



JOÃO AMBRÓSIO DE ARAÚJO FILHO

Manejo Pastoril Sustentável da Caatinga



PRESIDENTA DA REPÚBLICA

Dilma Rousseff

MINISTRO DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO

Pepe Vargas

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Laudemir André Müller

SECRETÁRIO DA AGRICULTURA FAMILIAR

Valter Bianchini

SECRETÁRIA DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL

Andréa Lorena Butto Zarzar

SECRETÁRIO EXTRAORDINÁRIO DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA
NA AMAZÔNIA LEGAL

Sérgio Roberto Lopes

SECRETÁRIO DE REORDENAMENTO AGRÁRIO

Adhemar Lopes de Almeida

PRESIDENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO
E REFORMA AGRÁRIA

Carlos Guedes de Guedes

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL – ASCOM
COORDENADOR DE COMUNICAÇÃO SOCIAL

Felix Valente

COORDENADORA DE JORNALISMO

Silvana Gonçalves

COORDENADORA ADMINISTRATIVA

Ila Baraúna



JOÃO AMBRÓSIO DE ARAÚJO FILHO

Manejo Pastoril Sustentável da Caatinga

PROJETO DOM HELDER CAMARA

RECIFE, 2013

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Felipe Jalfim, Maria Virgínia de Almeida Aguiar, Simone Amorim Ramos e Mayara Renata Ferreira da Silva

REVISÃO GRAMATICAL

Cecília Fujita

REVISÃO TÉCNICA

Felipe Jalfim, Maria Virgínia de A. Aguiar, Maria Aparecida Azevedo, Fábio dos Santos Santiago, Nielsen C. Gomes da Silva e Jorge Luiz Schirmer de Mattos

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Tríade design

FOTOS

Arquivo Projeto Dom Helder Camara, acervo Associação Caatinga e J. A. Araújo Filho

IMPRESSÃO

Cidade Gráfica e Editora Ltda.

1ª EDIÇÃO, 1ª IMPRESSÃO (2013): TIRAGEM 3.000 EXEMPLARES

Projeto Dom Helder Camara, Recife, Novembro de 2013

PARCEIROS DA EDIÇÃO

Programa Semear / FIDA / IICA / AECID e ABA-Agroecologia

DOWNLOAD DISPONÍVEL EM

www.projetodomhelder.gov.br;

www.aba-agroecologia.org.br;

www.portalsemear.org.br

International Catalogued Data in the Publication – CIP

Ana Catarina Macêdo CRB-4/1781

A663m Araújo Filho, João Ambrósio de
Manejo pastoril sustentável da caatinga / João
Ambrósio de Araújo Filho. – Recife, PE: Projeto Dom
Helder Camara, 2013.
200 p. : il.

ISBN: 978-85-64154-04-9

1. Agropecuária sustentável – Brasil, Nordeste
2. Caatinga 3. Forragem 4. Agricultura familiar 5. Sistema
Silvipastoril 6. Agroecologia 7. Convivência com o
semiárido 8. Criação animal I. Araújo Filho, João
Ambrósio de II. Título.

CDD 338.1 (22. ed.)

APRESENTAÇÃO

O Professor João Ambrósio é um dos mais destacados cientistas brasileiros no tema do manejo da vegetação nativa. Sua trajetória como pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos e como professor universitário foi totalmente dedicada ao estudo do manejo pastoril sustentável da caatinga. Nesse campo, suas pesquisas se tornaram referências não somente para a comunidade científico-acadêmica, como também para extensionistas, técnicos de ONGs e, desde a década de 1980, para agricultoras e agricultores familiares no Semiárido brasileiro.

Já naquela década, João Ambrósio deu início a uma prática de investigação marcada pela permanente busca de aproximação com os saberes camponeses. Desde então, muitos cursos, orientações, pesquisas e trocas de experiências sobre caminhos para a geração de renda e produção de alimentos em equilíbrio harmônico com a natureza beberam na fonte do conhecimento popular. Nesse sentido, além de atender às demandas mais concretas das famílias agricultoras, os aportes de conhecimento gerados nessas interações com os agricultores ajudaram a fundamentar os princípios científicos de um método de manejo que coloca em xeque o modelo de pecuarização do nosso Semiárido, baseado na substituição da caatinga por monoculturas de gramíneas e algumas poucas espécies arbóreas exóticas. O sistema capim buffel/algaroba talvez seja a expressão mais visível dessa concepção de desenvolvimento que busca transplantar para os nossos contextos socioambientais modelos técnicos ajustados a outras realidades.

É nesse sentido que a abordagem científica do professor João Ambrósio já se acercava da Agroecologia, ao questionar os princípios reducionistas e uniformizadores preconizados pela “revolução verde”. Com efeito, diferentemente dos padrões já consagrados naquele tempo, um pesquisador com sólida formação acadêmica se alinhava com agricultoras e agricultores familiares, movimentos sociais e sindicais, Igrejas e ONGs no esforço de construção de outro paradigma para o desenvolvimento da região, baseado na Agroecologia e no fortalecimento da Agricultura Familiar e Camponesa. Avançando no tempo, em 2010, após um curso sobre manejo da caatinga para técnicos, agricultoras

e agricultores experimentadores, realizado no âmbito do Projeto Dom Helder Camara (SDT-MDA/FIDA/GEF), lançamos o desafio para o professor João Ambrósio escrever um livro que relatasse tudo o que foi visto naquele curso. Tal ideia amadureceu até o ponto em que o Projeto Dom Helder Camara, a Associação Brasileira de Agroecologia e o Programa Semear (FIDA/IICA/AECID) conjugaram seus esforços para concretizar o objetivo comum de trazer a público a preciosa síntese elaborada após décadas de aprendizagem com base no diálogo de saberes e na pesquisa acadêmica sobre o campo do manejo agroecológico da caatinga.

O livro que ora apresentamos reúne valiosas informações sobre as peculiaridades de nosso Semiárido, sobretudo no que se refere aos seus potenciais ambientais tão negligenciados pelo enfoque convencional das ciências agrárias. Nossa convicção é, portanto, que o conteúdo e a forma prática de sua exposição, especialmente no que se refere à interação entre os processos ecológicos e as dinâmicas de produção econômica, fazem deste texto uma referência indispensável para aqueles que trabalham no Semiárido com a perspectiva de reconhecer e tirar partido de suas potencialidades para descortinar trajetórias de desenvolvimento rural coerentes com o princípio da convivência com o Semiárido.

Boa Leitura!

Espedito Rufino de Araújo
Diretor do Projeto Dom Helder Camara (SDT-MDA/FIDA/GEF)

Felipe Tenório Jalfim
Vice-Presidente NE da Associação Brasileira
de Agroecologia (ABA Agroecologia)

Ângela Brasileiro
Coordenadora do Programa Semear (FIDA/IICA/AECID)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 1	
FISIOLOGIA DAS PLANTAS FORRAGEIRAS E ECOLOGIA DE PASTAGEM	15
Introdução	16
Fisiologia de plantas forrageiras	16
<i>Produção e utilização de carboidratos</i>	17
<i>Efeitos da utilização sobre a fisiologia das plantas forrageiras</i>	20
Aspectos morfológicos das espécies forrageiras	23
Ecologia de pastagem nativa	24
<i>Fatores ambientais</i>	25
<i>Fatores climáticos</i>	26
<i>Fatores edáficos</i>	33
<i>Fatores fisiográficos</i>	34
<i>Fatores bióticos</i>	36
<i>Fatores pírnicos</i>	37
<i>Fatores antrópicos</i>	38
Sinecologia	39
<i>Sucessão</i>	41
<i>Estádios de uma sucessão secundária induzida pelo pastoreio desordenado</i>	43
<i>Estádios de uma sucessão secundária progressiva na caatinga</i>	45
CAPÍTULO 2	
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SEMIÁRIDO NORDESTINO	49
Introdução	50
Geologia e solos	52
<i>Latossolos</i>	53

<i>Neossolos litólicos</i>	53
<i>Argissolos</i>	53
<i>Luvissolos crômicos órticos</i>	53
<i>Neossolos quartzarênicos</i>	54
<i>Planossolos háplicos</i>	54
Clima	54
<i>Sistemas meteorológicos</i>	55
<i>Tipos (Köppen)</i>	55
Hidrologia	57
<i>Reservas hídricas superficiais</i>	57
<i>Bacia do São Francisco</i>	57
<i>Bacia do Parnaíba</i>	57
<i>Bacia do Jaguaribe</i>	57
<i>Bacia do Acaraú</i>	58
<i>Bacia do Apodi</i>	58
<i>Bacia do Piranhas</i>	58
<i>Bacia do Capibaribe</i>	58
<i>Reservas subterrâneas</i>	59

