efetivo bovino, o Rio Grande do Sul ocupa o 6º lugar no país, com cerca de 6,7% dos animais, o que representa 14,1 milhões de cabeças. O Paraná fica em 10º, com 9,4 milhões de cabeças e Santa Catarina em 13º, com 4,0 milhões (IBGE, 2012).

Os sistemas de produção de bovinos para corte são predominantemente a pasto, com intensificação variável. O percentual de animais abatidos que foram terminados em confinamento corresponde a apenas 2,28% no estado do Rio Grande do Sul, 2,90% no Paraná e 3,99% em Santa Catarina (CEZAR et al., 2005). Apesar de a pecuária de corte estar distribuída em toda a Região, há maiores concentrações do rebanho na metade oeste do Rio Grande do Sul e noroeste do Paraná (CEZAR et al., 2005).

Em 540 propriedades pesquisadas no Rio Grande do Sul, foram identificados 16 sistemas de produção com bovinos de corte. Cada sistema identificado foi gerado pela combinação de atividades produtivas consideradas relevantes nas propriedades agrícolas. Entre as atividades encontradas, pode-se citar a produção vegetal própria e a existência de outras atividades de criação animal (UFRGS, 2004). Os três sistemas mais comuns no estado segundo esse estudo são a criação de bovinos de corte contemplando o ciclo completo (cria, recria e terminação) combinada com produção vegetal na mesma propriedade (16%), bovinos de corte em ciclo completo sem produção vegetal (10,7%) e bovinos de corte em ciclo completo e outros animais sem produção vegetal (10,2%) (RIBAS; MASSUQUETTI, 2008).

Na produção de leite, a Região Sul é a segunda do país, com 33,2% da produção nacional e contando com o segundo (RS), terceiro (PR) e quinto (SC) estados do ranking (IBGE, 2012). Concentra o maior número de microrregiões mais produtivas, com as mais altas densidades de produção, localizadas principalmente no norte do Rio Grande do Sul, oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná (ZOCCAL et al., 2011). Nessa grande área produtora, destacaram-se 60 microrregiões, que produziram cerca de 10 bilhões de litros. O rebanho estimado é de 3,7 milhões de cabeças, e a produção por animal é de 2.628 litros/vaca/ano. Os três estados que compõem a Região Sul aumentaram 654 milhões de litros de leite de 2009 para 2010 (ZOCCAL et al., 2011). Como em outras regiões, os sistemas de produção de leite são bastante diversificados.

Há também rebanho ovino concentrado principalmente no Rio Grande do Sul, que totalizam aproximadamente 4 milhões de cabeças, nas Mesorregiões da Fronteira Oeste e Campanha. Além de carne, esse rebanho produz 91,3 % da lã brasileira (IBGE, 2012).

## Cenários climáticos

Utilizaram-se dados climáticos observados de 1961-1991 de 285 estações meteorológicas como cenário atual. Os cenários climáticos foram gerados a partir dos modelos de circulação global PRECIS (*Providing Regional Climates for Impacts Studies*) e ETA-CPTEC (ETA - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos) (MARENGO et al., 2007, 2009, 2012; CHOU et al., 2012). Projeções regionalizadas dos dois modelos de circulação global foram utilizadas para projetar o clima futuro nos períodos de 2012-2040 (cenário 2025) e 2042-2070 (cenário 2055). Para o modelo PRECIS, as projeções foram feitas considerando-se os cenários A2 (alta emissão de CO<sub>2</sub>; PRECIS A2) e B2 (baixa emissão de CO<sub>2</sub>; PRECIS B2) descritos no Special Report on Emissions Scenarios (NAKICENOVIC et al., 2000; MARENGO et al., 2007, 2009). Para o modelo ETA-CPTEC, as projeções foram baseadas no cenário A1B descrito no Special Report on Emissions Scenarios (NAKICENOVIC et al., 2000) e foram selecionadas de forma a representar resultados com alta (ETA ALTA) e baixa (ETA BAIXA) sensibilidade da temperatura global média (CHOU et al., 2012; MARENGO et al., 2012).

As projeções futuras foram realizadas pelo método  $\Delta$ , como utilizado por Marin et al. (2012). A partir das médias projetadas para o período atual (1961-1990) e cenários futuros (2012-2040 e 2043-2070), foram calculadas a diferenças médias de temperatura e chuva entre os períodos futuros e a referência. A partir de então, os valores de  $\Delta$  foram aplicados às séries climáticas das estações meteorológicas.

Dessa maneira foram gerados os cenários futuros PRECIS 2025 A2, PRECIS 2055 A2, PRECIS 2025 B2, PRECIS 2055 B2, ETA 2025 BAIXA, ETA 2055 BAIXA, ETA 2025 ALTA, ETA 2055 ALTA.

## Descrição dos modelos utilizados

### a. *Megathyrus maximus* (syn. *Panicum maximum*)

#### i. Modelo de estimativa de produção (adaptado de Pezzopane et al., 2016)

O modelo que estimou a produção da capim-tanzânia foi baseado no trabalho de Pezzopane et al. (2012) tendo sua parametrização alterada com a inclusão de dados de Juiz de Fora e Sobral (Figura 15).

O modelo foi baseado em estimativa dos parâmetros das regressões lineares simples entre a taxa de acúmulo – TA (variável dependente) de 54 ciclos de crescimento de cultivos irrigados e a variável agrometeorológica graus-dia (GD) (média do período).

Os valores diários de graus-dia (GD<sub>i</sub>) foram calculados empregando-se as equações:

$$GD_i = \left( \frac{T \max_i + T \min_i}{2} - T_b \right) \quad \text{para } T_{\min} > T_b \quad (\text{Eq. 1})$$

$$GD_i = \frac{(T \max_i - T_b)^2}{2(T \max_i - T \min_i)} \quad \text{para } T_b > T_{\min} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que: (T max<sub>i</sub>) é a temperatura do ar máxima diária (°C); (T min<sub>i</sub>) é a temperatura do ar mínima diária (°C); (T<sub>b</sub>) é a temperatura-base (°C), sendo utilizado o valor de 14,3°C (Figura 15), obtida por meio da regressão linear entre a temperatura média do período e a taxa de acúmulo. O valor da T<sub>b</sub> foi estimado projetando a equação linear até o eixo x.

Na análise de regressão, a estimativa de produção de cultivos irrigados (taxa de acúmulo de matéria seca irrigado - TAMS<sub>i</sub>), baseada na variável graus-dia (GD), foi determinada pela equação:

$$TAMS_i \text{ (kg Ms ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}\text{)} = 10,76 * GD \quad (\text{Eq. 3})$$

Para verificar o efeito da disponibilidade hídrica no acúmulo de forragem foi utilizado um fator de penalização dado pelo armazenamento relativo de água no solo (PEZZOPANE et al., 2012), determinado pela divisão entre o armazenamento atual de água no solo pelo armazenamento máximo (fator denominado ARM) (variação de 0 a 1), ambos obtidos pelo balanço hídrico climatológico (THORNTHWAITE; MATHER, 1955). Dessa maneira a estimativa de produção de cultivos sem irrigação (taxa de acúmulo de matéria seca - TAMS) utilizada no mapeamento da produção foi determinado por:

$$TAMS \text{ (kg Ms ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}\text{)} = 10,76 * GD * ARM \quad (\text{Eq. 4})$$

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico, os valores de evapotranspiração potencial (ETP) foram estimados pelo método de Thornthwaite (1948), e os valores de evapotranspiração real (ETR) foram obtidos a partir do balanço hídrico sequencial quinquidial.

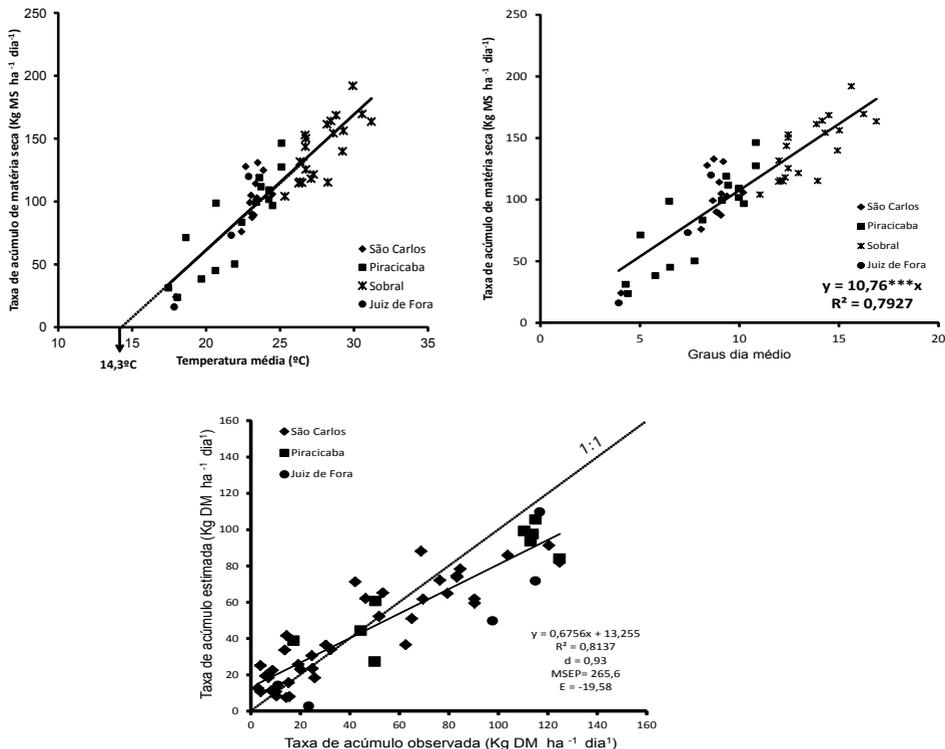


Figura 15. Estimativa da produção anual (kg de matéria seca) de *P. maximum* cv. Tanzânia para o território brasileiro em solos de textura média

## ii. Procedimento de estimativa de produção para séries climáticas (baseline e cenários futuros)

Os dados climáticos diários, tanto do cenário atual quanto dos cenários futuros, foram agrupados em médias (temperaturas máxima e mínima) e totais (chuva) decendiais sobre os quais se aplicou a equação de estimativa da produção (Equação 4). A partir das estimativas decendiais foi estimada a produção mensal (média dos três decêndios) e produção anual (média dos doze meses). As simulações foram realizadas de

maneira sequencial obtendo valores médios mensais e anuais para toda a série de dados dos cenários atual (*baseline*) e para cada um dos cenários futuros.

As simulações foram realizadas para quatro níveis de armazenamento de água no solo, caracterizando solos arenosos (40 mm), solos de textura média (60 mm), solos de textura argilosa (100 mm) e solos com impedimento ou rasos (20 mm).

### **iii. Procedimento de espacialização da produção**

A partir de uma matriz de dados gerada pelas simulações da produção anual do capim-tanzânia, a média da produção anual (*baseline*) assim como a porcentagem de variação da produção (para cada cenário futuro) em relação à produção atual foram interpolados e espacializados no software ArcGIS versão 9.3, por meio da extensão *Spatial Analyst*, utilizando o método Krigagem Ordinária.

## ***Urochloa (syn. Brachiaria)***

### **i. Modelo de estimativa de produção**

O modelo que estimou a produção da capim-marandu foi baseado no trabalho de Cruz et al. (2011). O modelo foi baseado em estimativa dos parâmetros das regressões lineares simples entre a taxa de acúmulo – TA (variável dependente) e a variável agrometeorológica graus-dia (GD) (média do período) corrigida pelo armazenamento relativo de água no solo.

Os valores diários de graus-dia (GD<sub>i</sub>) foram calculados empregando-se as equações:

$$GD_i = \left( \frac{T \max_i + T \min_i}{2} - Tb \right) \quad \text{para } T \min > Tb \quad (\text{Eq. 1})$$

$$GD_i = \frac{(T \max_i - Tb)^2}{2(T \max_i - T \min)} \quad \text{para } Tb > T \min \quad (\text{Eq. 2})$$

em que: (T max<sub>i</sub>) é a temperatura do ar máxima diária (°C); (Tmin<sub>i</sub>) é a temperatura do ar mínima diária (°C); (Tb) é a temperatura-base (°C), sendo utilizado o valor de 17,3°C (CRUZ et al., 2011), obtida por meio da regressão linear entre a temperatura média do período e a taxa de acúmulo.

Para verificar o efeito da disponibilidade hídrica no acúmulo de forragem, foi utilizado um fator de penalização dado pelo armazenamento relativo de água no solo (PEZZOPANE et al., 2012), determinado pela divisão entre o armazenamento atual de água no solo pelo armazenamento máximo (fator denominado ARM) (variação de 0 a 1), ambos obtidos pelo balanço hídrico climatológico (THORNTHWAITE; MATHER, 1955). Para o cálculo do balanço hídrico climatológico, os valores de evapotranspiração potencial (ETP) foram estimados pelo método de Thornthwaite (1948), e os valores de evapotranspiração real (ETR) foram obtidos a partir do balanço hídrico sequencial quinidial.

A estimativa da produção para séries climáticas e a espacialização da produção foram feitas seguindo os mesmos métodos utilizados para o capim-tanzânia.