CAPÍTULO 3

O BIOMA CAATINGA	61
Flora	62
<i>Formações</i>	63
<i>Árvores da caatinga de interesse pastoril</i>	64
<i>Aroeira (Myracrodruon Urundeuva)</i>	66
<i>Catingueira (Poincianera pyramidalis)</i>	68
<i>Cumarú (Amburana cearensis)</i>	70
<i>Juazeiro (Zizyphus joazeiro)</i>	72
<i>Jucá (Libidibia ferrea)</i>	74
<i>Jurema-preta (Mimosa tenuiflorar)</i>	76
<i>Mororó (Bauhinia cheilantha)</i>	78

<i>Pau-branco (Auxemma onocalyx)</i>	80
<i>Sabiá (Mimosa caesalpiniaefolia)</i>	82
Fauna	84
CAPÍTULO 4	
SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO ÂMBITO DA CAATINGA	87
Introdução	88
A agricultura migratória nos domínios da caatinga	88
A agricultura industrial moderna	90
Fundamentos científicos da agricultura sustentável	94
Modelos de exploração agropastoril da região da caatinga	95
<i>Agricultura</i>	96
<i>Pecuária</i>	97
<i>Silvicultura</i>	98
O impacto das atividades antrópicas sobre o bioma caatinga	99
Características dos sistemas produtivos no bioma caatinga	103
<i>Sistemas agrícolas</i>	103
<i>Sistemas de agricultura de sequeiro</i>	104
<i>Sistemas de agricultura irrigada</i>	107
<i>Sistemas pecuários</i>	108
<i>Sistemas pecuários de sequeiro</i>	109
<i>Sistemas pecuários irrigados</i>	114
<i>Sistemas de produção agroflorestais</i>	115
<i>Plantios florestais</i>	115
Considerações sobre sistemas de produção para o bioma caatinga	116
<i>Agricultura</i>	116
<i>Pecuária</i>	116
<i>Floresta</i>	117
CAPÍTULO 5	
TECNOLOGIAS DE MANEJO PASTORIL DA CAATINGA	119
Introdução	120

Produção e composição da fitomassa na caatinga nativa	120
<i>Composição botânica e química da dieta de ruminantes na caatinga</i>	122
<i>Capacidade de suporte e produção animal na caatinga nativa</i>	123
Tecnologias de manipulação da vegetação da caatinga	124
<i>Recomendações para a sustentabilidade do manejo da caatinga</i>	125
<i>Rebaixamento com manejo das rebrotações</i>	127
<i>Procedimentos e seleção de espécies arbóreas para o rebaixamento</i>	127
<i>Capacidade de suporte e produção animal na caatinga rebaixada</i>	130
<i>Raleamento</i>	130
<i>Modelos de raleamento</i>	131
<i>Procedimentos e seleção de espécies arbóreas para o raleamento</i>	132
<i>Composição botânica da dieta de ruminantes em caatinga raleada</i>	135
<i>Capacidade de suporte e produção animal na caatinga raleada</i>	136
<i>Enriquecimento</i>	137
<i>Seleção de forrageiras para o enriquecimento da caatinga</i>	138
<i>Procedimentos e preservação de árvores nativas para o enriquecimento</i>	141
<i>Capacidade de suporte e produção animal na caatinga enriquecida</i>	142
Considerações finais	143

CAPÍTULO 6

SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS PARA REGIÕES

SEMIÁRIDAS	145
Introdução	146
Sistemas de produção agroflorestais	148
<i>Modelos de sistemas agroflorestais</i>	149
<i>Benefícios dos sistemas agroflorestais</i>	151
<i>Alternativas de sistema de produção agroflorestais sustentáveis</i>	153
<i>Proposta de um modelo agrossilvicultural para o Semiárido</i>	153
<i>Propostas de modelos silvipastoris</i>	156
<i>Proposta de um modelo agrossilvipastoril</i>	158

CAPÍTULO 7

AVALIAÇÃO DAS PASTAGENS NATIVAS	165
Introdução	166
Classificação ecológica da pastagem nativa	166
Levantamento da vegetação	167
Amostragem	170
Avaliação da produção de fitomassa em pastagem nativa	178
Utilização da forragem na pastagem nativa	179
Capacidade de suporte	182
REFERÊNCIAS	187
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	190
SOBRE O AUTOR	192
SOBRE OS PARCEIROS	193

INTRODUÇÃO

Cerca de 70% das áreas continentais da Terra têm como vocação primordial a exploração pecuária, por se constituírem, essencialmente, de ecossistemas frágeis e de baixo potencial agrícola. Isso porque apresentam várias limitações à implantação de uma agricultura intensiva, devido a restrições, dentre outras, do clima, dos solos e da topografia. Portanto, seu uso como pastagem nativa é de importância fundamental para a produção de alimentos de origem animal no planeta. No Nordeste brasileiro, cerca de 80% da área correspondente à região semiárida é utilizada como pastagem nativa, associada, em muitos casos, à produção agrícola de base familiar.

Pastagens nativas são, pois, áreas geralmente impróprias para a agricultura intensiva, mas que podem ser utilizadas para o apascentamento dos rebanhos domésticos, abrigo para os animais silvestres, produção de madeira e de água, recreação, preservação ambiental e outros bens e serviços demandados pela sociedade humana. A definição é muito ampla e inclui desde áreas desérticas e de vegetação escassa até aquelas onde a cobertura vegetal é formada por densa camada de vegetação arbustiva e arbórea, como no caso da caatinga. Assim, a cobertura florística da pastagem nativa pode ser composta de plantas herbáceas com predominância ou não de gramíneas, de plantas arbustivas e de espécies arbóreas. Todas, dependendo da espécie ou combinação de espécies animais que as utilizam, podem ser fontes imprescindíveis de produção de forragem, ao longo do ano.

O manejo de pastagem nativa é a ciência e a arte de se planejar e direcionar o uso da pastagem para obtenção de bens e serviços demandados pela sociedade humana, numa concepção de rendimento ótimo sustentável e consoante com a melhoria e conservação dos recursos naturais renováveis.

À luz da definição do manejo, cinco objetivos devem ser alcançados:

1. manutenção das espécies forrageiras mais importantes e conservação da biodiversidade da pastagem;
2. uso eficiente da forragem produzida;

3. produção ótima sustentada dos rebanhos domésticos e conservação da fauna nativa;
4. controle do fluxo das correntes d'água, evitando-se as enxurradas; e
5. controle da erosão.

A vegetação diversificada da pastagem constitui o seu acervo mais importante. O não atingimento do primeiro objetivo resultará, sem dúvida, na falha na obtenção dos demais, uma vez que as comunidades vegetais não só atuam, diretamente, na conservação dos recursos naturais renováveis, como também são a fonte de alimentos responsável pela produção do ecossistema. Além do mais, uma vegetação de elevada diversidade apresenta melhor resiliência, ou plasticidade ambiental, podendo absorver com mais facilidade os efeitos destrutivos resultantes de mudanças bruscas e intensas nos fatores ambientais. Portanto, a conservação da biodiversidade da cobertura florística, enriquecida com a ocorrência significativa de forrageiras nativas, sobressai-se como a meta mais importante a ser alcançada pelo manejo.

No uso eficiente da forragem, pode-se considerar que, para que o ecossistema da pastagem nativa e seus recursos de solo, água, vegetação e fauna sejam conservados, a utilização não deve ultrapassar os 60% da fitomassa produzida anualmente. O uso desejável, em longo prazo, é de 50%, porque é fundamental que o aporte de matéria orgânica, tão essencial para circulação de nutrientes, manutenção da fertilidade natural, proteção do solo contra a erosão e preservação do banco de sementes de espécies forrageiras nativas, seja mantido em níveis adequados. A Figura 1 ilustra por meio de um contraste de cerca o percentual de uso recomendado (à esquerda) e sobrepastejo (à direita).



Figura 1. Contraste de cerca em Irauçuba, Ceará.

Foto: J. A. Araújo Filho.

Na pastagem nativa deve-se buscar a produção ótima sustentável dos rebanhos, sem prejudicar a conservação dos animais silvestres. Estes têm, muitas vezes, hábitos alimentares e preferências forrageiras diferentes dos de animais domésticos, possibilitando-se, assim, o uso de pastoreio múltiplo. Portanto, ao se determinar a capacidade de suporte da pastagem, devem-se levar em conta as necessidades alimentares da fauna silvestre.