## Capim-bufel (*Cenchrus ciliaris* L.)

As características de aptidão climática do capim-bufel foram obtidas a partir de estudo conduzido por Santos (2012). Foram registradas informações de exigências climáticas do capim-bufel por meio de revisão bibliográfica, consultas a especialistas e a partir de levantamento climático de regiões de origem, dispersão, bom desenvolvimento e adaptação da cultura. Para a formação do banco de dados de exigências climáticas do capim-bufel, foram tomadas informações climáticas de 108 localidades do Brasil e exterior incluindo regiões do México, Argentina, Estados Unidos, Índia e Indonésia.

Os parâmetros climáticos registrados foram os extremos de temperatura do ar, umidade relativa, precipitação pluvial e tolerância à seca e a geadas. Posteriormente, foram registradas as condições climáticas dos referidos municípios e regiões consultadas.

Diversos modelos para a aptidão climática do capim-bufel foram gerados e, a partir da opinião de especialistas sobre qual deles melhor representava a situação atual, foi selecionado o que levou em conta a temperatura média e a precipitação pluviométrica. Para cada uma das simulações considerou-se área apta com a presença de pelo menos 20% dos pixels que compõem o município com probabilidade de ocorrência maior ou igual a 0,6. As faixas ótimas de precipitação pluvial e temperatura média para o cultivo de capim-bufel foram consideradas, respectivamente: 348 a 1.027 mm e 22 a 29°C (SANTOS et al., 2011).

## Palma (*Opuntia*)

As faixas climáticas ideais para a palma forrageira foram estabelecidas por Souza et al. (2008). Segundo esses autores, os valores ideais de temperatura média para o cultivo da palma variam entre 16,1°C e 25,4°C, as temperaturas máximas e mínimas, entre 28,5 e 31,5°C e 8,6 e 20,4°C, respectivamente; enquanto a faixa ideal de amplitude

térmica (A) fica entre 10°C e 17,2°C e a precipitação ideal ao cultivo e boa produção da *Opuntia* sp situa-se entre 368,4 e 812,4 mm. Além disso, esses mesmos autores propuseram os limites ideais do índice de umidade resultante do balanço hídrico para o cultivo da palma, que se situa entre -65,6 e -31,8.

Considerando que a precipitação (P) e a amplitude (A) contemplam os indicadores hídricos e térmicos, os mapas para cada cenário climático, foram gerados a partir de uma planilha contendo a probabilidade mínima de 60% de ocorrência das condições ótimas para o cultivo da palma forrageira e considerando área mínima de 20% de cada município. Neste estudo, a faixa de precipitação entre 360 e 1100 mm ano<sup>-1</sup> e de amplitude entre 10,0 e 17,0°C foram consideradas como ótimas para o cultivo da palma (SOUZA et al., 2008; MOURA et al., 2011).

### **Azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.)**

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é a mais importante forrageira cultivada na Região Sul do Brasil. Embora seja uma espécie dita hibernal, tem sido observado que o maior volume de produção de forragem ocorre no final do inverno e início da primavera. Isto seria devido essencialmente ao aumento da radiação solar e da temperatura, que são os principais parâmetros ambientais que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas de azevém (GRIFFITH; CHASTAIN, 1997).

A espécie cresce com temperatura média diária acima de 6°C e a taxa de crescimento tem seu pico com 18°C (WEIHING, 1963). Em relação ao frio, a espécie sobrevive bem – a região de cultivo nos EUA tem média das temperaturas mínimas entre -1 e -12 °C (EVERS et al., 1997). No entanto, há registro de que populações provenientes da América do Sul (p. ex. a cultivar LE 284) são menos tolerantes (NELSON et al., 1997). A temperatura máxima para o crescimento

do azevém está em torno de 25°C. Temperaturas mais altas inibem principalmente a formação de novos perfilhos (GRIFFITH; CHASTAIN, 1997).

A temperatura também é importante para a germinação e sobrevivência das plântulas, sendo necessária temperatura noturna de, no máximo, 24°C e uma relação temperatura diurna/noturna de 10/2 a 35/25°C (YOUNG et al., 1975; NELSON et al., 1992). No Rio Grande do Sul, têm sido observados episódios de morte de plântulas devido a ondas de calor durante o outono.

Outro aspecto relacionado às temperaturas elevadas é a maior ocorrência de doenças. A brusone é favorecida por alta umidade e temperaturas entre 20 e 28°C (TREVATHAN et al., 1994). Sua ocorrência tem sido observada tanto no outono quanto na primavera, em diferentes regiões do Rio Grande do Sul.

A disponibilidade hídrica afeta de forma muito importante o desenvolvimento e produtividade do azevém, e torna-se crítica em alguns momentos como no estágio de plântula, no estabelecimento da cultura ou no rebrote após um corte ou pastejo (GRIFFITH; CHASTAIN, 1997). A exigência mínima em termos de precipitação no período da cultura é em torno de 500 mm durante o ciclo (EVERS et al., 1997).

A fim de transformar esses parâmetros pontuais para uma base anual e considerando que a maior limitação para a espécie estaria na ocorrência de temperaturas altas, foram observados os meses em que ocorre o estabelecimento da cultura, especialmente a germinação em áreas de ressemeadura natural. Adotou-se, tentativamente, a temperatura máxima de 27°C (média mensal das máximas) como limite para o bom desenvolvimento da cultura. Considerou-se também que o cultivo seria interessante em áreas com pelo menos cinco meses de temperatura favorável a seu desenvolvimento.

Na região tradicional de cultivo do azevém, que contempla grande parte da Região Sul do Brasil, não ocorre seca durante o inverno. Assim, embora uma região mais ampla do Brasil, abrangendo parte do Sudeste, atenda ao critério de temperatura, a precipitação pode ser um fator limitante. Seguindo o critério relatado por Evers et al. (1997), foi estabelecida como zona apta ao cultivo do azevém aquela que atende aos critérios de temperatura e tem precipitação de ao menos 500 mm no período e outra, com menos de 500 mm de precipitação, considerada apta, porém exigindo o uso de irrigação.

Em uma primeira etapa, o mapa de adaptação para o cenário atual foi submetido à validação por pesquisadores da área de forrageiras, especialmente aqueles que trabalham em regiões onde ficaram os limites da zona de aptidão, como Paraná, São Paulo e Minas Gerais. As zonas de aptidão foram consideradas condizentes com a adaptação real da cultura, de acordo com a experiência desses profissionais. A partir de então, os critérios foram mantidos para aplicação nos modelos de cenários futuros, de forma semelhante às demais espécies.

Os municípios foram considerados “aptos” ou “aptos com irrigação” quando pelo menos 20% dos pixels da área apresentavam probabilidade maior ou igual a 0,6 para os seguintes critérios:

Área apta: pelo menos 5 meses consecutivos com média de temperatura máxima menor ou igual a 27°C e soma de precipitação maior ou superior a 500 mm.

Área apta com irrigação: pelo menos 5 meses consecutivos com média de temperatura máxima menor ou igual a 27°C.

## **Cenários futuros para a cultura**

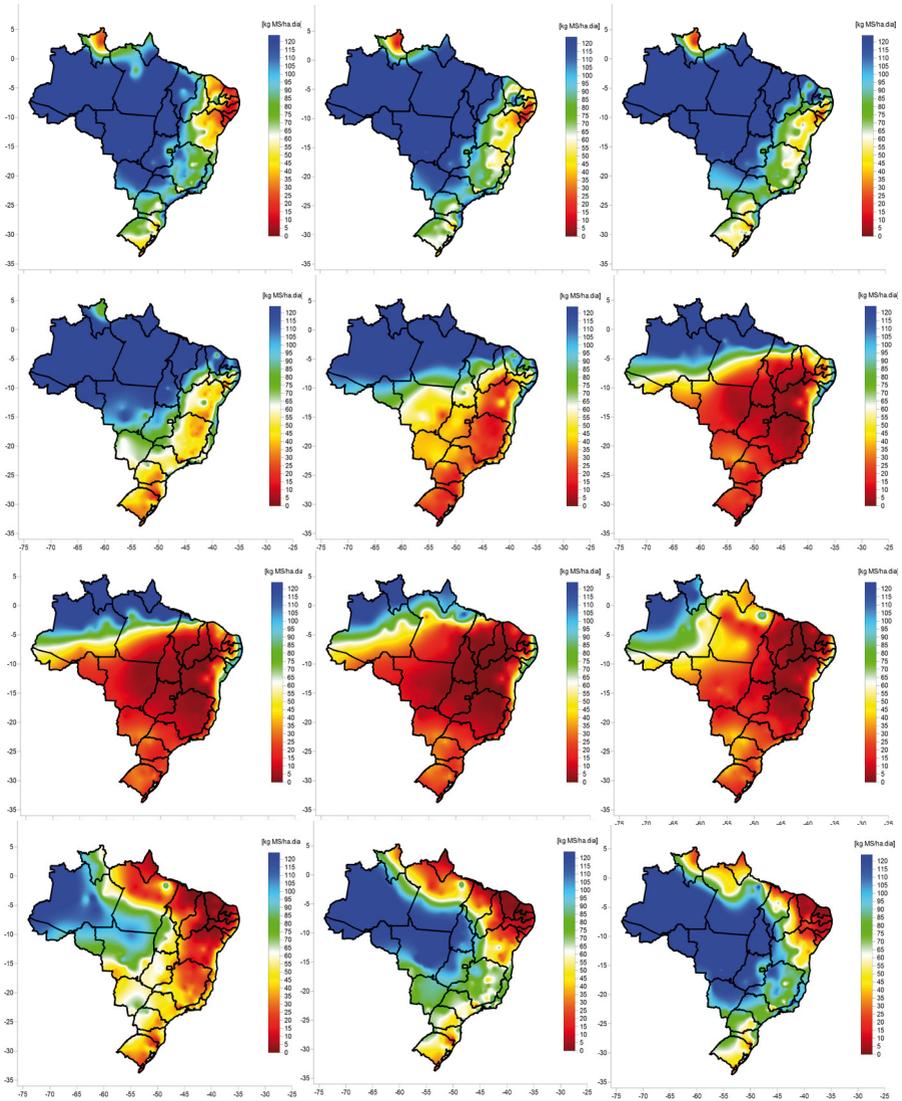
### **a. Capim-tanzânia (adaptado de Pezzopane et al., 2016)**

#### **i. Cenário atual**

A estimativa da produção anual do capim-tanzânia em solo de textura média está apresentada na Figura 16. Pode-se observar que existe diferença no potencial produtivo no país em função das condições climáticas. A menor produção média é obtida na região do Semiárido brasileiro (menos de 10.000 kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). Nessa região existem ocorrências médias anuais de 600 mm de chuva com grande variabilidade interanual tornando baixo o potencial produtivo. Pastagens nativas e espécies exóticas adaptadas às condições de baixa disponibilidade hídrica (ex: palma forrageira e capim-bufel) são as principais plantas utilizadas para alimentação animal nessa região atualmente (SANTOS et al., 2011).



observadas algumas variações quando comparadas as regiões. Na Região Sul, a baixa produção nos meses de outono e inverno está relacionada com as baixas temperaturas. Nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da Região Norte as baixas produções nessa época estão relacionadas com a ocorrência de períodos de deficiência hídrica. A retomada da produção nos estados do Centro-Oeste e Sudeste ocorre a partir de outubro ao passo que na maior parte da Região Nordeste as produções mais significativas ocorrem a partir de janeiro com picos produtivos até o mês de maio. Nos meses mais chuvosos (outubro a março), o maior potencial produtivo das Regiões Centro-Oeste e Norte está relacionado com as maiores temperaturas do ar em comparação às Regiões Sudeste e Sul.



**Figura 17.** Estimativa da taxa de acúmulo ( $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$  de matéria seca) de *P. maximum* cv. Tanzânia nos meses de janeiro a dezembro para o território brasileiro em solos de textura média. Elaborado por EVANGELISTA, S. R. M.

## ii. Impacto das mudanças climáticas no potencial produtivo de *P. maximum* no Brasil

Na Tabela 5 é apresentada a porcentagem de área do território brasileiro para classes de variação da produção anual de *P. maximum* cv. Tanzânia em dois cenários de mudanças climáticas (baixa e alta emissão) pelo modelo PRECIS em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 em três tipos de solo. De maneira geral os cenários do modelo PRECIS indicam um aumento no potencial produtivo da espécie no Brasil, pois em todas as análises para maior porcentagem de área do país é indicado uma variação positiva na produção. Para o cenário centralizado em 2025 (2013-2040) as maiores porcentagens de área indicam aumento de 0 a 10% na produção anual no cenário de baixa emissão e de 10 a 20% nos cenários de alta emissão. Já para o cenário centralizado em 2055 (2043-2070), as maiores porcentagens de área indicam aumento de 20 a 30% na produção anual nos cenários de baixa emissão e acima de 30% nos cenários de alta emissão.

Em todas as análises do modelo PRECIS, cerca de 80% do território do Brasil apresenta reflexos positivos na produção anual e em 20%, reflexos negativos, concentrados em decréscimo da produção em até 10% do valor anual. Para os cenários de 2055 ocorre aumento de áreas com queda de produção, principalmente na Região Nordeste do país.

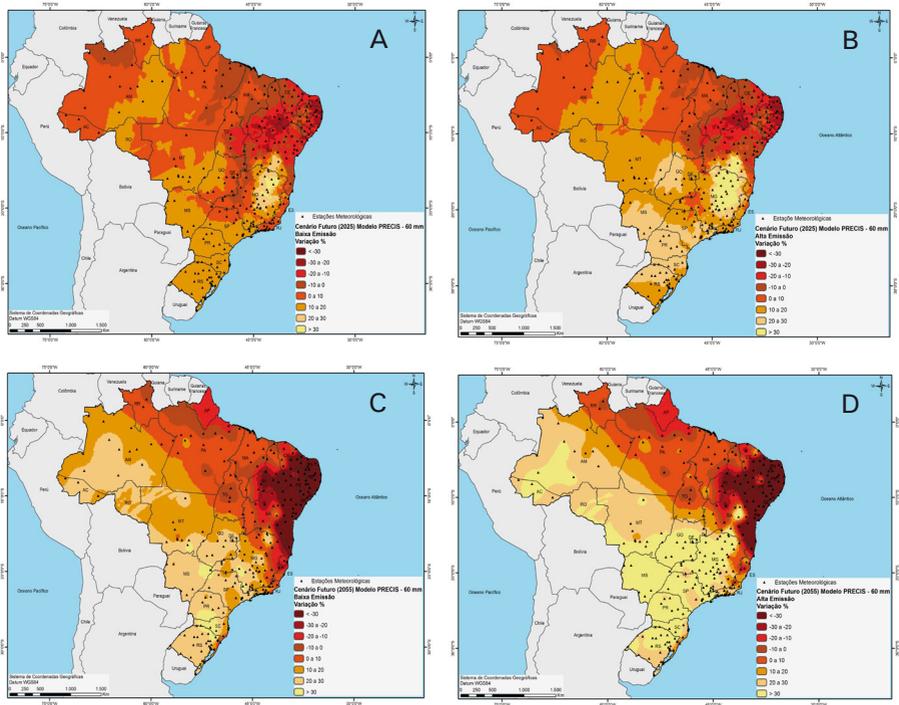
A Figura 18 apresenta a variação da produção anual de *P. maximum* cv. Tanzânia em dois cenários de mudanças climáticas pelo modelo PRECIS em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 para solos de textura média. Para o ano de 2025 no cenário de baixa emissão (Figura 19a), as maiores variações positivas (acima de 20% da produção) encontram-se nas regiões Sul e Sudeste e parte da Região Centro-Oeste. Em grande parte da Região Centro-Oeste, Norte e litoral do Nordeste o cenário é de neutralidade (variações entre -10 a 10% da produção anual) e na região central do Nordeste do país ocorrerá um cenário de decréscimo da produção (variação de -20% da produção anual). Para o mesmo ano no cenário de alta emissão (Figura 19b) os

resultados são semelhantes, com incremento das áreas de ganho de produção na Região Centro-Oeste.

No cenário para 2055 (2043-2070) (Figuras 19c e 19d) a mesma tendência da produção por região é verificada em relação aos cenários anteriores, com acentuação nos efeitos positivos ou negativos para as regiões, destacando-se o incremento da produção nas Regiões Sul e Sudeste e decréscimo de produção em grande parte da Região Nordeste do Brasil.

**Tabela 5.** Porcentagens de área do território brasileiro para classes de variação da produção anual de *P. maximum* cv. Tanzânia em dois cenários de mudanças climáticas pelo modelo PRECIS em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 em três tipos de solo

Tipo de solo	Ano	Cenário de emissão	Variação da produção (%) em relação ao Cenário atual							
			< -30	-30 a -20	-20 a -10	-10 a 0	0 a 10	10 a 20	20 a 30	> 30
			% da área do País							
Solo arenoso	2025	B.E.	0,0	1,1	6,3	16,3	38,6	35,2	2,0	0,5
		A.E.	0,0	1,1	4,6	10,5	31,3	35,6	13,9	2,8
	2055	B.E.	7,6	2,1	4,2	8,4	20,3	25,5	29,5	2,5
		A.E.	7,0	1,6	2,0	4,7	20,7	14,7	21,0	28,3
Textura média	2025	B.E.	0,1	1,9	7,0	15,5	41,8	31,4	1,9	0,4
		A.E.	0,1	1,6	5,0	10,3	30,8	36,4	13,0	2,6
	2055	B.E.	7,9	2,1	4,5	8,3	19,9	26,1	29,1	2,2
		A.E.	7,4	1,5	4,6	6,3	16,9	10,2	25,9	27,2
Solo argiloso	2025	B.E.	0,1	3,2	6,9	14,3	44,1	29,3	1,8	0,2
		A.E.	0,3	2,4	5,3	9,9	31,4	35,4	12,8	2,3
	2055	B.E.	8,5	2,0	4,4	8,9	19,0	25,6	29,5	2,1
		A.E.	8,0	1,4	4,6	6,8	16,6	9,2	25,8	27,6



**Figura 18.** Variação da produção anual de *P. maximum* cv. Tanzânia em dois cenários de mudanças climáticas pelo modelo PRECIS em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 para solos de textura média. Elaborado por BETTIOL, G. M.

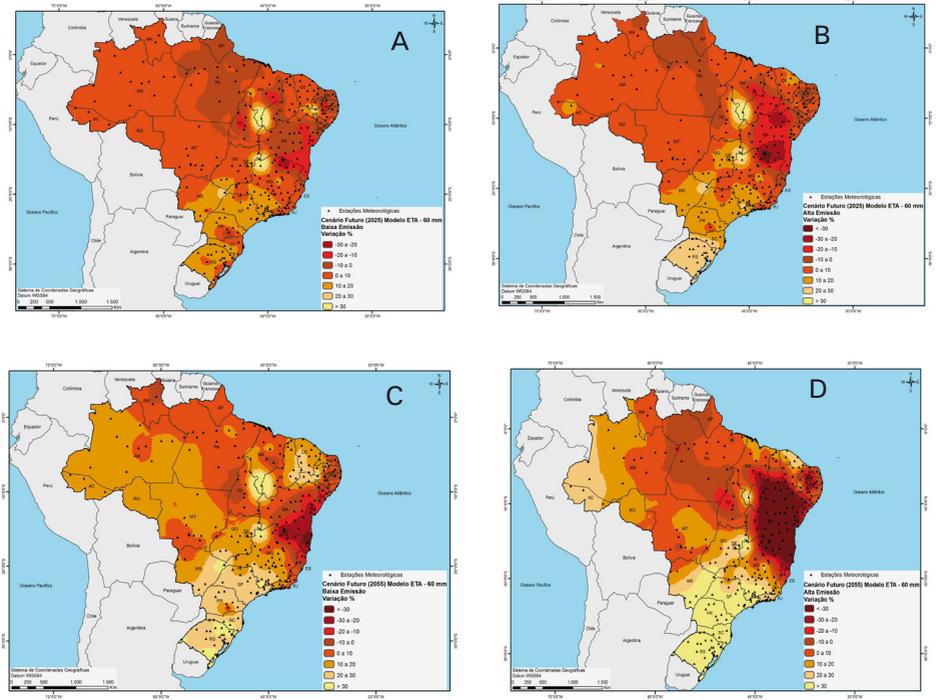
A Tabela 6 apresenta a porcentagem de área do território brasileiro para classes de variação da produção anual de *Megathyrus maximus* (syn. *Panicum maximim*) cv. Tanzânia em dois cenários de mudanças climáticas (baixa e alta variação na temperatura) pelo modelo ETA em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 em três tipos de solo. Assim como nos modelos PRECIS, o modelo ETA indica aumento de produção nos cenários apresentados. Contudo para esses modelos as variações são mais próximas da neutralidade, especialmente para o ano de 2025, quando cerca de 60% do país se apresenta com aumento de até 10% da produção. No ano de 2055 para o cenário de baixa alteração da temperatura, mais de 40% da área do país apresenta

aumento entre 10 e 20% na produção, e no cenário de alta alteração da temperatura, para o mesmo ano, os resultados são distintos para os tipos de solo. Em solos arenosos, maior porcentagem de área apresenta queda de produção entre 20 e 30%. Já para solos de textura média e solos argilosos, maior porcentagem apresenta aumento de produção até 10% dos valores atuais.

Na regionalização dos resultados para os solos de textura média (Figura 19) verifica-se mesmo comportamento do modelo PRECIS com aumento de produção nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e diminuição na Região Nordeste. Diferentemente do modelo PRECIS, os ganhos ou as perdas serão mais acentuadas (maiores variações em relação ao cenário atual) para o cenário de alta variação de temperatura, tantos no ano de 2025 quanto no ano de 2055.

**Tabela 6.** Porcentagens de área do território brasileiro para classes de variação da produção anual de *P. maximum* cv. Tanzânia em dois cenários de mudanças climáticas pelo modelo ETA em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 em três tipos de solo

Tipo de solo	Ano	Cenário de temperatura	Variação da produção (%) em relação ao cenário atual							
			< -30	-30 a -20	-20 a -10	-10 a 0	0 a 10	10 a 20	20 a 30	> 30
% da área do País										
Solo arenoso	2025	B.T.	0,0	0,4	3,3	20,2	59,8	13,8	1,3	1,2
		A.T.	0,2	1,3	6,0	13,8	58,5	14,2	5,1	0,9
	2055	B.T.	0,3	2,1	2,0	5,5	31,6	42,4	12,5	3,6
		A.T.	17,0	29,7	2,3	20,6	3,7	7,8	7,9	11,0
Textura média	2025	B.T.	0,0	0,3	3,5	21,0	59,5	13,7	1,1	1,0
		A.T.	0,3	2,0	5,6	13,8	58,4	14,1	5,0	0,8
	2055	B.T.	0,4	2,1	2,0	5,3	29,6	44,4	13,1	3,1
		A.T.	8,1	2,4	3,4	14,3	27,3	21,4	11,0	12,0
Solo argiloso	2025	B.T.	0,0	0,0	3,4	22,1	59,4	14,0	0,8	0,3
		A.T.	0,4	3,7	4,2	14,2	56,6	15,3	4,8	0,6
	2055	B.T.	0,9	1,7	1,8	5,1	28,6	45,0	14,0	2,8
		A.T.	9,6	2,6	6,9	25,9	24,6	17,3	5,4	7,7

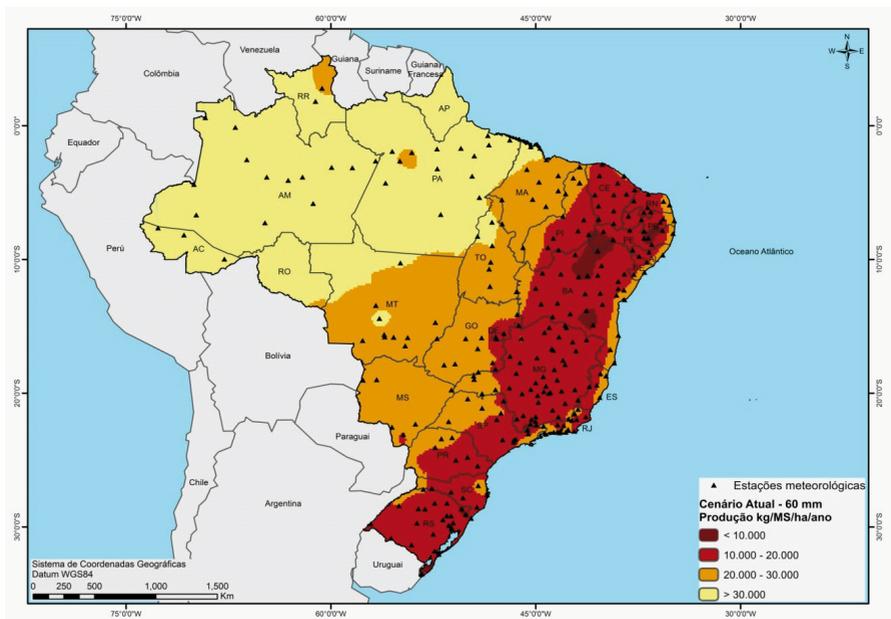


**Figura 19.** Variação da produção anual de *P. maximum* cv. Tanzânia em dois cenários de mudanças climáticas pelo modelo ETA em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 para solos de textura média. Elaborado por BETTIOL, G. M.

## b. Capim-marandu

### i. Cenário atual

A estimativa da produção anual do capim-marandu em solo de textura média está apresentada na Figura 20. Assim como para o capim-tanzânia, também se pode observar que existe uma diferença no potencial produtivo no país em função das condições climáticas. A menor produção média é obtida na região do semiárido, e a Região Norte apresenta o maior potencial produtivo, seguido pela Região Centro-Oeste e pela grande região próxima ao litoral.



**Figura 20.** Estimativa da produção anual (kg de matéria seca) de *B. brizantha* cv. Marandu para o território brasileiro em solos de textura média. Elaborado por BETTIOL, G. M.