A manutenção de uma cobertura vegetal adequada é o fator mais importante no controle do movimento da água da chuva sobre a superfície do solo. Esse controle é obtido de três maneiras: intercepção e retenção da água da chuva pela folhagem, regulando a quantidade de água que chega ao solo; melhoria da taxa de infiltração e da capacidade de armazenagem de água pelo solo; e redução da velocidade de escoamento superficial, pelas barreiras oferecidas pelo restolho da vegetação e pelo aumento da porosidade do solo, resultando na redução da quantidade de água que chega à malha de drenagem do terreno.

Por fim, o controle da erosão é condição essencial para a conservação da pastagem, advindo do manejo correto de sua cobertura florística. Para tanto, a vegetação contribui para a redução da velocidade do escoamento superficial, para o fortalecimento e a manutenção da estrutura do solo e para a retenção do solo pelas raízes das plantas.

CAPÍTULO 1

FISIOLOGIA DAS PLANTAS
FORRAGEIRAS E ECOLOGIA
DE PASTAGEM

INTRODUÇÃO

Diversos ramos do conhecimento perfazem o arcabouço científico do manejo da pastagem nativa, destacando-se a fisiologia vegetal, a ecologia, a edafologia, a meteorologia, a nutrição animal, a economia e a sociologia. Especial ênfase é dada à fisiologia vegetal e à ecologia. A primeira, porque a resposta da planta forrageira ao impacto do pastejo é de natureza fisiológica, pois a remoção da parte aérea pela tosa afeta diretamente a fotossíntese, o crescimento, a produção de forragem, a reprodução e todas as funções vitais relacionadas com a capacidade de rebrotação. Assim, é fundamental que se conheçam os limites de tolerância fisiológica da planta às práticas de manejo, tais como, intensidade, frequência e época de uso, para que seu uso não resulte no desaparecimento das espécies forrageiras da comunidade vegetal da pastagem.

Com relação à ecologia, sua importância faz com que seja considerada a ciência-mãe do manejo de pastagem nativa, uma vez que as plantas forrageiras e os animais são organismos, e suas relações são, portanto, de natureza ecológica. Além disso, as pastagens nativas são ecossistemas fragilizados e seu uso sustentável é fundamental para seu funcionamento adequado. Assim, a ecologia fornecerá os conhecimentos necessários ao estabelecimento das práticas de manejo corretas e de menor impacto no bem-estar e na conservação desse ecossistema.

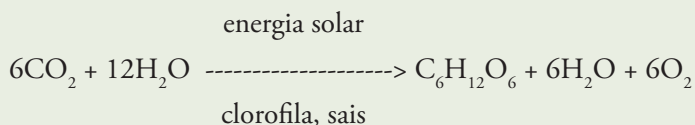
FISIOLOGIA DE PLANTAS FORRAGEIRAS

A resposta da vegetação da pastagem às técnicas de manejo resulta do somatório das respostas individuais das plantas que a compõem. E essas são de natureza fisiológica. A planta forrageira e o animal que dela se alimentava evoluíram juntos. Assim, elas desenvolveram mecanismos e estruturas que lhes deram condições, não só de resistir à tosa imposta pelo pastejo, como também de escapar desta em determinadas situações. Regiões do mundo, onde não havia herbívoros nativos, apresentam uma vegetação natural facilmente destruída sob o efeito do pastejo. A velocidade e o tipo de crescimento, o sabor, o odor e a presença de espinhos e acúleos são alguns dos mecanismos e estruturas desenvolvidos pelas espécies forrageiras para se adaptar ao pastejo.

O pastejo afeta a planta tanto pela remoção da parte aérea, incluindo folhas, ramos herbáceos, flores e frutos, como pela compactação do solo pelo pisoteio e suas implicações na disponibilidade de água, no desenvolvimento do sistema radicular, na germinação e na emergência das plântulas. Esses fatores interferem diretamente em importantes funções fisiológicas da planta, tais como a produção e a reprodução, e em sua morfologia, determinando mudanças no hábito de crescimento e na arquitetura da parte aérea.

PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CARBOIDRATOS

O vegetal é o único organismo na Terra capaz de produzir alimentos por meio de um processo chamado de fotossíntese, que consiste na captura e armazenagem da energia solar e transformação em substâncias orgânicas complexas, produzidas a partir de combinações químicas entre o gás carbônico da atmosfera, a água e minerais retirados do solo. Essa função fisiológica da planta tem lugar nos cloroplastos, localizados nos tecidos verdes, principalmente nas folhas. Sumariamente, o processo consiste na combinação do gás carbônico e da água, na presença da energia solar, para formação de um carboidrato, segundo a reação clássica:



Existem três processos de captura e fixação do CO_2 da atmosfera pelas plantas: C3, C4 e MAC (Mecanismo do Ácido Crassuláceo). No mecanismo C3, os vegetais captam o CO_2 por meio da enzima ribulose bifosfato carboxilase oxigenase (Rubisco), fixando-o na molécula de uma pentose (ribulose bifosfato), originando a seguir o ácido fosfoglicérico de três átomos de carbono. As plantas C3 têm seu ótimo de temperatura entre 20 e 25°C, o ponto de compensação de CO_2 entre 20 e 100 ppm, funcionam bem em baixa luminosidade (sombra) e sua produtividade de biomassa alcança 22,0 t/hectare. São predominantemente espécies arbóreas. As espécies C4 captam o gás carbônico via enzima fosfoenol piruvato carboxilase (PEPcase), originando o ácido oxalacético, de quatro átomos de carbono. Atuam estavelmente em temperaturas de 10 a 40°C, têm o ponto de compensação de CO_2 de 0 a 5 ppm, funcionam bem sob elevada luminosidade, sua produtividade de biomassa atinge até 39 t/ha e são mais eficientes no uso da água do que as espécies C3. As C4 pertencem predo-

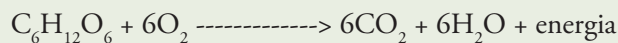
minantemente à família das gramíneas. Nas plantas MAC, ocorre separação entre fixação e redução do CO₂. A fixação pela PEPcase dá-se à noite, com temperaturas mais amenas. O oxaloacetato é convertido a malato e estocado no vacúolo da própria célula. De dia, com os estômatos fechados, o ácido málico libera o CO₂ que será reduzido pela rubisco. As espécies com mecanismo MAC são muito resistentes à seca e a elevadas temperaturas e são predominantes em regiões desérticas, pertencendo, em sua maioria, à família das cactáceas.

A fotossíntese, além da produção de carboidratos, tem também importante papel na circulação geral do oxigênio e do gás carbônico na atmosfera terrestre. Esse fato enfatiza o desempenho das plantas na purificação e no enriquecimento da atmosfera e no sequestro de gás carbônico.

Os produtos finais mais importantes da fotossíntese são os carboidratos. Estes, após sua produção, podem seguir quatro destinos diferentes:

1. Metabolismo, utilizado na respiração para suprir as necessidades energéticas da planta.
2. Crescimento, ou seja, são fixados na formação dos tecidos da planta.
3. Armazenamento, como reservas, podendo ser mobilizados para satisfazer necessidades de crescimento.
4. Reprodução, formação de flores, frutos e sementes.

A primeira demanda de carboidratos pela planta é para a produção da energia necessária ao seu metabolismo, a qual é fornecida pela queima dos hidratos de carbono, realizada pela respiração que libera gás carbônico, água e energia. É, pois, uma reação inversa à fotossíntese.



Em seguida, a planta tem de atender às suas necessidades de crescimento pela produção dos tecidos, cuja estrutura é basicamente formada por carboidratos, sobressaindo-se a celulose, que é o carboidrato mais comum na natureza. Uma vez satisfeitas as necessidades metabólicas e de crescimento, o excesso de carboidrato produzido é armazenado pelas plantas para suprir necessidades futuras, ou seja, rebrotação, após a dormência ou remoção da parte aérea, e formação de frutos e sementes. Gramíneas armazenam suas reservas nas raízes e nos rizomas, enquanto arbustos e árvores, cuja rebrota se dá em gemas localizadas na parte

aérea, o fazem principalmente no caule, embora alguns arbustos tenham as raízes como importantes órgãos de armazenagem.