## ii. Impacto das mudanças climáticas no potencial produtivo de *B. brizantha* cv. Marandu

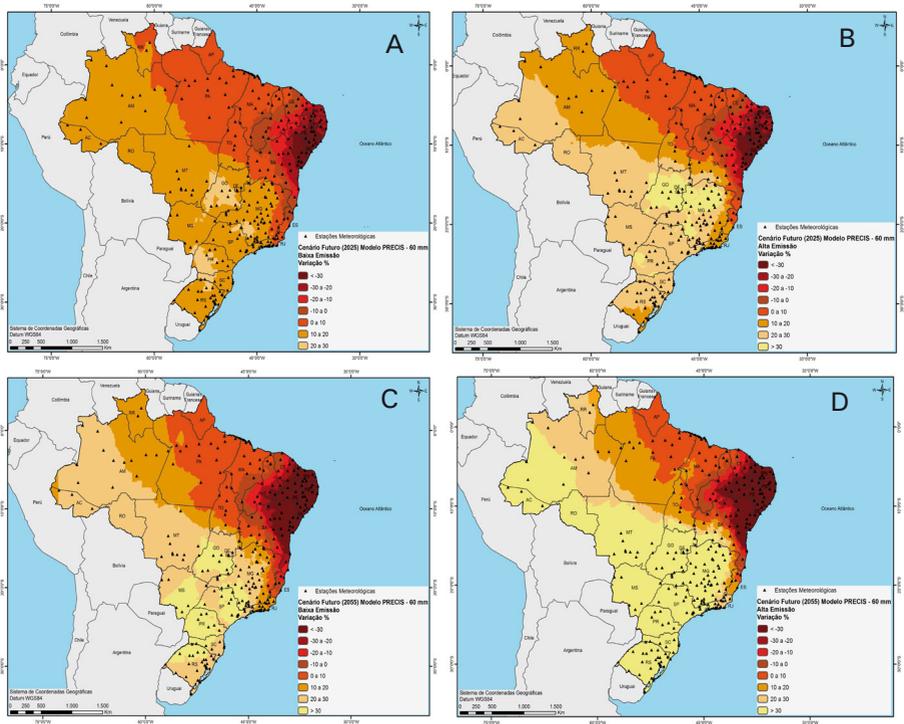
Na Tabela 7 é apresentada a porcentagem de área do território brasileiro para classes de variação da produção anual de *B. brizantha* cv. Marandu em dois cenários de mudanças climáticas (baixa e alta emissão) pelo modelo PRECIS em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 em três tipos de solo (textura arenosa, média e argilosa). Os resultados identificados nos cenários para o modelo PRECIS assemelham-se ao capim-tanzânia, isto é, maiores porcentagens de área do país têm estimativas de aumento de produção, concentradas nas faixas de até 30% para os cenários de baixa emissão nos anos de 2025 e 2055 e no cenário de alta emissão no ano de 2025.

Já para o cenário de alta emissão em 2055, maior porcentagem de área do país tem expectativa de aumento em mais de 30% da produção atual (Figura 21 d) para solos de textura média). Apesar disso existem regiões do país onde para esse cenário deverá ocorrer queda de produção, concentrado principalmente na Região Nordeste.

Nas análises dos cenários nas diferentes regiões do Brasil (Figura 21) percebe-se que os aumentos estão previstos para as Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

**Tabela 7.** Porcentagens de área do território brasileiro para classes de variação da produção anual de *B. brizantha* cv. Marandu em dois cenários de mudanças climáticas pelo modelo PRECIS em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 em três tipos de solo

Tipo de solo	Ano	Cenário de emissão	Variação da produção (%) em relação ao cenário atual							
			< -30	-30 a -20	-20 a -10	-10 a 0	0 a 10	10 a 20	20 a 30	> 30
			% da área do País							
Solo arenoso	2025	B.E.	2,0	2,7	3,0	5,0	28,4	53,1	5,8	0,0
		A.E.	1,8	2,3	2,5	3,1	19,4	26,4	38,6	5,9
	2055	B.E.	6,5	2,1	2,4	3,9	18,8	18,1	37,1	11,1
		A.E.	6,0	1,5	1,7	2,3	12,1	15,0	15,0	46,4
Textura média	2025	B.E.	2,4	2,8	2,8	5,1	28,2	54,4	4,3	0,0
		A.E.	2,5	2,0	2,5	3,1	20,1	25,4	38,6	5,8
	2055	B.E.	6,9	1,9	2,4	3,9	19,0	17,7	37,4	10,9
		A.E.	6,5	1,4	1,7	2,6	12,3	14,8	14,3	46,4
Solo argiloso	2025	B.E.	3,6	2,6	2,8	4,9	27,7	54,1	4,3	0,0
		A.E.	3,2	2,4	2,3	2,7	21,1	23,4	39,1	5,8
	2055	B.E.	7,8	1,7	2,2	6,2	16,7	14,2	40,8	10,5
		A.E.	7,1	1,4	1,6	2,6	15,0	12,5	12,7	47,2



**Figura 21.** Variação da produção anual de *B. brizantha* cv. Marandu em dois cenários de mudanças climáticas pelo modelo PRECIS em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 para solos de textura média. Elaborado por BETTIOL, G. M.

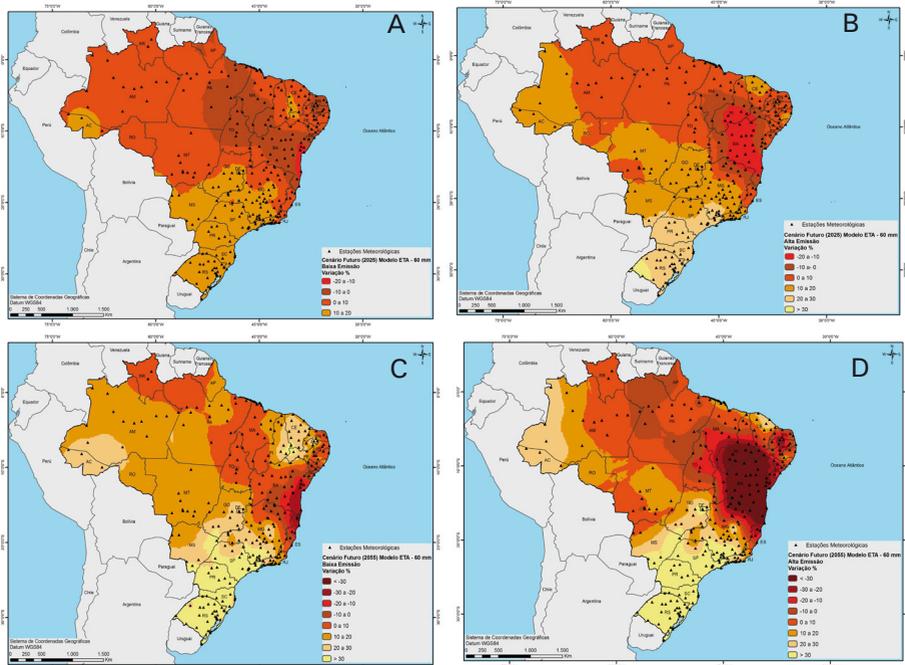
A Tabela 8 apresenta a porcentagem de área do território brasileiro para classes de variação da produção anual de *B. brizantha* cv. Marandu em dois cenários de mudanças climáticas (baixa e alta variação na temperatura) pelo modelo ETA em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055, em três tipos de solo. Assim como nos modelos PRECIS, o modelo ETA indica aumento de produção nos cenários apresentados. Contudo para esses modelos as variações são mais próximas da neutralidade, especialmente para o ano de 2025 onde próximos de 60% do país apresentam-se com aumento de até 10% da produção, assim como ocorrido para o capim-tanzânia.

Para o ano de 2055 o cenário de baixa variação da temperatura apresenta maiores porcentagens de área com maior aumento de produção em relação ao cenário de alta variação da temperatura, onde as maiores quedas de produção são previstas para a Região Nordeste (Figura 23) assim como nos cenários previstos pelo modelo PRECIS para esse mesmo capim ou para os cenários para o capim-tanzânia.

Na regionalização dos resultados para os solos de textura média (Figura 22) verifica-se mesmo comportamento do modelo PRECIS para esse espécie, com aumento de produção nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e diminuição na Região Nordeste.

**Tabela 8.** Porcentagens de área do território brasileiro para classes de variação da produção anual de *B. brizantha* cv. Marandu em dois cenários de mudanças climáticas pelo modelo ETA em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 em três tipos de solo

Tipo de solo	Ano	Cenário de temperatura	Variação da produção (%) em relação ao cenário atual							
			< -30	-30 a -20	-20 a -10	-10 a 0	0 a 10	10 a 20	20 a 30	> 30
% da área do País										
Solo arenoso	2025	B.T.	0,0	0,0	0,0	20,0	57,9	22,2	0,0	0,0
		A.T.	0,0	0,0	4,2	7,9	46,3	32,6	8,4	0,6
	2055	B.T.	0,0	0,8	1,5	3,1	23,8	46,4	13,7	10,7
		A.T.	7,7	3,1	4,8	13,9	28,7	19,4	10,6	11,8
Textura média	2025	B.T.	0,0	0,0	0,5	19,2	57,4	22,8	0,0	0,0
		A.T.	0,0	0,0	5,2	7,3	44,9	33,6	8,5	0,6
	2055	B.T.	0,1	1,1	1,3	3,0	22,5	46,1	15,5	10,4
		A.T.	8,1	3,2	4,5	14,0	27,5	18,6	12,1	11,9
Solo argiloso	2025	B.T.	0,0	0,0	1,0	18,4	56,5	24,0	0,0	0,0
		A.T.	0,0	1,0	5,8	6,7	39,6	37,5	8,7	0,7
	2055	B.T.	0,0	0,2	2,6	2,8	15,0	56,7	13,5	9,2
		A.T.	8,6	3,2	4,5	14,6	25,3	17,7	14,1	12,0



**Figura 22.** Variação da produção anual de *B. brizantha* cv. Marandu em dois cenários de mudanças climáticas pelo modelo ETA em comparação ao cenário atual para os anos de 2025 e 2055 para solos de textura média. Elaborado por BETTIOL, G. M.

### c. Capim-bufel

Na Tabela 9 são apresentados os valores de área (mil ha) de alto e baixo risco climático para o cultivo do capim-bufel considerando o cenário climático atual (*baseline*) e os cenários futuros previstos pelos modelos ETA e PRECIS. Na Figura 23 é apresentada a aptidão climática do capim-bufel no Brasil, considerando o cenário climático atual, baseado no parâmetro precipitação pluviométrica e temperatura média.

No cenário climático atual, a região de baixo risco compreende cerca de 95,668 milhões de ha (Tabela 9), e a aptidão está concentrada na Região Nordeste e no norte de Minas Gerais, regiões que abrangem o Semiárido brasileiro.

**Tabela 9.** Áreas (mil ha) de alto e baixo risco climático para o cultivo do capim-bufel considerando o cenário climático atual (*baseline*) e os cenários futuros previstos pelos modelos ETA e PRECIS.

Risco climático	<i>Baseline</i>	Cenário futuro/Modelo			
		A.E. 2025	A.E. 2055	B.E. 2025	B.E. 2055
<b>ETA</b>					
Alto risco	755908,5	754517,1	755259,0	755682,1	756174,5
Baixo risco	95668,2	97059,6	96317,7	95894,6	95402,1
<b>PRECIS</b>					
Alto risco	755908,5	757129,1	759198,0	755577,9	757831,0
Baixo risco	95668,2	94447,6	92378,7	95998,8	93745,7



**Figura 23.** Aptidão climática do capim-bufel no Brasil, considerando o cenário climático atual, baseado no parâmetro precipitação pluviométrica e temperatura média. Fonte: EVANGELISTA, S. R. M. Elaborado por BETTIOL, G. M.

De maneira geral, a simulação realizada pelo modelo ETA levando em consideração a precipitação pluviométrica associadas à temperatura média do ar revelou redução de área apta ao capim-bufel dentro da zona semiárida e incorporação de algumas áreas no entorno do Semiárido. Quando considerado todo o território brasileiro, não ocorreram grandes alterações no total de área de alto e baixo risco climático (Tabela 9).

Para os cenários climáticos previstos pelos modelos ETA (Figura 24) são estimadas reduções em áreas aptas para o cultivo do capim-bufel na Região Nordeste do Brasil, sobretudo na zona semiárida tanto para 2025 quanto para 2055. A diminuição em áreas aptas concentra-se na parte central e no norte da região semiárida, exceto para o cenário de 2055 em que grandes porções do Semiárido estariam fora da área apta para o cultivo dessa planta forrageira.

A previsão de aumento da temperatura do ar com conseqüente aumento da demanda hídrica, associado à redução das precipitações pluviais ocasionará aumento da deficiência hídrica prejudicando a implantação, persistência e produção dessa planta forrageira nas regiões do semiárido, com reduções em aptidão para o cultivo do capim-bufel

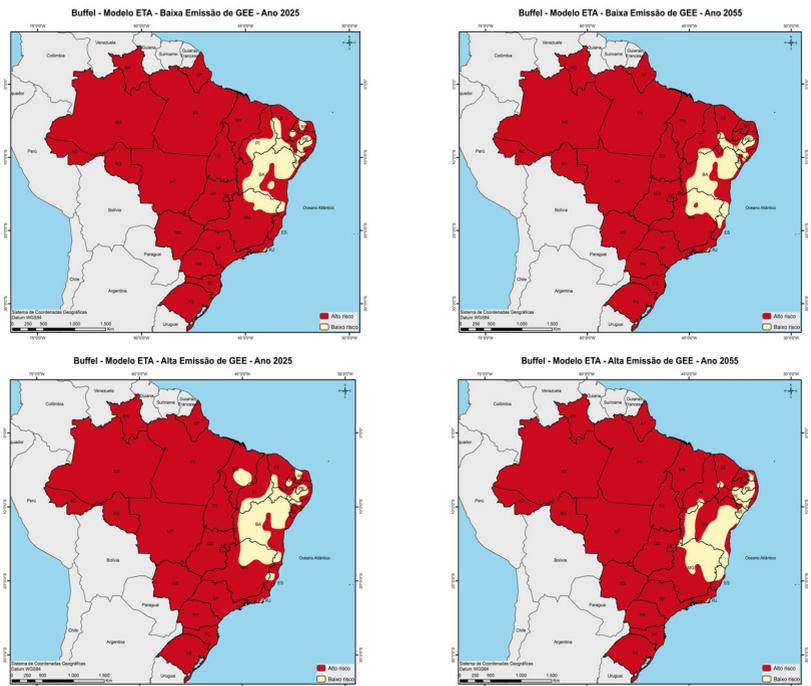
Por outro lado, outras regiões brasileiras como a Centro-Oeste, Norte e Sudeste, mais úmidas em comparação ao Semiárido e que atualmente apresentam menores deficiências hídricas, poderão tornar-se aptas ao cultivo do capim-bufel diante de possíveis mudanças climáticas futuras em um cenário mais quente e seco que o atual.