Com o início do período de crescimento (estação chuvosa), ou após a tosa ou corte da parte aérea, as forrageiras reiniciam o crescimento. As necessidades de material para formação dos primeiros tecidos são satisfeitas basicamente pela mobilização de carboidratos prontamente disponíveis e mobilizáveis. Observa-se, então, uma depleção rápida nos níveis de reservas armazenadas na planta. Após a formação das primeiras folhas e quando estas já produzem carboidratos em quantidade suficiente para satisfazer suas necessidades metabólicas e de crescimento, as plantas passam a armazenar o excesso produzido, apresentando dois modelos: curva em forma de “V” e curva em forma de “U”. No primeiro caso, após uma rápida depleção das reservas para atender às fases iniciais do crescimento, a planta inicia a reposição, seguindo-se oscilações do percentual acumulado em razão da mobilização das reservas para satisfazer às necessidades de floração e formação dos frutos. A Figura 2 ilustra a curva para o capim Guiné (*Panicum maximum* Jacq.).

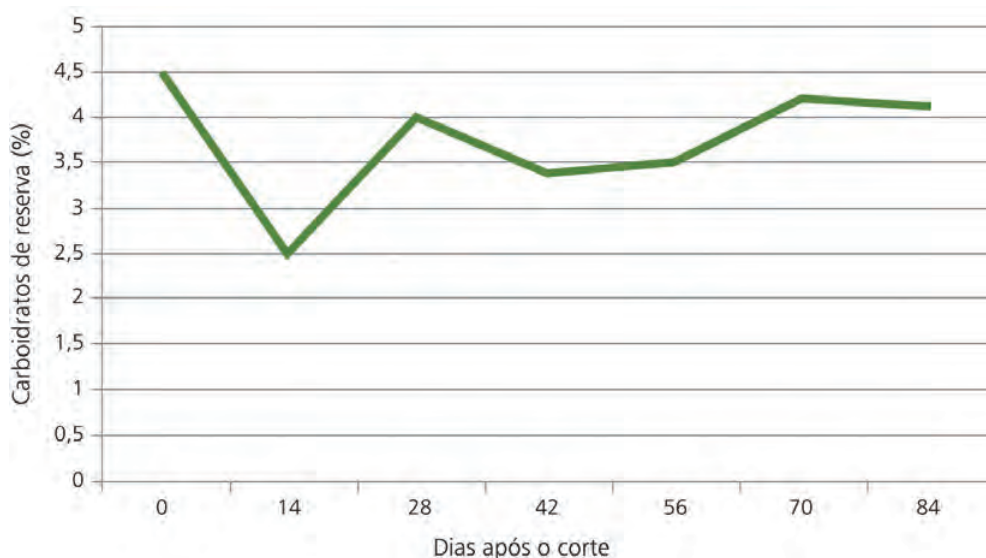


Figura 2. Mobilização de carboidratos reserva em “V” para o capim Guiné (*Panicum maximum* Jacq.).

Fonte: ARAÚJO FILHO (1968).

As espécies forrageiras apresentam, caracteristicamente, esse padrão de curva de mobilização. Por isso são bem adaptadas ao uso pelo pastejo ou corte, pois o período crítico, durante o qual suas reservas alcançam níveis baixos, é muito curto, possibilitando a rápida recuperação do crescimento.

No modelo da curva em “U”, a mobilização dos carboidratos de reserva é formada por três fases: depleção, seguida de um repouso prolongado, findo o qual, tem lugar a fase de reposição das reservas. Isso torna a planta muito susceptível aos efeitos da remoção da parte aérea, pois o período crítico é prolongado, dificultando a recuperação e podendo ocasionar a morte pela exaustão das reservas. A Figura 3 ilustra a curva em “U” para o marmeleiro (*Croton sonderianus*).

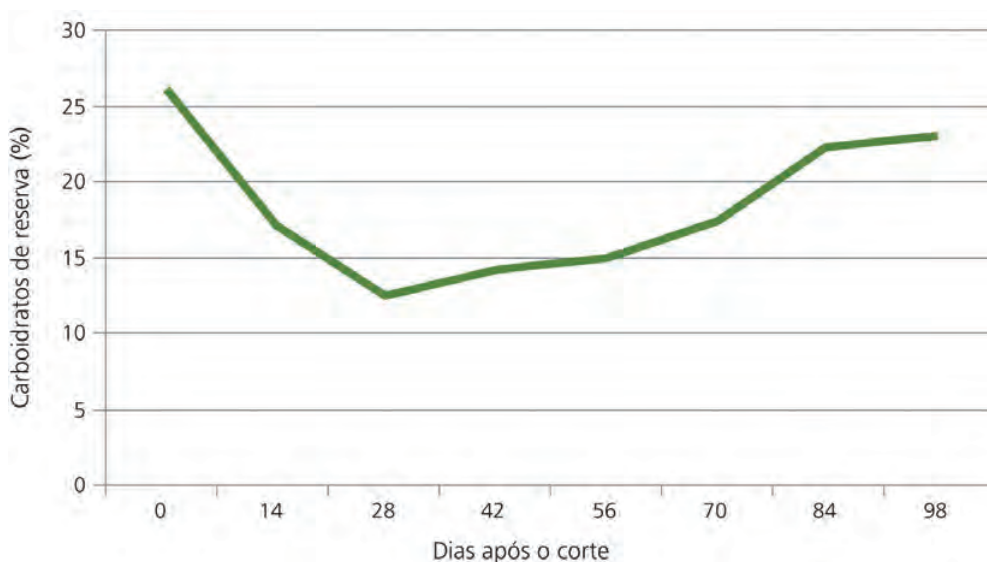


Figura 3. Mobilização de carboidratos de reserva em “U” para o marmeleiro (*Croton sonderianus*).

Fonte: CARVALHO (1994).

EFEITOS DA UTILIZAÇÃO SOBRE A FISIOLOGIA DAS PLANTAS FORRAGEIRAS

A utilização da forragem, tomada no sentido de remoção da parte aérea da planta pelo pastejo, é formada por quatro componentes: intensidade, frequência, época e seletividade.

Intensidade de uso corresponde ao percentual do material vegetal removido pela ação do pastejo ou corte da parte aérea. Frequência de utilização diz respeito ao número de vezes que a planta é usada em um determinado período de tempo. O seu recíproco é o intervalo de uso, que significa o número de dias entre duas utilizações sucessivas da forrageira. A época de uso relaciona-se com o aprontamento fisiológico da forrageira para a utilização. Esse pode ser afetado, tanto pelo estágio de crescimento, como pelas funções reprodutivas da planta. Assim, quando se trata de forrageiras perenes, em que a persistência na pastagem está relacionada com a sobrevivência das plantas adultas, a época de uso é ditada pela fase de desenvolvimento vegetal ou fase fenológica, em que a planta atinge o nível máximo de reposição das reservas, geralmente antes da floração. Em se tratando de forrageiras anuais, em que a persistência da planta na pastagem depende mais da produção de sementes viáveis, o aprestamento para pastejo é indicado pelo estágio fenológico da produção de sementes. Todavia, no caso de forrageiras anuais, o uso após a sementação pode significar perdas substanciais na qualidade da forragem. Nesse caso, a pastagem pode ser utilizada em pastoreio alternado, em que a área é dividida em duas parcelas, que são pastadas alternadamente em épocas diferentes do ano. Isso permite que sempre haja áreas para a produção anual de sementes. Outra opção seria a adoção de uma carga animal que resulte em uma baixa intensidade de pastejo na época de produção de sementes.

A intensidade e a frequência de uso da forrageira estão diretamente relacionadas entre si e com sua sobrevivência na pastagem. A primeira, ao determinar a quantidade de tecido verde restante, afeta o percentual das reservas a ser mobilizado para atender à retomada do crescimento. Já a segunda limita o tempo disponível para a planta repor suas reservas. As diferentes combinações dessas duas variáveis resultam em diferentes respostas da forrageira e da pastagem.

Assim, alta frequência e alta intensidade caracterizam a situação de sobrepastejo, em que as forrageiras são submetidas a uma elevada remoção de seu tecido verde e o período de repouso é insuficiente para sua recuperação, o que acarreta a exaustão das reservas, a morte da planta e a degradação da pastagem. Baixa frequência e baixa intensidade identificam situação de subpastejo, que resulta em perdas consideráveis de forragem, acumulação indesejável de macega, acarretando condições de máxima seletividade da forragem pelos animais, com conseqüente perda da uniformização do uso da pastagem.

Há também, em contrapartida, uma queda substancial na qualidade da forragem. As forrageiras podem ser prejudicadas em sua rebrota ou germinação de sementes pelo excesso de acúmulo de restolho. Muitas vezes, o fogo é utilizado como correção, com efeitos secundários indesejáveis para a pastagem. Alta frequência e baixa intensidade é a combinação em que a quantidade de tecido verde restante após o uso é elevada, permitindo à planta forrageira um pequeno intervalo de repouso. Isso possibilita alta seletividade da forragem, sendo aconselhada para animais de alta produção, desde que haja um repasse posterior com animais que possam utilizar forragem de baixa qualidade para sua manutenção. Baixa frequência e alta intensidade é a situação em que o longo período de repouso após uso permite que as plantas sejam utilizadas intensamente, uma vez que é garantido o tempo necessário para a reposição das reservas. É uma combinação que reduz a seletividade e uniformiza a pressão de pastejo, sendo aconselhada para pastagens nativas com grande número de espécies forrageiras. No entanto, considerando-se que, quanto maior a intensidade de pastejo, pior a qualidade da forragem, essa combinação deve ser ajustada em função da produtividade do rebanho.

A seletividade resulta das preferências do animal e pode ser exercida em nível da espécie de planta, da parte da planta, do seu local de ocorrência e da época do ano. Com referência à espécie de planta, sabe-se que em uma comunidade vegetal há espécies botânicas que, em razão de suas características organolépticas, tais como odor e sabor, são preferidas pelos animais, enquanto outras são inteiramente rejeitadas. Por outro lado, na planta componente da dieta de um animal há partes que são preferidas. Assim, folhas novas, inflorescências e frutos constituem as partes preferidas, em detrimento de talos, folhas secas e ramos herbáceos. Ovinos e caprinos são os ruminantes domésticos mais adaptados a exercer esse tipo de seletividade. O animal é seletivo, também, em relação ao local do pastejo, e isso resulta em maior uso das plantas que lá se encontram e, como consequência, em uma distribuição desuniforme da pressão de pastejo. Nesse aspecto, os bovinos são mais seletivos, tendendo a concentrar-se nas proximidades dos pontos de água, sazeiros e áreas planas da pastagem. Já os caprinos e ovinos apresentam uma melhor cobertura da área de pastejo, sendo que os primeiros tendem a ser mais dispersos e os últimos pastejam em grupos mais compactos. Por fim, determinadas espécies forrageiras são preferidas em certas épocas do ano em razão de alterações em suas qualidades organolépticas, tais como odor e paladar. Por exemplo, o sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*

Benth) é componente importante da dieta de ruminantes na caatinga durante a época das chuvas, quando suas folhas são tenras; sendo rejeitado na seca, quando suas folhas apresentam elevado teor de lignina e baixa digestibilidade. Já a catingueira (*Poincianera pyramidalis*) não é utilizada na estação das chuvas, quando suas folhas verdes apresentam odor desagradável, mas, no período seco, com a queda das folhas, torna-se um dos mais importantes componentes da dieta dos animais da caatinga.

ASPECTOS MORFOLÓGICOS DAS ESPÉCIES FORRAGEIRAS

Há diferenças morfológicas entre gramíneas e arbustos no que tange não só à forma de crescimento, como também à resposta morfológica à remoção da sua parte aérea. Os capins iniciam o crescimento pelo aparecimento das folhas de fora para dentro, começando pelas mais baixas do colmo, que formam um invólucro, protegendo-o, além da gema apical ou ponto de crescimento, do efeito do pastejo. Nessa fase do crescimento, o colmo se apresenta totalmente formado, mas com os entrenós ainda não desenvolvidos. O crescimento das folhas dá-se até a formação da lígula. A tosa das folhas, após essa etapa, paralisa o seu crescimento. Porém, com o início do alongamento dos entrenós, há a elevação do ponto de crescimento, o que torna passível a remoção pela tosa, ou pelo corte. Se isso ocorrer, cessa o desenvolvimento do colmo e novos colmos poderão crescer a partir das gemas basais ou axilares. Com o aumento da intensidade e frequência de corte, observa-se uma proliferação de novos colmos na base da touceira, a maioria dos quais não se desenvolverá, devido à exaustão dos carboidratos de reserva. A planta não utilizada tenderá a apresentar sempre um pequeno número de colmos, e o crescimento do diâmetro da touceira será lento. Quando usada no nível adequado, a planta mostrará um aumento do número de colmos com bom desenvolvimento e um rápido crescimento em diâmetro da touceira.

No caso de arbustos e de árvores, são encontradas, também, gemas basais, axilares e adventícias, com larga predominância destas últimas, como resposta a técnicas de manejo. Há, também, a dominância da gema apical em cada ramo, o que inibe o desenvolvimento das gemas axilares. O ramoneio alcança somente os ramos herbáceos. A remoção da gema apical paralisa o crescimento do ramo, provocando a rebrota das gemas laterais ou axilares. Sob condições de sobrepastejo, a planta tende a mostrar-se com proliferação

exagerada de novos ramos, com inibição da floração e da frutificação. Por outro lado, quando o caule da árvore ou do arbusto é cortado no rebaixamento, ocorrerá a formação e rebrotação de gemas adventícias, cujo número está relacionado com a espécie de planta. Assim, o sabiá poderá apresentar até 15 rebrotações por toco a partir de gemas adventícias; a leucena (*Leucaena leucocephala*) e a gliricídia (*Gliricidia sepium*), até 36; e o pau-branco (*Auxemma oncocalyx*) alcança acima de 60 rebrotações por toco.

ECOLOGIA DE PASTAGEM NATIVA

O manejo da pastagem nativa fundamenta-se nos princípios e leis da ecologia. A pastagem, antes de tudo, é um ecossistema e, portanto, as relações entre animais e plantas que o constituem são de natureza ecológica. Além disso, dois fenômenos ecológicos existentes entre os organismos das comunidades vegetais e animais são manipulados pelo manejo, quais sejam, a competição entre as espécies e a sucessão da comunidade vegetal da pastagem. Ademais, a pastagem nativa é geralmente um ecossistema frágil, onde a sustentabilidade da produção com base na conservação dos recursos naturais renováveis constitui o objetivo final a ser alcançado. Assim, é importante que seja considerado que o bem-estar do animal que utiliza a pastagem depende do bem-estar da pastagem. Um e outro não podem ser tomados separadamente.

A Ecologia é definida como a parte da biologia que trata das relações entre os organismos e o ambiente. Ambiente é o conjunto de todos os fatores que afetam o ser vivo, aqui chamado de fatores ambientais. O hábitat, por outro lado, é o ambiente concreto e característico de cada organismo, ou seja, o seu endereço no ecossistema. O nicho ecológico refere-se ao papel que o organismo desenvolve na comunidade, ou sua posição na cadeia alimentar, seja como produtor, seja como consumidor. A cadeia alimentar ou cadeia trófica é a maneira de expressar as relações de alimentação entre os organismos de uma comunidade, iniciando-se nos produtores e passando pelos predadores e decompositores, nessa ordem. Isso possibilita a circulação de nutrientes no ecossistema. Os caminhos percorridos ciclicamente, entre o meio físico e o biótico, pela água e pelos elementos químicos constituem os ciclos biogeoquímicos, que são processos naturais que reciclam elementos em diferentes formas químicas do ambiente para os organismos e vice-versa. Por exemplo, o gás carbônico (CO₂) da atmosfera é

absorvido pelas plantas, transformado em carboidratos pela fotossíntese, formando os tecidos e as reservas do vegetal. Este, ao respirar, já devolve o gás para a atmosfera. Ou, um herbívoro, ao consumir as folhas das plantas, utiliza os carboidratos como fonte de energia, os quais, ao serem metabolizados, liberam o CO_2 para a atmosfera. Ou, ainda, ao consumirmos um produto de origem animal, como o leite, utilizamos seus carboidratos para produzir energia para nosso metabolismo e, com isso, liberamos CO_2 para a atmosfera. Assim, simplificada, o gás carbônico circula da atmosfera para as plantas, destas para os animais herbívoros, destes para os carnívoros ou onívoros e de volta para atmosfera.

Ecosistema é qualquer área da natureza onde seres vivos e fatores abióticos interagem na troca de nutrientes e no fluxo de energia. Assim, no ecossistema os nutrientes circulam e a energia flui. Esta entra no ecossistema como energia luminosa e sai como energia calorífica, perdendo-se no espaço.