Pelo modelo PRECIS, também são estimadas reduções na área apta para o cultivo do capim-bufel no Semiárido (Figura 25). Embora por esse modelo as projeções para 2025, na condição de baixa emissão de carbono, as reduções sejam muito parecidas com as estimadas pelo ETA, sobretudo nas porções central e norte da região semiárida, para os demais cenários as diminuições estimadas são maiores, principalmente para o ano de 2055 com grandes áreas do Semiárido fora da zona apta.

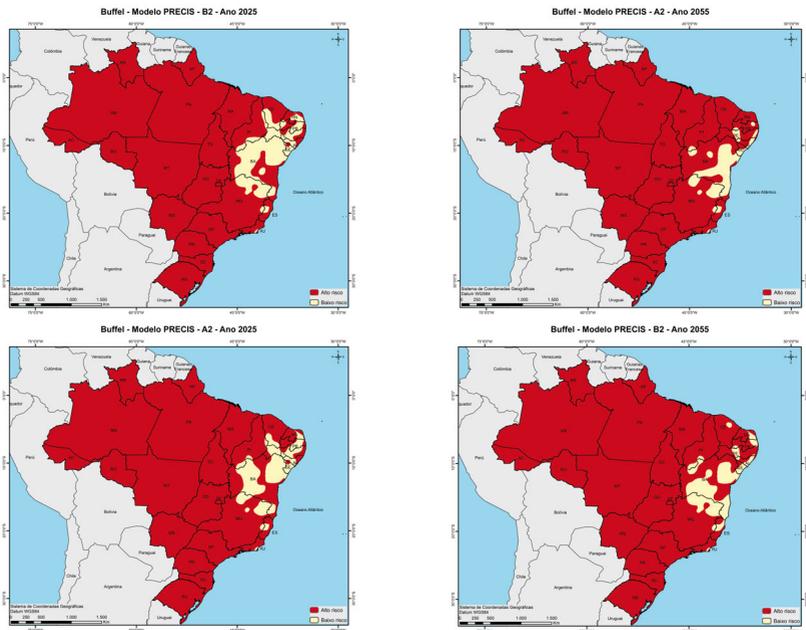
Em função da diminuição da precipitação pluvial, as áreas vizinhas ao semiárido brasileiro passarão a ser aptas ao cultivo do capim-bufel, pois serão mais secas do que atualmente.

O modelo PRECIS estima pouca redução em área apta para o cultivo do capim-bufel no Semiárido brasileiro para o cenário mais curto de simulação. Para o cenário mais longo, as reduções são maiores em comparação com a situação anterior, porém inferiores às estimadas pelo modelo ETA.

A redução de área apta dá-se pelos menores volumes de precipitação pluviométrica juntamente com o aumento na temperatura do ar acima dos valores ótimos requeridos por essa planta forrageira.



**Figura 24.** Aptidão climática (baseada nos parâmetros precipitação pluviométrica e temperatura média) do capim-bufel para o Brasil considerando dois cenários de emissão de gases de efeito estufa para os anos 2025 e 2055 gerados pelo modelo ETA. Fonte: EVANGELISTA, S. R. M. Elaborado por BETTIOL, G. M.



**Figura 25.** Aptidão climática (baseada nos parâmetros precipitação pluviométrica e temperatura média) do capim-bufel para o Brasil considerando dois cenários de emissão de gases de efeito estufa para os anos 2025 e 2055 gerados pelo modelo PRECIS. Fonte: EVANGELISTA, S. R. M. Elaborado por BETTIOL, G. M.

#### d. Palma

Na Tabela 10 são apresentados os valores de área (mil ha) de alto e baixo risco climático para o cultivo da palma forrageira considerando o cenário climático atual (*baseline*) e os cenários futuros previstos pelos modelos ETA e PRECIS. Na Figura 26 é apresentada a aptidão climática da palma forrageira no Brasil, considerando o cenário climático atual, baseado no parâmetro precipitação pluviométrica e temperatura média.

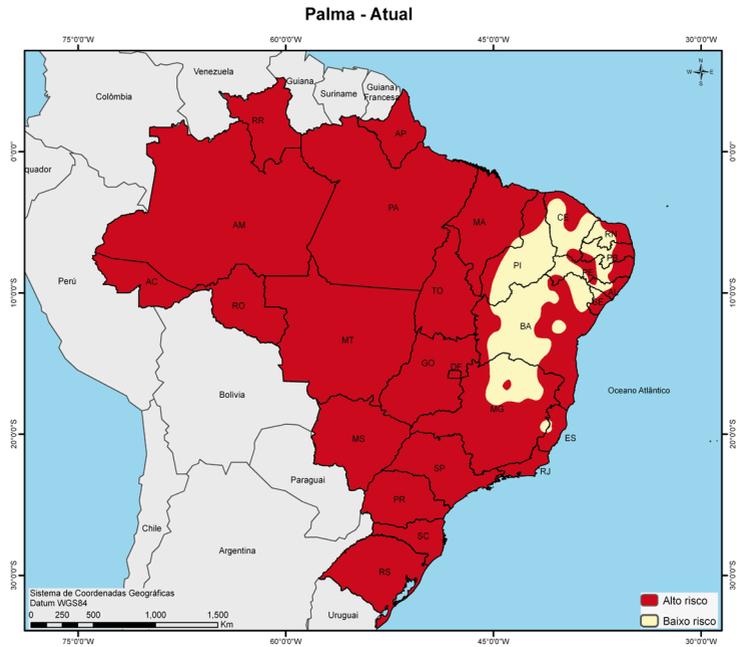
No cenário climático atual, a região de baixo risco compreende área próxima a 96 milhões de ha (Tabela 10), semelhante ao capim-bufel,

com aptidão climática concentrada na Região Nordeste do país e no norte de Minas Gerais, regiões que abrangem o Semiárido brasileiro.

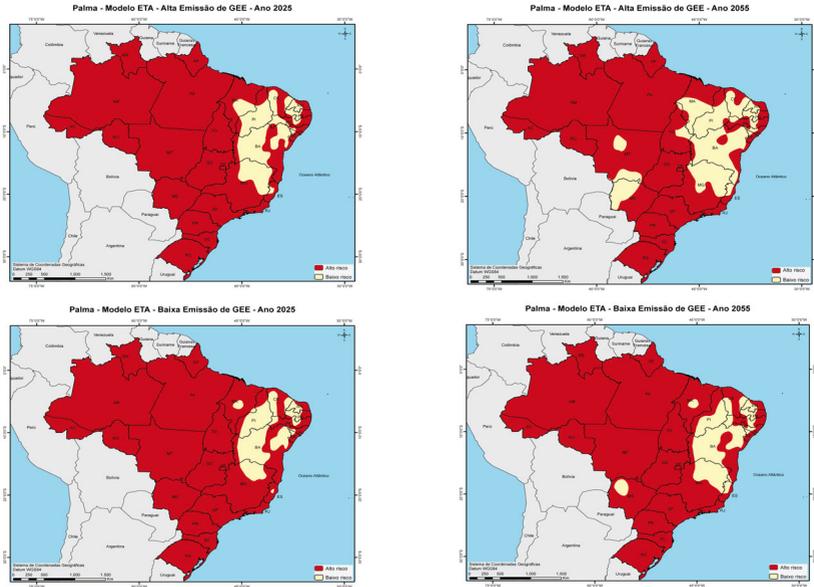
Para a palma forrageira, os modelos utilizados indicam aumento nas áreas aptas, com menor risco climático ao seu cultivo para os cenários de 2025 e 2055 (Tabela 10), surgindo municípios aptos em regiões além do Nordeste do Brasil. A palma forrageira, portanto, pode se tornar uma opção de cultivo nessas áreas, caso outras forrageiras encontrem limitações severas à produção sob as condições de mudanças climáticas estudadas. Por outro lado, áreas que atualmente são aptas poderão se tornar inaptas, com possibilidade de fortes impactos econômicos, sociais e ambientais negativos para a exploração da pecuária na região (Figura 26).

**Tabela 10.** Área (mil ha) de alto e baixo risco climático para o cultivo de palma forrageira considerando o cenário climático atual (*baseline*) e os cenários futuros previstos pelos modelos ETA e PRECIS.

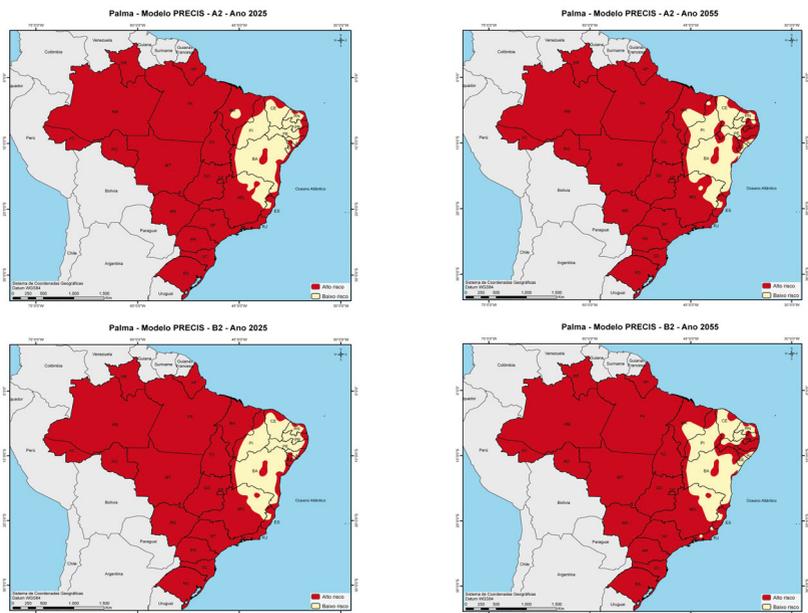
Risco climático	<i>Baseline</i>	Cenário futuro/Modelo			
		A.E. 2025	A.E. 2055	B.E. 2025	B.E. 2055
<b>ETA</b>					
<b>Alto risco</b>	754645,4	752549,6	745110,3	754699,0	752975,0
<b>Baixo risco</b>	96931,3	99027,1	106466,4	96877,7	98601,7
<b>PRECIS</b>					
<b>Alto risco</b>	754645,4	751158,5	751695,1	751314,7	751269,4
<b>Baixo risco</b>	96931,3	100418,3	99881,6	100262,0	100307,3



**Figura 26.** Aptidão climática do palma forrageira no Brasil, considerando o cenário climático atual, baseado no parâmetro precipitação pluviométrica anual e amplitude térmica. Fonte: EVANGELISTA, S. R. M. Elaborado por BETTIOL, G. M.



**Figura 27.** Aptidão climática (baseada nos parâmetros precipitação pluviométrica e amplitude térmica) da palma forrageira para o Brasil considerando dois cenários de emissão de gases de efeito estufa para os anos 2025 e 2055 gerados pelo modelo ETA. Fonte: EVANGELISTA, S. R. M. Elaborado por BETTIOL, G. M.



**Figura 28.** Aptidão climática (baseada nos parâmetros precipitação pluviométrica e amplitude térmica) da palma forrageira para o Brasil considerando dois cenários de emissão de gases de efeito estufa para os anos 2025 e 2055 gerados pelo modelo PRECIS. Fonte: EVANGELISTA, S. R. M. Elaborado por BETTIOL, G. M.

## e. Azevém

A área de adaptação do azevém, estimada para a situação atual, compreende 53 milhões de hectares, situados predominantemente na Região Sul do Brasil (Tabela 11). Essa área representa a totalidade dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e grande parte do estado do Paraná. Também há áreas aptas no Sudeste, representando essencialmente climas de altitude (Figura 29).

Considerando a possibilidade de irrigação, é possível agregar mais 27 milhões de hectares ao cultivo de azevém, predominantemente no Paraná e sul do estado de São Paulo. Entretanto, a irrigação de pastagens de inverno ainda é pouco explorada no Brasil.