Os seres vivos que compõem a porção biótica do ecossistema são classificados em cinco categorias, de acordo com o papel que desempenham:

1. Produtores são os vegetais, os únicos que capturam a energia solar e, partindo de substâncias minerais simples, sintetizam compostos orgânicos mais ou menos complexos.
2. Consumidores são os animais que se alimentam das plantas, como os herbívoros (ovelha), ou outros animais, como os carnívoros (raposa).
3. Detritívoros ou necrófagos (urubu) são os animais que se alimentam de restos orgânicos (plantas ou animais mortos) e constituem a primeira etapa na decomposição da matéria orgânica.
4. Decompositores são os microorganismos, que decompõem a matéria orgânica, exercendo, assim, importantes atividades na circulação dos minerais.
5. Manipuladores são os organismos que, deliberadamente, reorganizam os componentes do ecossistema em seu próprio benefício (homem).

FATORES AMBIENTAIS

Todo organismo é submetido, em seu ambiente, à ação dos chamados fatores ambientais. Didaticamente são classificados nas seguintes categorias: climáticos, edáficos, fisiográficos, bióticos, péricos e antrópicos.

Fatores climáticos

O clima é definido como os padrões do tempo meteorológico em longo prazo. Por outro lado, tempo meteorológico refere-se às condições atuais da atmosfera, podendo ser previsto pela meteorologia. São componentes do clima: precipitação, temperatura, luz solar e atmosfera.

Precipitação – consiste na queda da água na forma líquida (chuva), em flocos de cristais de gelo (neve) ou sólida (granizo), que se dá por meio do processo da coalescência das gotículas de água ou de gelo que formam as nuvens. Em nossa região, a precipitação pluvial é a única forma de ocorrência, sendo raríssima a precipitação na forma de granizo. Constitui a fonte principal de oferta de água para a planta e os animais. A precipitação pluvial é medida em milímetros, cujo valor corresponde à altura da lâmina de água que se formaria sobre o solo, após uma chuva, se a água não escorresse ou não se infiltrasse.

As nuvens formam-se pela condensação de vapor d'água atmosférico, em função do gradiente térmico da camada gasosa que envolve a terra e que equivale a 9,8°C para cada 1.000 m de elevação, para a região da caatinga. O gradiente térmico consiste na redução da temperatura do ar conforme ocorre a elevação de altitude em relação à superfície do solo. Há três tipos básicos de nuvens: *Cirrus* – nuvem branca, plana, de elevada altitude, formada por cristais de gelo; *Cumulus* – nuvem de desenvolvimento vertical, podendo ter sua base a partir de 1.000 m e alcançar altura superior a 12.000 m. A água se encontra em forma líquida na parte inferior e gelo na superior; *Stratus* – nuvens planas, que dão ao céu aparência de mosaico, formadas por gotículas d'água (Figura 4). Diversas formas de nuvens são originadas a partir da combinação dos tipos acima descritos, tais como cúmulo-nimbo, cirro-estrato, estrato-cúmulo, etc.



Figura 4. Cúmulo, altocúmulo e cúmulo-nimbo.
Fotos: J. A. Araújo Filho.

Para que haja, pois, a condensação do vapor d'água e a formação de nuvens, é necessário que uma massa de ar seja elevada, provocando o seu resfriamento adiabático. Alcançando a altitude do ponto de orvalho, ou seja, a temperatura em que a umidade relativa do ar atinge os 100%, a massa de ar se satura e o excesso de vapor de água passará à forma líquida, formando as gotículas de água da nuvem. Isso pode ocorrer por meio de três mecanismos: frontal, orográfico e convectivo.

O frontal refere-se às chamadas frentes, que podem ser frias ou quentes. No primeiro caso, são enormes massas de ar frio e seco que se deslocam dos polos para o Equador. Funcionam como uma cunha que força o ar quente regional a elevar-se, resultando na condensação, formação de nuvens do tipo cúmulo-nimbo e precipitação acompanhada de muita turbulência atmosférica. As características da chuva originada são grande abrangência geográfica, alta intensidade, longa duração, e é associada à queda da temperatura regional. Já a frente quente consiste no deslocamento de massas de ar quente do Equador para os polos. Nesse caso, o ar quente, ao encontrar o ar mais frio da região, é elevado, formando nuvens do tipo estrato. A chuva resultante é de baixa intensidade e longa duração.

O orográfico resulta da presença de serras e montanhas, que força a massa de ar em movimento a elevar-se provocando a formação de nuvens do tipo cúmulo-nimbo. Um serrote de 300 m de altura já tem efeito sobre a distribuição da precipitação pluvial média de uma região, que tende a aumentar até uma altitude de 3.000 m, quando se inicia um decréscimo progressivo. As chuvas de origem orográfica são localizadas e ocorrem em regiões montanhosas. Dois são os efeitos orográficos sobre a precipitação pluvial média de uma região: *efeito de aproximação* – observado do lado dos ventos dominantes (barlavento), quando há aumento das chuvas com relação à média regional; *efeito de sombra de chuva* – do lado oposto aos ventos dominantes (sotavento), quando se observa um decréscimo das precipitações com relação à média regional.

O mecanismo convectivo resulta do aquecimento desuniforme da superfície da terra em função das variações de cobertura do solo: pedras, vegetação verde, vegetação seca, águas e solo nu, que resultam em elevação de massas de ar, formando nuvens do tipo cúmulo. É o principal mecanismo de chuvas nos sertões, e as precipitações são caracterizadas por fenômenos atmosféricos (ventos fortes, raios e trovões), curta duração, alta intensidade e pequena abrangência geográfica (Figura 5).



Figura 5. Mecanismos de formação de nuvens.

Fonte: Adaptado de Meteorologia. In: Acampamento, 29 jun. 2008. Site Wikidot. Disponível em: <<http://acampamento.wikidot.com/meteorologia#toc17>>. Acesso em: agosto 2013.

A eficiência da precipitação para o crescimento vegetal depende de sete fatores: média anual, intensidade, duração, distribuição, temperatura do ar e do solo, velocidade do vento e umidade relativa do ar. A precipitação média anual de uma região tem efeito direto sobre o tipo de vegetação, podendo-se indicar geralmente que: de 0 a 250 mm/ano – região desértica (vegetação anual e cactáceas); de 250 a 750 mm/ano – pastagem, savana ou mata aberta (predominância de gramíneas); de 750 a 1.250 mm/ano – floresta seca (predominância de pequenas árvores e arbustos); acima de 1.250 mm/ano – floresta úmida (predominância de árvores). A intensidade da chuva é medida em milímetros por hora. Quanto mais intensa for a chuva, menor sua eficiência do ponto de vista das plantas, pois a maior parte da água caída será perdida por escoamento superficial, podendo causar erosão acelerada e enchentes. A duração refere-se ao tempo de ocorrência de cada chuva. A longa duração associada à baixa intensidade aumenta a eficiência das chuvas. A distribuição refere-se aos meses do ano em que acontece a estação das chuvas, sendo geralmente concentrada em poucos meses nas regiões semiáridas. As temperaturas do ar e do solo, a velocidade do vento e a umidade relativa do ar afetam a eficiência das precipitações pluviais pelos seus efeitos sobre a evaporação.

Temperatura – Temperatura é a medida da energia que uma substância contém, enquanto calor é a quantidade de energia presente na substância. Assim, um copo de água e uma caixa de água com a mesma temperatura têm quantidade de energia (calor) diferen-

tes, pois, para aquecer ambos à mesma temperatura, precisa-se de mais energia para a caixa de água do que para o copo de água. A temperatura ambiente varia com a quantidade de radiação infravermelha recebida, com o movimento do ar e com a proximidade do oceano. Já a de um corpo é afetada pelo calor específico da substância, pela sua cor e pelo teor de água. Por outro lado, a temperatura sofre variações diurnas, em função do movimento aparente do sol, e anuais, determinadas pelas estações do ano. Nos trópicos, as variações anuais da temperatura são geralmente inferiores às diurnas, e as estações do ano são identificadas pelos períodos de ocorrência das chuvas ou de sua falta.

O Sol constitui a fonte maior de calor para a Terra, que chega como um componente da radiação magnética. A Terra absorve essa radiação e a devolve na forma de radiação infravermelha, parte da qual retorna à Terra pela reflexão da atmosfera, causando o efeito estufa, que mantém a temperatura média do planeta em torno de 15°C, valor este compatível com a vida.

A temperatura afeta os organismos influenciando na sua química e, por consequência, na sua fisiologia. Cada função fisiológica do vegetal ou do animal é delimitada por três valores de temperatura, também chamados de temperaturas cardeais: *mínima* – a temperatura abaixo da qual a função fisiológica é paralisada; *ótima* – a temperatura em que a função tem seu valor ótimo; e *máxima* – a temperatura acima da qual a função paralisa.

A temperatura do ar é um fator muito importante na distribuição geográfica da vegetação, que juntamente com a umidade do solo operam da seguinte maneira: de regiões quentes para frias, a distribuição das plantas é governada pela temperatura mínima noturna, que delimita a amplitude ecológica das espécies vegetais. Já das regiões frias para as quentes, a umidade é fator que delimita a amplitude ecológica dos organismos. Então, a média anual das precipitações pluviais determina o tipo de vegetação (savana, pastagem, floresta) e a temperatura determina que espécies botânicas irão compor a vegetação. Mesmo em uma única região climática, a distribuição das espécies vegetais é afetada pelas variações de temperatura e umidade. Assim, no caso de uma montanha, a ocorrência de espécies do vale para o topo é limitada pela temperatura mínima noturna; e a das espécies de montanha para o vale, pela disponibilidade de água. Portanto, é possível ver espécies do alto da serra formando galerias, seguindo os cursos d'água e alcançando o vale.

Os organismos se adaptam à temperatura por meio de três mecanismos: tolerância, controle e escapismo. A tolerância à temperatura varia de acordo com o ser vivo: há os altamente tolerantes, chamados de euritêrmicos (o camelo), e há os de baixa tolerância, denominados de estenotêrmicos (urso), que recorrem ao mecanismo de escapismo (hibernação) para sobreviver ao inverno (estação fria). Por outro lado, há animais que controlam sua própria temperatura corporal, os homeotêrmicos ou endotêrmicos (mamíferos e aves), e há os que dependem do calor solar para manter sua temperatura corporal, os poiquilotêrmicos, pecilotêrmicos ou exotêrmicos (répteis, batráquios e peixes).

Do ponto de vista pastoril, nas regiões tropicais as temperaturas elevadas afetam a produtividade dos rebanhos, principalmente quando os animais são criados a pasto. Assim, a arborização das pastagens constitui um fator fundamental para o bom desempenho dos rebanhos, proporcionando, por seu sombreamento, o indispensável conforto térmico aos animais. Por outro lado, a cobertura do solo por manta orgânica ou serrapilheira reduz a temperatura em sua superfície, protegendo o banco de sementes das espécies nativas e controlando as perdas de água pela evaporação, aumentando a resistência da vegetação aos veranicos comuns na época das chuvas.

Luz Solar – Entre as emissões de energia do sol, a luz visível está compreendida entre os comprimentos de onda de 290 a 700 nm. Um nanômetro (nm) corresponde à bilionésima parte de um metro. O espectro da luz solar compõe-se das seguintes cores: violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho, que são as cores do arco-íris. A luz solar é a única fonte de energia para as plantas e é essencial no processo fotossintético. O efeito da luz sobre os organismos é exercido pela intensidade, pela qualidade, pelo total anual acumulado e pelo comprimento do dia. A intensidade refere-se à quantidade de energia luminosa recebida por unidade de área e de tempo. A qualidade diz respeito à composição de cores da luz solar, que é afetada pela vegetação dominante. O total anual acumulado relaciona-se com o número de horas de luz que foi acumulado pela folhagem da planta e determina a sequência do ciclo fenológico na floração.

A radiação de cor azulada é a mais absorvida pelas plantas, sendo a mais eficiente para o processo fotossintético. Já a de cor verde é inteiramente refletida pelas

folhas das plantas, o que lhes dá a cor característica, e é a radiação de menor eficiência fotossintética. Por outro lado, a intensidade da luz afeta diretamente as espécies vegetais, que podem ser classificadas em: *heliófilas* – as que toleram e crescem em plena luz; e *umbrófilas* – as que se desenvolvem, preferencialmente, à sombra. Considerando os animais, as árvores são plantadas ou preservadas nas pastagens a fim de proporcionar conforto térmico para eles, por meio da sombra. Ademais, a manipulação da vegetação lenhosa da caatinga, com o objetivo de incrementar a produção de forragem do estrato herbáceo, afeta a quantidade e a qualidade da luz disponível para eles. Isso porque, na competição pela luz, as espécies dominantes diminuem a quantidade e afetam a qualidade da radiação luminosa para uso pelas subordinadas (Figura 6).



Figura 6. A sombra nas pastagens nativas.
Fotos: J. A. Araújo Filho.

Atmosfera – A atmosfera é o invólucro gasoso que envolve a Terra. É dividida, geralmente, em quatro camadas: troposfera (0 a 12 km), estratosfera (12 a 50 km), mesosfera (50 a 95 km) e termosfera (acima de 95 km). Os fenômenos climáticos têm lugar na troposfera.

A atmosfera, não incluindo o vapor de água, é composta de nitrogênio (78%), oxigênio (21%), argônio (0,93%) e dióxido de carbono (0,042%), além de numerosos outros gases, tais como neônio, hélio, criptônio, xenônio, hidrogênio e ozônio, que juntos perfazem cerca de 0,01%. O ozônio, embora em baixíssima quantidade, próximo

à superfície terrestre, apresenta uma elevação abrupta da concentração à altitude de 25 km, onde passa a funcionar como um filtro para as radiações ultravioletas do sol, as quais são letais a toda espécie de vida.

O principal componente da atmosfera, o nitrogênio, não é disponível para as plantas como ele se encontra. No entanto, pode ser absorvido pelas bactérias nitrificantes, em simbiose principalmente com as leguminosas, ou chegar ao solo e ser utilizado pelos vegetais em forma de nitritos e nitratos, formados pelas descargas elétricas na atmosfera. O oxigênio é utilizado constantemente pelos seres vivos no processo respiratório, para queima de compostos energéticos e produção de energia para os organismos. Nos ecossistemas do planeta Terra, o oxigênio e o gás carbônico estão constantemente sendo usados, transformados e trocados, de tal maneira que seus ciclos são interdependentes. A respiração de todos os seres vivos absorve oxigênio e libera gás carbônico, enquanto a fotossíntese dos vegetais absorve gás carbônico e libera oxigênio.

O dióxido de carbono, embora em quantidades diminutas na atmosfera, é fundamental para a vida na Terra, pois através dos processos fotossintéticos o gás fornece os átomos de carbono para a síntese de compostos orgânicos e libera oxigênio para a atmosfera. Com o início da era industrial, o homem começou a influir no teor de CO_2 na atmosfera. Nos últimos trinta anos a quantidade de CO_2 na atmosfera cresceu de 280 para 420 ppm. Como o dióxido de carbono deixa passar as radiações solares, mas retém as emissões caloríferas da terra para o espaço, ter-se-á, então, o incremento do “efeito estufa”, que está resultando no aquecimento paulatino da atmosfera terrestre. Além dos componentes gasosos citados, a atmosfera terrestre contém em suspensão um sem-número de outros constituintes, tais como vapor de água, poeira, fumaça, microorganismos, grãos de pólen, gases industriais, etc.

Ainda do ponto de vista da importância da atmosfera para os seres vivos, temos de considerar o vento. Esse fenômeno é resultado do movimento horizontal e vertical de massas de ar que se deslocam das áreas mais frias (ar mais denso) para as mais quentes (ar menos denso). O movimento vertical ascensional é o responsável pela formação das nuvens e das precipitações. Já o horizontal é o mais sentido, em razão dos efeitos catastróficos que podem causar, no caso de furacões, tufões e tempestades. Todavia, mesmo em condições normais, o vento é responsável por dessecações, nanismo, deformações, modificações anatômicas, acamamento, derrubada e abrasão de árvores e erosão do solo,

disseminação de doenças em plantas e animais, bem como polinização e propagação de propágulos vegetais. Por outro lado, o vento tem sido usado pelos homens para mover navios, moinhos e, recentemente, para produção de energia elétrica, por meio de turbinas eólicas (Figura 7).



Figura 7. As duas faces do vento: deformação e formação.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

Fatores edáficos

O solo, além de servir como meio de fixação das plantas, fornece-lhes a maior parte dos nutrientes necessários para sua existência. Do ponto de vista ecológico, não se pode estudar o solo separadamente da vegetação, pois ambos evoluem juntos, se autoinfluenciando. Para cada tipo de solo tem-se uma comunidade vegetal específica. Na realidade, alguns autores consideram o solo um complexo composto de elementos minerais, húmus e organismos, como uma espécie de ponte entre os componentes bióticos e abióticos do ecossistema. A conservação das características físicas, químicas e biológicas do solo e a proteção contra a erosão eólica ou hídrica constituem pontos-chave do manejo da pastagem nativa.