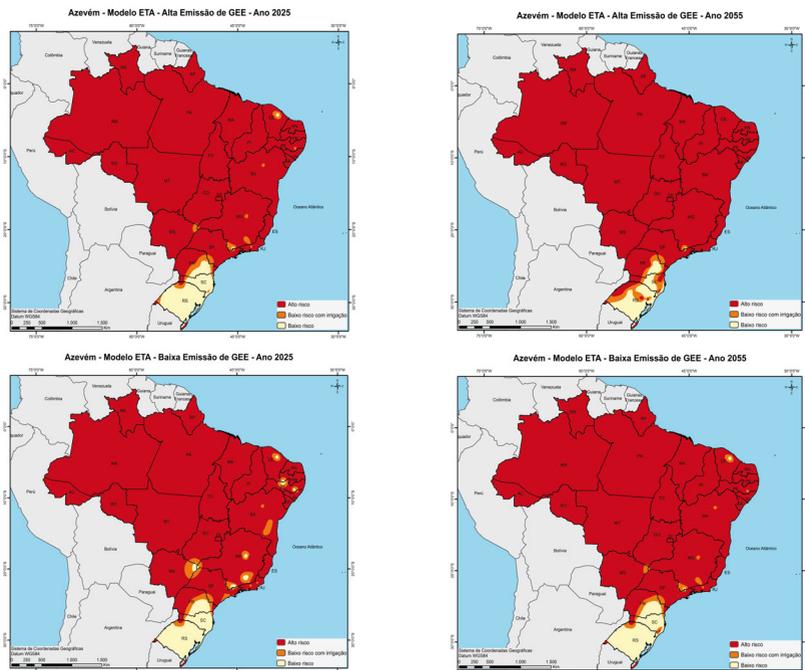
**Tabela 11.** Áreas (mil ha) aptidão climática para o cultivo do azevém considerando o cenário climático atual (*baseline*) e os cenários futuros previstos pelos modelos ETA e PRECIS.

Aptidão climática	Baseline	Cenário futuro/Modelo			
		A.E. 2025	A.E. 2055	B.E. 2025	B.E. 2055
<b>ETA</b>					
Não Apto	770552,5	801450,1	813722,6	784601,8	800074,1
Apto com irrigação	27613,4	12080,1	12890,3	24439,0	12170,2
Apto	53410,8	38046,5	24963,8	42535,9	39332,4
<b>PRECIS</b>					
Não Apto	770552,5	801450,1	813722,6	784601,8	800074,1
Apto com irrigação	27613,4	12080,1	12890,3	24439,0	12170,2
Apto	53410,8	38046,5	24963,8	42535,9	39332,4

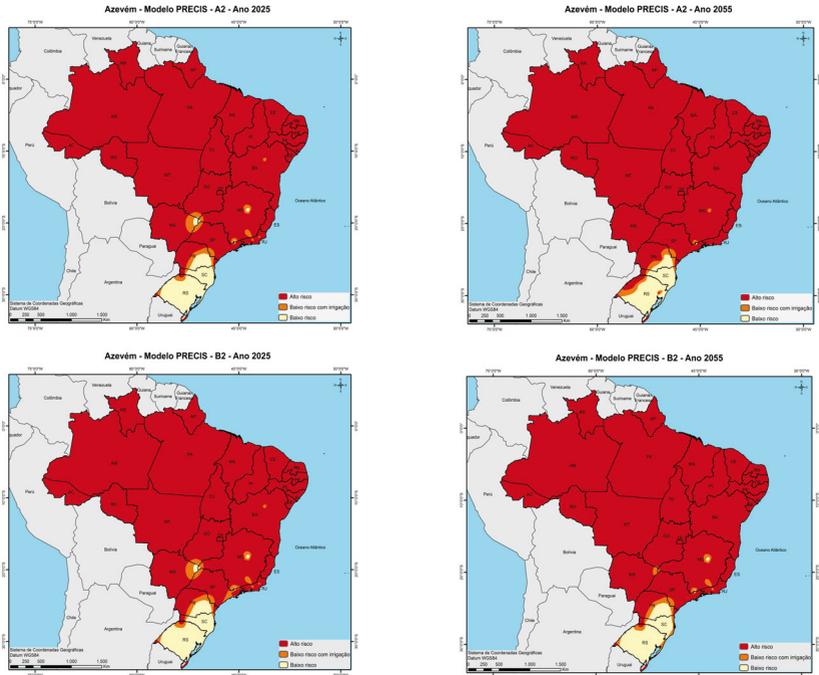


**Figura 29.** Aptidão climática do azevém no Brasil, considerando o cenário climático atual, baseado nos parâmetros temperatura máxima e precipitação pluviométrica. Fonte: EVANGELISTA, S. R. M. Elaborado por BETTIOL, G. M.

As Figuras 30 e 31 representam os efeitos dos cenários de mudanças climáticas pelos modelos ETA e PRECIS na aptidão climática do azevém nos anos de 2025 e 2055. Na Tabela 11 são apresentadas as áreas relativas a cada uma das classes. Em todos os cenários simulados, há redução da área apta para o azevém, bem como da área apta com irrigação (Tabela 11).



**Figura 30.** Aptidão climática (baseada nos parâmetros temperatura máxima e precipitação pluviométrica) do azevém para o Brasil considerando dois cenários de emissão de gases de efeito estufa para os anos 2025 e 2055 gerados pelo modelo ETA. Fonte: EVANGELISTA, S. R. M. Elaborado por BETTIOL, G. M.



**Figura 31.** Aptidão climática (baseada nos parâmetros temperatura máxima e precipitação pluviométrica) do azevém para o Brasil considerando dois cenários de emissão de gases de efeito estufa para os anos 2025 e 2055 gerados pelo modelo PRECIS. Fonte: EVANGELISTA, S. R. M. Elaborado por BETTIOL, G. M.

Nos cenários para o ano de 2025, há redução das áreas aptas especialmente no oeste do Paraná e extremo oeste de Santa Catarina. No Rio Grande do Sul, áreas localizadas nos extremos norte e oeste passam a depender de irrigação, assim como no litoral do Paraná e em parte do litoral de Santa Catarina. As áreas da Região Sudeste tornam-se extremamente restritas e dependentes de irrigação.

As simulações para o ano de 2055 mostram uma ampliação dos efeitos anteriores, chegando, nos cenários mais pessimistas, a restringir muito as áreas aptas no Paraná, a aumentar a necessidade de irrigação no litoral do Paraná e Santa Catarina e a ocorrerem áreas inaptas no noroeste do Rio Grande do Sul.

## Vulnerabilidade da pecuária e alternativa de adaptação dos sistemas de produção

### Brasil Central - Regiões Centro-Oeste e Sudeste

Os cenários obtidos sugerem que mudanças climáticas previstas pelos modelos ETA-CPTEC e PRECIS terão impactos positivos sobre a produção total anual de forragem por pastagens constituídas por *Megathyrus maximus* (syn. *Panicum maximum*) (representadas no estudo pelo capim-tanzânia) e *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) (representadas no estudo pelo capim-marandu) na maior parte das regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. As áreas mais vulneráveis dessas regiões, para as quais alguns cenários apontam redução da produção anual, estão localizadas na fronteira entre Minas Gerais e Goiás e nas áreas mais próximas ao Seminário.

A pecuária é uma importante atividade econômica nas regiões de transição entre o Brasil Central e o Semiárido. A adaptação dos sistemas de produção dessas áreas é essencial para prevenir impactos econômicos, sociais e/ou ambientais negativos das mudanças climáticas na região. Por outro lado, a maior parte dos cenários avaliados indica que o cultivo de palma forrageira e de capim-bufel será viável nessas áreas. A substituição das espécies forrageiras deverá, portanto, ser uma importante medida de adaptação dos sistemas de produção nessa região.

Estudos de vulnerabilidade dos sistemas de produção animal, com uso predominante de pastagens, às mudanças climáticas globais devem considerar, além da produção média anual de forragem, as variações de produção entre estações e entre anos e as estratégias de manejo dos animais e do pasto adotadas pelos produtores (LURETTE et al., 2013; SAUTIER et al., 2013).

Na maior parte do Brasil Central, apesar de o aumento da produção anual de forragem em pastagens de *Megathyrsus maximus* (syn. *Panicum maximum*) e *Urochloa* (syn. *Brachiaria*), aumentarão também a estacionalidade de produção, devido ao aumento da produção concentrado nos meses de verão e variabilidade da produção anual (dados não apresentados). Os sistemas de produção deverão ser adaptados e novas tecnologias deverão ser geradas para garantir a competitividade da atividade em um ambiente de maior risco climático (maior variação de produção entre anos e entre meses do ano). Medidas relacionadas ao planejamento da produção de forragem e à alimentação do rebanho, à seleção e ao melhoramento genético de plantas forrageiras, ao manejo das plantas e do solo e ao uso e ao manejo da irrigação poderão ser adotadas para aumentar a resiliência e adaptar os sistemas de produção aos cenários climáticos futuros.

A metodologia adotada neste trabalho para gerar e analisar cenários futuros de produção de *Megathyrsus maximus* (syn. *Panicum maximum*) e *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) apresenta limitações que devem ser observadas durante a interpretação dos resultados. Os modelos utilizados permitem simular apenas o efeito das mudanças climáticas sobre a produção de forragem. O efeito das mudanças climáticas sobre o bem estar e conforto animal e suas implicações para a produção de carne e leite não foram avaliadas.

A abordagem da estimativa da produção foi feita por meio de um modelo empírico que considera somente o efeito de fatores relacionados à temperatura e ao balanço hídrico sobre a produção. O sistema clima-solo-plantas-animal é complexo e outros fatores, como a concentração de CO<sub>2</sub>, as características físicas e químicas do solo, o manejo do pasto e a adubação, influenciam de forma marcante o crescimento e a produção de plantas forrageiras. Por outro lado, o modelo utilizado foi parametrizado a partir de dados coletados em ampla faixa de temperatura média diária (17,5 a 31,2° C), que engloba os valores de temperatura observados na maior parte do país.

## **Amazônia Legal – Regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste**

A Amazônia Legal apresenta elevado potencial climático para produção de forragem e os cenários de mudanças climáticas avaliados neste trabalho devem ter impacto positivo sobre a produtividade anual das pastagens da região. No entanto, o baixo uso de tecnologias e o manejo inadequado do solo e das plantas forrageiras não permitem exploração adequada desse potencial. Nessa região, a degradação das pastagens tem sido um problema recorrente e está diretamente associada à baixa produtividade e ao desmatamento, com impactos econômicos e ambientais negativos.

As medidas de adaptação dos sistemas de produção animal na Amazônia Legal devem, portanto, focar na geração e transferência de tecnologias para a recuperação de pastagens degradadas, conciliando o aumento da produtividade e a preservação ambiental. Para que esse objetivo seja alcançado, algumas ações serão necessárias, devendo, portanto, ser tomadas como prioritárias, conforme resumido a seguir.

- 1) Geração contínua de tecnologia por instituições de pesquisa e ensino superior, visando ao desenvolvimento de novas cultivares de forrageiras, de estratégias de recuperação de pastagens degradadas e de manejo de pastagens ainda produtivas.
- 2) Fluxo constante de investimento público e privado em pesquisa e desenvolvimento e em estratégias que incentivem a adoção de tecnologia e a intensificação produtiva entre os produtores rurais.
- 3) Contratação de pesquisadores e técnicos em pastagens por instituições de pesquisa e ensino superior.
- 4) Melhoria ou a criação de cursos técnicos e superiores voltados à formação de profissionais aptos para fomentarem sistemas mais intensivos e sustentáveis de pecuária.
- 5) Fortalecimento dos serviços de extensão rural.

## Semiárido

As estimativas de reduções em áreas aptas ao cultivo do capim-bufel para o Semiárido brasileiro, em maior ou menor grau a depender do modelo utilizado nas simulações, poderão promover considerável impacto social e econômico nas regiões afetadas. Essa planta forrageira é uma das poucas opções para as localidades com menores precipitações pluviométricas da região semiárida impactando diretamente sobre a produção pecuária regional.

Possíveis diminuições em produção de forragem e na capacidade de suporte das pastagens em razão dos cenários climáticos futuros que sinalizam menores precipitações pluviométricas e temperaturas elevadas acima do ótimo exigido pela cultura prejudicarão a geração de produtos de origem animal, a ocupação de pessoas na agropecuária e a movimentação econômica dessas cadeias produtivas. Aliado a isso, poderão também ser observados maiores custos de produção em razão das menores produtividades e/ou pela incorporação de custos advindos principalmente de maiores usos de insumos externos como ingredientes concentrados e equipamentos para irrigação e captação de água

Aliado aos prejuízos diretos nos pastos há ainda possíveis impactos das mudanças no clima sobre o conforto térmico dos animais, prejudicando a produção individual e por unidade de área, impactando negativamente nos índices produtivos e de rentabilidade dos sistemas produtivos e que poderão também exigir dentre tantos fatores gastos em instalações na tentativa de amenizar estresses térmicos aos animais.

São diversas as estratégias de adaptação e mitigação dos impactos a possíveis mudanças futuras do clima que poderão ser adotadas no setor pecuário do Semiárido brasileiro. Uma delas é a pesquisa, a obtenção e o uso de plantas forrageiras e animais mais adaptados às condições climáticas futuras, prevendo possibilidades de aumento na temperatura, concentrações de dióxido de carbono e redução das precipitações pluviométricas. Aliado a isso, deve-se buscar a obtenção de animais e

frragens que tenham maior eficiência no uso da água e dos nutrientes, sem prejuízos a outras características desejáveis. Também será preciso orientar na escolha de genótipos animais e vegetais que sejam mais adaptados a determinadas regiões.

O uso da vegetação nativa deve ser feito de forma racional, respeitando a capacidade de suporte e as peculiaridades de cada área, associado à seleção e ao uso de espécies vegetais da caatinga como potenciais plantas forrageiras para serem cultivadas, já que persistem na condição ambiental local. O estudo e a aplicação de técnicas de cultivo e o uso das plantas nativas poderão contribuir consideravelmente com o aporte dos sistemas produtivos pecuários.

O uso de plantas perenes para a alimentação dos rebanhos poderá ser incentivado, pois grande parte dos riscos inerentes à produção de forragem na região está no plantio e, dessa forma, reduzindo operações de plantio pode-se ter mais sucesso na produção de forragem e animal aliado a menores custos de produção.

Para as propriedades será importante o uso de alternativas alimentares como os co-produtos, subprodutos e resíduos agroindustriais e agrícolas a fim de prover alimentos e nutrientes aos rebanhos, associado à necessidade de aumentar as estratégias de conservação de forragens e ingredientes para a alimentação animal em geral. Além disso, intensificar as estratégias de coleta e uso de água da chuva para a dessedentação humana, animal, uso doméstico e uso agrícola poderá ser ferramenta decisiva para mitigar os efeitos dos aumentos de temperatura e redução das precipitações pluviométricas na região.

Nos pastos, visando aumentar a vida útil e a produtividade e minimizar a degradação, é fundamental a aplicação de estratégias de manejo do pastejo e de fertilizações, além do uso da irrigação, verificando ainda possibilidades de uso de águas subsuperficiais e residuárias. É importante também trabalhar a consorciação dos pastos visando melhorar a dieta dos animais e o aporte de nutrientes ao solo. A consorciação com plantas arbóreas é interessante, pois proporcionará

sombra a fim de reduzir impactos do aumento da temperatura, além de reduzir a evaporação da água e manter microclima na área.

A propriedade precisará lançar mão de estratégias como a conservação de forragens visando suprir deficiências quantitativas e qualitativas do rebanho. No contexto do Semiárido brasileiro a conservação de forragens na forma de silagem é interessante visando ao fornecimento de nutrientes e água. Além disso, pode-se intensificar o uso de plantas forrageiras suculentas a exemplo da palma e melancia-forrageira.

Sistemas e serviços de alerta poderão ser ferramentas úteis na tomada de decisão contribuindo com o produtor e extensionistas no que diz respeito à elaboração e ao monitoramento do orçamento forrageiro e hídrico da propriedade rural do semiárido, associado a alertas sobre épocas de plantio, colheita e uso eficiente da água na irrigação.

## **Região Sul**

Na região Sul, algumas áreas deixarão de ser aptas ao cultivo de forrageiras temperadas. As regiões que, segundo as projeções em estudo, deixarão de ser aptas ao cultivo do azevém coincidem com áreas importantes de pecuária, principalmente em relação à produção de leite.

A respeito da produção de leite, no Sul do país concentra-se o maior número de microrregiões mais produtivas, com as mais altas densidades de produção, localizadas principalmente no norte do Rio Grande do Sul, oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná (ZOCCAL et al., 2011). Nessa grande área produtora, destacaram-se 60 microrregiões, que produziram cerca de 10 bilhões de litros, ou 30% do leite brasileiro.

A elevação de temperatura que prejudicará a adaptação do azevém não tornará inviável a produção pecuária, podendo ser favorável para a adaptação de espécies forrageiras de origem tropical. Espécies dos gêneros *Cynodon*, *Pennisetum*, *Megathyrsus maximus* (syn. *Panicum maximum*) e outros de origem tropical já são amplamente utilizadas na pecuária da região, concentrando sua produção na estação quente. No entanto, essas espécies têm, em geral, menor qualidade nutricional da forragem. A utilização dessas forrageiras exigirá adaptação dos sistemas produtivos e poderá implicar em aumento de custos de produção.

O principal fator que tem contribuído para a redução ou para o deslocamento da produção pecuária no Brasil, entretanto, é sua substituição por outros cultivos de maior valor financeiro, especialmente a soja. Na Região Sul, isso vem sendo observado, prejudicando especialmente os sistemas pecuários que utilizam pastagens durante o ano todo.

As exigências climáticas para cultivo de azevém consideradas neste trabalho representam dados médios de literatura. Entretanto, existe grande variabilidade genética entre populações de azevém, e programas de melhoramento da espécie existem no Brasil e em países vizinhos. A Embrapa vem avaliando e selecionando o azevém na Região Sudeste do Brasil há alguns anos, visando identificar populações adaptadas a temperaturas mais altas (PEREIRA et al., 2008; MITTELMANN et al., 2012). Também são realizados estudos de tolerância à restrição hídrica, em condições de laboratório. Há grande probabilidade de que, gradualmente, seja possível obter populações adaptadas a essas condições, de forma semelhante ao que já ocorre com o trigo, que tem hoje cultivares adaptadas ao Brasil Central.

O aumento das áreas de pastagens irrigadas também deve ocorrer. Já existem incentivos do poder público nesse sentido, notadamente do Governo do Estado de Rio Grande do Sul. Embora no momento esses incentivos sejam pensados para culturas e pastagens de verão, época em que grandes estiagens são frequentes, os incentivos beneficiarão também as pastagens de inverno a serem implantadas nas mesmas áreas.

## Considerações finais

Os cenários, pelo fato de anteciparem riscos, podem contribuir para o planejamento adequado de atividades de produção pecuária em escalas nacional, regional e local, à adoção de alternativas de adaptação a eventuais mudanças ambientais, reduzindo seus impactos potenciais sobre esse tipo de exploração, e como subsídio para programas governamentais.

Com os dados simulados, foi possível analisar condições de cultivo no Brasil para capim-marandu, capim-tanzânia, palma forrageira, capim-bufel e azevém anual. Para garantir a competitividade e sustentabilidade da produção animal no Brasil, os sistemas de produção no país devem ser adaptados e novas tecnologias devem ser geradas. A diversificação do material genético (raça animal ou cultivar de capim), o uso de alimentação suplementar, a conservação de forragem, a seleção e o melhoramento genético de animais e vegetais, a adequação do manejo do pasto e do solo, a adoção de sistemas de produção integrados e o uso da irrigação são algumas alternativas para adaptação dos sistemas de produção no Brasil.

Os modelos usados neste trabalho para gerar cenários para pastagens cultivadas, no entanto, não respondem às variações de fertilidade de solo, de adubação, de manejo da planta forrageira e do solo nem às alterações na concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>. O desenvolvimento de modelos sensíveis a esses fatores pode contribuir para a análise e definição das melhores alternativas de adaptação dos sistemas de produção de cada região.

É preciso também ampliar o escopo de espécies estudadas incluindo, principalmente, espécies nativas típicas do Semiárido, do Pantanal e da região dos Pampas. Nessas regiões, por prevalecerem as pastagens nativas, os resultados obtidos neste estudo, a partir de informações de pastagens cultivadas exóticas, podem não refletir a tendência real dos impactos das mudanças climáticas sobre a produção pecuária a pasto.

## Referências

- ABREU, U. G. P.; MANUS, C.; SANTOS, S. A. . CATTLE RANCHING, CONSERVATION AND TRANSHUMANCE IN THE BRAZILIAN PANTANAL. Pastoralism (Online), v. 1, p. 99-114, 2010.
- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L. ; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** (Berlin), v. 22, p. 711-728, 2013
- ANAYA PEREZ, M. History of the use of Opuntia as forage in Mexico. In: MONDRAGON-JACOBO, C.; PEREZ-GONZALEZ, S. (Ed.). **Cactus (Opuntia spp.) as Forage**. Rome: FAO, 2001. p. 5-12. (Plant Production and Protection Paper 169).
- ARAÚJO FILHO, J. A. de.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; SILVA, N. L. da; SOUSA, F. B. de; FRANÇA, F. M. Sistema agrossilvipastoril – Embrapa Caprinos. In: LIMA, G. F. de; HOLANDA JUNIOR, E. V.; MACIEL, F. C.; MACIEL, F. C.; V, V.; MACIEL, F. C.; BARROS, N. N.; AMORIM, M. V.; CONFESSOR JÚNIOR, A. A. (Org.). **Criação familiar de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte: orientações para viabilização do negócio rural**. Natal: EMATER-RN: EMPARN: Embrapa Caprinos, 2006. Cap. 8., p.193-210.
- ASSIS, A. G. de; STOCK, L. A.; CAMPOS, O. F. de; GOMES, A; T.; ZOCCAL, R.; SILVA, M. R. **Sistema de produção de leite no Brasil**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. 5 p. (Embrapa Gado de Leite, 85)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE – ABIEC. [2013]. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/estatisticas/>> Acessado em: Jun. 30, 2013
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE – ABIEC. [2012]. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/estatisticas/>> Acessado em: Jun. 30, 2013.
- BATISTELLA, M.; BOLFE, E. L. ; ANDRADE, R. G. ; VICTORIA, D. C. ; SILVA, G. B. S. Geotecnologias e gestão territorial da bovinocultura no Brasil. **Revista brasileira de zootecnia (Online)**, v. 40, p. 251- 260, 2011.

BINI, D.L.C. **Mudanças Recentes na Geografia da Pecuária Bovina de Corte.**

**Análises e Indicadores do Agronegócio**, v.8, n.6, p.1-7, 2013. Disponível em: <http://www.iewa.gov.br>. Acesso em 12 maio 2013.

BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul: caracterização fisionômica e problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências UFRGS**, v. 56, p. 1-39, 1997.

BOWMAN, M. S.; SOARES-FILHO, B. S.; MERRY, F. D.; NEPSTAD, D. C.; RODRIGUES, H.; ALMEIDA, O. T. "Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: A spatial analysis of the rationale for beef production". **Land Use Policy**, v. 29, p. 558–68, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. **Brasil projeções do agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://bit.ly/1gB6HQA>>. Acesso em: 7 out. 2014.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília, DF, 2005. 32 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comercio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1078&refr=1076>.. Acesso em: 12 de nov. de 2012.

BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. **Descriptions and illustrations of plants of the cactus family, and II**. New York: Dover Publ., 1963. p. 183-195.

CARAMBULA, M. **Aspectos relevantes para la producción forrajera** . Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 1991. 46 p. (INIA.Série Técnica, 19).

CARRER, M. J.; SOUZA FILHO, H. M.; VINHOLIS, M. M. B. Determinants of feedlot adoption by beef cattle farmers in the state of São Paulo. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 42, n. 11, Nov. 2013. p. 824-830.

CARVALHO, G. R.; OLIVEIRA, A. F. **O setor lácteo em perspectiva**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. ,22 p. (Circular Técnica, 11). Disponível em: <[http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/cit11\\_setlacteo.pdf](http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/cit11_setlacteo.pdf)> . Acesso em: 10 mar. 2011.

CEZAR, I. M.; QUEIROZ, H. P.; THIAGO, L. R. L. S.; CASSALES, F. R. G.; COSTA, F. P. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: Uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. 40 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 151)

CHOU, S. C.; KAY, G.; BUTUSTAMANTE, J. F. ; ALVES, L.; LYRA, A.; SUEIRO, G.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; PESQUERO, J. F.; MARENGO, J. A.; BETTS, R.; TAVARES, P. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. **Climate Dynamics**, v. 38, p. 635-653, 2012.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B. de.; CUNHA, T. J. F.; JESUS JÚNIOR, L. A.; ARAÚJO, J. L. P. de. **A região semiárida brasileira**. In: VOLTOLINI, T.V. (Ed.) Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 21 – 48.

CRUZ, P. G.; SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; OLIVEIRA, P. P. A.; ARAUJO, L. C. Modelos empíricos para estimar o acúmulo de matéria seca de capim-marandu com variáveis agrometeorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 675-681, 2011.

DIAS FILHO, M. B. **Reclaiming the Brazilian Amazon: the restoration and management of pasture lands**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014a. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 404). Disponível em: <<http://goo.gl/lezp3s>> . Acesso em: 7 out. 2014.

DIAS FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014b. 36 p. Disponível em: <<http://goo.gl/Awo3J4>> . Acesso em: 7 out. 2014.

DIAS FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 243-252, 2011a.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém, 2011b. 215 p.

DIAS FILHO, M. B. Produção de bovinos a pasto na fronteira agrícola. In: RODRIGUES, K. F.; FERREIRA, W. M.; MACEDO JR., G. de L. (Org.). **Zootec 2010 – XX Congresso Brasileiro de Zootecnia – Anais**. Palmas: Editora, 2010. p. 131-145.

DIAS FILHO, M. B. **Recuperação de pastagens e segurança alimentar: uma abordagem histórica da pecuária na Amazônia**. Bebedouro: Editora Scot Consultoria, 2013. 11 6p.

DIAS FILHO, M. B.; ANDRADE, C.M. S. **Pastagens no trópico úmido**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241). Disponível em: <<http://bit.ly/foLu6D>>. Acesso em: 07 mar. 2013.

DRENNAN, P. M.; NOBEL, P. S. Root growth dependence on soil temperature for *Opuntia ficus-indica*: influences of air temperature and a doubled CO<sub>2</sub> concentration. **Functional Ecology**, London, v. 12, p. 959–964, 1998.

EVERS, G. W.; SMITH, G. R.; HOVELAND, C. S. Ecology and production of annual ryegrass. In: ROUQUETTE Jr., F.M.; NELSON, L.R. **Ecology, production, and management of lolium for forage in the USA**. Madison: CSSA, 1997. p.15-28.

FASIABEN, M. C. R.; SANTUCCI, J. M.; MAIA, A. G.; ALMEIDA, M. M. T. B.; OLIVEIRA, O. C.; BARIONI, L. G. **Tipificação de Municípios Produtores de Bovinos no Brasil**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2013. 38 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).

GRIFFITH, S. M.; CHASTAIN, T. G. Physiology and Growth of Ryegrass. In: ROUQUETTE Jr., F. M.; NELSON, L. R. **Ecology, production, and management of Lolium for forage in the USA**. Madison: CSSA, 1997. p. 15-28.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; COSTA, B. S. C. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: DALL'AGNOL, M.; NABINGER, C.; SANT'ANA, D. M.; SANTOS, R. J. (Ed.). **Sustentabilidade produtiva no Bioma Pampa**. II Simpósio de Forrageiras e Produção Animal (eds.). Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia – UFRGS, Porto Alegre, pp. 15-22. 2007.

HECHT, S. B. **Cattle ranching development in the eastern Amazon: evaluation of a development policy**. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of California, Berkeley, 1982.

HOLANDA JÚNIOR, E. V.; OLIVEIRA, C. A. A. V.; SILVA, P. C. G.; GUEDES, C. T. S.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, C. N.; CEZIMBRA, C. M. Tipologia e estrutura da renda de caprino - ovinocultores de base familiar do sertão baiano do São Francisco. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 6. **Anais...** Aracajú, SE, 2004. 1 CD - ROM.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Acessível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário** (2006). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: out. de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores. Estatística da produção pecuária**: março de 2013. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos\\_201204\\_publ\\_completa.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201204_publ_completa.pdf). Acesso em: 01 de out. de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ministério do Meio Ambiente lançam mapas temáticos da Amazônia**: janeiro de 2007. Disponível em: [http://www.ibge.com.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=799&id\\_pagina=1](http://www.ibge.com.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=799&id_pagina=1) . Acesso em: 26 jan. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal** – PPM 2011. Brasília, 2012.

IEA. **Levantamento censitário das unidades de produção agropecuária do Estado de São Paulo** (LUPA 2007/2008). Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/> Acesso em 10 de out. de 2014.

IGREJA, A. C.; MARTINS, S. S.; ROCHA, M. B.; BLISKA, F. M. M.; TIRADO, G. Fatores locacional e tecnológico na competição cana versus pecuária para as regiões geográficas brasileiras. **Revista de Economia Agrícola**, v. 55, n. 2, p. 89-103, 2008.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change In: STOCKER, T.F. D.; QIN, G. K.; PLATTNER, M.; TIGNOR, S. K.; ALLEN, J.; BOSCHUNG, A.; NAUELS, Y. XIA, V. BEX AND P.M. MIDGLEY (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.

LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ-MARIN, A. M. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA-PB, 2011.

LURETTE, A.; AUBRON, C.; MOULIN, C.H. A simple model to assess the sensitivity of grassland dairy systems to scenarios of seasonal biomass production variability. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 93, p. 27-36, 2013. DOI: 10.1016/j.compag.2013.01.008.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 2., 2005, Goiânia, **Anais...** Goiânia: SBZ. 2005. p. 56-84.

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**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. v. 1. 214 p .

MARENGO J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 30, p. 1-15, 2009.

MARENGO, J. A.; CHOU, S. C.; KAY, G.; ALVES, L. M.; PESQUERO, J. F.; SOARES, W. R.; SANTOS, D. S.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTec/HadC M3 climate change projections: climatology and regional analysis for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. **Climate Dynamics**, v. 38, p.1829-1848, 2012. DOI: 10.1007/s00382-011-1155-5.

MARIN, F. R.; NASSIF, D.S.P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)**, v. 17, p. 232-239, 2013.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Sistema Aliceweb**. Disponível em: <http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>. Acesso em 12 maio 2013.

MITTELMANN, A.; KÖPP, M. M.; NASCIMENTO, P. O.; PERES, M. M. Avaliação de famílias de meios-irmãos de azevém na Região Sudeste do Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2012. 1 CD-ROM.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Mapa de Cobertura Vegetal dos biomas brasileiros**. Brasília, 2007. Disponível em: [http://plataforma.redesan.ufrgs.br/biblioteca/pdf\\_bib.php?COD\\_ARQUIVO=10596](http://plataforma.redesan.ufrgs.br/biblioteca/pdf_bib.php?COD_ARQUIVO=10596). Acesso em: 20 de nov. de 2014

MOURA, M. S. B. de; SOUZA, L. S. B. de; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. da. **Aptidão do Nordeste brasileiro ao cultivo da palma forrageira sob cenários de mudanças climáticas**. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. Experiências para mitigação e adaptação: anais. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 1 CD-ROM. (Embrapa Semiárido. Documentos, 239). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51605/1/Magna4.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2013.

MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; TURCO, S. H. N.; PADILHA, C. V. S.; SANTOS, L. F. C. **Zoneamento agroclimático para o cultivo da acerola no Estado da Bahia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. Meteorologia e o desenvolvimento sustentável: anais. Fortaleza: SBMET, 2004. 1 CD-ROM

NAKICENOVIC, N. **Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, U.K: Cambridge University Press, 2000. 599 p.

NELSON, L. R.; PHILLIPS, T. D.; WATSON, C. E. Plant breeding for improved production in annual ryegrass. In: ROUQUETTE Jr., F.M.; NELSON, L.R. **Ecology, production, and management of Lolium for forage in the USA**. Madison: CSSA, 1997. p.15-28.

NELSON, L. R.; WARD, S. L.; EVERS, G. W. Germination response of annual ryegrass lines to alternating temperature. **Agronomy abstracts**, Madison: ASA, 1992.

NEVES, A. L. A.; PEREIRA, L. G. R.; SANTOS, R. D.; VOLTOLINI, T. V.; ARAÚJO, MORAES, S. A.; ARAGÃO, A. S. L.; COSTA, C. T. F. **Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros no Semiárido brasileiro**. 1ª ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 8 p.

OLIVEIRA, M. C. **Capim búffel: produção e manejo nas regiões secas do nordeste**. Petrolina: Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-árido, 1993. (CPATSA.Circular Técnica, 27).

OLIVETTE, M. P. de A.; CAMARGO, F. P. de. Evolução e Prospecção da Agricultura Paulista: liberação da área de pastagem para o cultivo da cana-de-açúcar, eucalipto, seringueira e reflexos na pecuária, 1996-2030. **Informações Econômicas**, v. 41, p. 37-67, 2011

OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C.; FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V. P.; BLANCO, C. C.; BOLDRINI, I. I.; BOTH, R.; FORNECK, E. D. Os Campos Sulinos: um bioma negligenciado. In: PILLAR, V. P.; MULLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. (Ed.). Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, DF: MMA, 2009. p. 26-41.

PEREIRA, A. V.; MITTELMANN, A. ; LÉDO, F. J. S.; SOUZA SOBRINHO, F.; AUAD, A. M. ; OLIVEIRA, J. S. Comportamento agrônômico de populações de azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) para cultivo invernal na Região Sudeste. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 567-572, 2008.

PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; MENDONÇA, F. C.; ARAUJO, L. C. de ; CRUZ, P. G. da. Dry matter production of Tanzania grass as a function of agrometeorological variables. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 471-477, 2012.

PEZZOPANE, J.R.M, SANTOS, P.M., EVANGELISTA, S.R.M., BOSI, C., CAVALCANTE, A.C.R., BETTIOL, G.M., GOMIDE, C.A.M., PELLEGRINO, G.Q. *Panicum maximum* cv. Tanzania: climate trends and regional pasture production in Brazil. **Grass and Forage Science**. 2016.

PINO, F. A. Análise preliminar de um censo agropecuário: projeto LUPA no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 39, p. 67-75, 2009

POTT, E. B.; CATTO, J. B.; BRUM, P. A. R. Períodos críticos de alimentação parabovinos em pastagens nativas, no Pantanal Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.11, p.1227-1432, 1989.

RIBAS, R. J.; MASSUQUETTI, A. A pecuária de corte gaúcha: uma análise dos principais sistemas de produção. In: ENCONTRO DE ECONOMIA GAÚCHA, 4. , 2008, Porto Alegre. Trabalho... Porto Alegre: PUCRS (PPGE): Fundação de Economia e Estatística , 2008. Disponível em: < [www.fee.tche.br/4-encontro-economia.../estudos-setoriais-sessao4-1.doc](http://www.fee.tche.br/4-encontro-economia.../estudos-setoriais-sessao4-1.doc) > . Acesso em: 01 de out. de 2013.

SABOYA, A. **Semiárido em transformação: panorama sócio-econômico e entraves para o desenvolvimento**. Disponível em: < <http://criseoportunidade.wordpress.com/2010/01/08/semiario-em-transformacao-panorama-socio-economico-e-entraves-para-o-desenvolvimento-airton-saboya-2/> > . Acesso em: out. de 2013.

SANTOS, R. M. **Germinação, respostas produtivas ao incremento da temperatura do ar e concentração de CO<sub>2</sub> e zoneamento climático do capim-bufel**. 2012, 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)- Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf. Petrolina – PE.

SANTOS, R. M.; VOLTOLINI, T. V. V.; MOURA, M. S. B. ; ANGELOTTI, F.; SÁ, I. I. S. Zoneamento agroclimático do capim-bufel (*Cenchrus ciliaris* L.) no Estado de Pernambuco. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., Belém, 2011. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2011. 1 CD-ROOM.

SANTOS, S. A.; ABREU, U. G. P.; TOMICH, T. R.; COMASTRI FILHO, J. A. Pecuária no Pantanal: em busca da sustentabilidade. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da. (Ed.). Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas. Brasília: **Informação Tecnológica**, 2008. p. 535-570.

SANTOS, D. C. dos; FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; ARRUDA, G. P. de; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. de. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48 p. (IPA. Documentos, 30).

SAUER, S. Terra e modernidade: a reinvenção do campo brasileiro. São Paulo: **Expressão Popular**, 2010.

SAUTIER, M.; MARTIN-CLOUAIRE, R.; FAIVRE, R.; DURU, M. Assessing climatic exposure of grassland-based livestock systems with seasonal-scale indicators. **Climatic Change**, v.120, p.3 41-355, 2013.

SERRÃO, E. A. S.; FALESI, I. C.; VEIGA, J.B.; TEIXEIRA NETO, J. F. Productivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon of Brazil. In: SANCHEZ, P. A.; TERGAS, L.E. (Ed.). **Pasture production in acid soils of the tropics**. Cali: CIAT, 1979. p.195-225.

SILVA, T. G. F. Zoneamento agroclimático do Estado da Bahia para a cultura da atemóia (*Annona cherimola* Mill. x *Annona squamosa* L.). 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Disponível em: <[http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=394](http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=394)>. Acesso em: 25 fev. 2008.

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B. de; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 1, p. 18-48.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; SOARES, J. M.; CARMO, J. F. A. do; BRANDÃO, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. p. 23-28. (Embrapa Semiárido. Documentos, 210). Disponível em: <[http://www.cpatas.embrapa.br:8080/public\\_eletronica/download.php?indice=3040&seg=573](http://www.cpatas.embrapa.br:8080/public_eletronica/download.php?indice=3040&seg=573)>. Acesso em: 21 jul. 2011.

SOUZA-FILHO, H. M.; ROSA, F. T.; VINHOLIS, M. M. B. Análise da competitividade da cadeia produtiva da carne bovina do Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 40, n. 3, p. 16-28, 2010.

THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, 38: 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. New Jersey: Centerton, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n.1).

TREVATHAN, L. E.; MOSS, M. A.; BLASINGAME, D. Ryegrass blast. **Plant Disease**, v. 78, p. 113-117, 1994.

UFRGS. **Diagnóstico de Sistemas de Produção de Bovinocultura de Corte do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. (Relatório)

VALDES, C. Brazil's booming agriculture faces obstacles. **Amber Waves**, v. 4, n. 5, p. 28-35, 2006.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. de. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na Amazônia brasileira. **Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 8, p. 9-32, jan./jun. 2009.

VOLTOLINI, T. V.; MORAES, S. A.; ARAÚJO, G. G. L.; PEREIRA, L.G. R. Concentrate levels for lambs grazing on bufel grass. **Revista Ciência Agronômica**. v. 42, n.1, p. 216 -222, 2011.

WEIHING, R. M. Growth of ryegrass as influenced by temperature and solar radiation. **Agronomy Journal**, v. 55, p. 519-521, 1963.

YOUNG, J. A.; EVANS, R. A.; RAY, B. L. Germination of Italian ryegrass seeds. **Agronomy Journal**, v. 67, p. 386-389, 1975.

ZOCCAL, R.; ALVES, E. R.; GASQUES, J. G. **Contribuição para o Plano Pecuário 2012: Diagnóstico da Pecuária de Leite Nacional**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2011. (Estudo Preliminar). Disponível em: [http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/Plano\\_Pecuario\\_2012.pdf](http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/Plano_Pecuario_2012.pdf) [http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/Plano\\_Pecuario\\_2012.pdf](http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/Plano_Pecuario_2012.pdf). Acesso em: 01 de out. de 2013.

ZYLBERSZTAJN, D.; MACHADO FILHO, C. A. P. Competitiveness of meat agri-food chain in Brazil. In: Supply Chain Management: **An International Journal**, v. 8, n. 2, p. 155 - 165, 2003.