Os solos formam-se a partir da decomposição das rochas sob ação do intemperismo e dos organismos. No início do processo de formação, as características do solo e da vegetação são determinadas principalmente pela natureza do material de origem. Porém, à medida que ambos amadurecem, o clima, principalmente no que tange à temperatura e à precipitação, passa a ser o fator dominante na determinação do solo e da vegetação.

Do ponto de vista ecológico, ou seja, como determinantes das características da comunidade vegetal, são importantes as seguintes características do solo: textura, estrutura, profundidade, porosidade, densidade, acidez, fertilidade e capacidade de retenção de água. A textura diz respeito aos teores de areia, argila e silte, ou limo do solo. A estrutura refere-se à formação de aglomerados compostos de partículas de areia, argila e silte. Na formação e manutenção dos aglomerados, a matéria orgânica tem papel fundamental, pois, através da decomposição, libera substâncias que agem como aglutinantes ou “cola”, que os mantêm firmes. As queimadas da agricultura e o sobrepastejo reduzem drasticamente a deposição da matéria orgânica, enfraquecendo, assim, a estrutura do solo e resultando em aceleração da erosão eólica e hídrica, que removem a argila e o silte, alterando sua textura nas camadas superficiais, e tornando o solo arenoso, típico de regiões desérticas. A porosidade e a densidade são características inversas: solos porosos têm baixa densidade e solos compactados têm baixa porosidade. Os excessos de pisoteio animal na pastagem, bem como o tráfego de maquinaria pesada, aumentam a densidade pela compactação do solo e reduzem sua porosidade. O solo tem, então, reduzidas sua taxa de infiltração e a capacidade de retenção de água. Com isso, aumentam os riscos de erosão, a ocorrência de assoreamentos dos mananciais e enchentes e a diminuição da cobertura vegetal, por causa do declínio da emergência e desenvolvimento das plantas.

Fatores fisiográficos

São considerados fatores fisiográficos a latitude, a altitude, a declividade e a exposição. Os efeitos da fisiografia em termos ecológicos são indiretos, uma vez que atuam sobre os fatores climáticos.

Chama-se latitude a distância da posição geográfica de um objeto ao Equador, medida ao longo do meridiano de Greenwich. Essa distância é expressa em graus, podendo variar entre 0° e 90° para Norte ou para Sul, cada grau vale 60 minutos e cada minuto, 60 segundos. Considerando a circunferência da Terra no Equador, que é de 40.000 km, um grau de latitude corresponde aproximadamente a uma distância de 111,1 km, um minuto equivale a 1.852 m, e um segundo vale 31 m. Com base na latitude, pode-se dividir a Terra, geograficamente, em quatro zonas: Tropical, Subtropical, Temperada e Ártica. A Zona Tropical situa-se entre o Trópico de Câncer (23°27' N) e o Trópico de Capricórnio (23°27' S). Todavia, devem ser descartadas como verdadeiramente tropi-

cais muitas áreas montanhosas que, embora se localizem na Zona Tropical, por apresentarem baixas temperaturas e umidade, têm somente duas estações: a das chuvas e a seca. Na região Tropical, temperaturas elevadas, combinadas ou não com altos índices de umidade do ar, resultam em estresses para as plantas e para os animais ao longo de praticamente todo o ano. A Zona Subtropical situa-se entre a Zona Tropical e a Temperada, ou seja, entre as latitudes de 23°27' N e 30° N e 23°27' S e 30° S, consistindo de áreas de maior aridez que as tropicais, onde se localizam os maiores desertos do planeta. A Zona Temperada situa-se entre os paralelos de 30° a 60°, tanto no hemisfério norte, como no sul. Nessa faixa, a luminosidade solar é menos intensa, as quatro estações do ano estão bem definidas e as plantas e os animais devem adaptar-se aos rigores da estação fria. Já a Zona Ártica localiza-se acima dos paralelos 60° em ambos os hemisférios e é caracterizada por limitações na luminosidade e por temperaturas extremamente baixas, determinando profundas adaptações nos organismos em geral e migração estacional de espécies animais.

A altitude, geralmente medida em metros acima do nível do mar, determina a amplitude ecológica das espécies vegetais, por seus efeitos sobre a temperatura e pluviosidade. Como se viu anteriormente, a altitude máxima que uma espécie pode atingir é determinada pela temperatura mínima noturna, enquanto a disponibilidade de água limita o mínimo de altitude que uma espécie de montanha pode atingir.

A declividade, medida em graus ou porcentagem, afeta a vegetação pelo seu efeito sobre a distribuição de energia solar e da umidade, em nível do solo. Quanto maior a declividade, menor a temperatura alcançada pelo solo, o que afeta as perdas de água por evaporação. Por outro lado, há também um aumento de velocidade do escoamento superficial e aceleração do processo de erosão. Assim, conforme recomendações técnicas, de 0-10% de declividade podem ser mínimas as práticas de conservação de solo; na exploração agrícola de 10-25%, a construção de cordões de contorno, terraços e patamares é condição essencial ao estabelecimento da atividade agrícola. Acima de 25% de declividade cessaria a exploração agrícola, e somente atividades silvipastoris de baixa intensidade seriam aconselhadas.

Exposição diz respeito à direção para a qual está voltada a vertente da serra. Seus efeitos se fazem sentir basicamente na precipitação, temperatura e, por conseguinte, disponibilidade de água. Na região do Semiárido nordestino, as vertentes voltadas para o leste são geralmente

mais frias e de maior ocorrência de precipitações, pois se situam a barlavento, ou seja, estão voltadas para a direção dos ventos dominantes. Já as encostas direcionadas para o oeste, isto é a sotavento, no lado oposto ao dos ventos dominantes, têm temperatura médias mais elevadas e menores índices pluviométricos. A Figura 8 ilustra uma área barlavento, no município de Itapagé, no Ceará, e a outra, de sotavento, no município de Irauçuba, no mesmo Estado.



Figura 8. Vegetação a barlavento e a sotavento.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

Fatores bióticos

São considerados bióticos todos os efeitos causados pelos organismos em um ecossistema que condicionam as populações que o formam. A interação e a interdependência entre os diversos seres vivos que compõem o ecossistema é a condição essencial para sua própria sobrevivência. Mesmo as plantas verdes, que sintetizam seu próprio alimento, muitas vezes dependem de insetos para efetuar a polinização e, assim, garantir a perpetuação da espécie.

Há diversos sistemas de classificação das relações entre os organismos. Será discutida aqui a classificação de Barry. Nesta, a relação entre os organismos recebe o nome genérico de simbiose, que pode ser:

I – *Disjuntiva*, isto é, os organismos não mantêm contato constante.

A) *Social* – Há benefícios mútuos para as espécies envolvidas. Por exemplo, o gregarismo, que serve aos propósitos de proteção e reprodução.

B) *Nutritiva* – Envolve o funcionamento da cadeia alimentar. Pode ser:

1. *Antagônica* – Com vantagem para só uma das partes. Por exemplo: pastoreio e predatismo.
2. *Recíproca* – Com vantagem para ambas as partes. Por exemplo: polinização provocada pelo inseto e cultivo de fungos pelas formigas.

II – *Conjuntiva*, isto é, organismos diferentes vivendo em contato recíproco.

A) *Social* – Epifitismo, como no caso das orquídeas.

B) *Nutritiva* – Envolve o funcionamento da cadeia alimentar. Pode ser:

1. *Antagônica* – Apenas um dos membros tira vantagem. Por exemplo: parasitismo.
2. *Recíproca* – Ambos os membros se beneficiam. Por exemplo: a simbiose entre as leguminosas e as bactérias do gênero *Rhizobium*.

Fatores píricos

O fogo tem sido um fator preponderante da ecologia terrestre, determinando em muitas regiões o tipo de vegetação predominante. Fogos originados do impacto das descargas atmosféricas ou de raios sobre material orgânico na terra foram os primeiros a ocorrer no planeta. Depois, o homem aprendeu a utilizá-lo, não somente para o aquecimento de suas habitações, como também para caça. Queimando extensas áreas de vegetação, o caçador primitivo sabia que o rebrote novo atraía os animais, o que facilitava a caça. Posteriormente, o fogo passou a fazer parte do cenário agrícola.

As plantas adaptaram-se ao fogo, quer pelo desenvolvimento de grossa camada de cortiça que envolve as partes em crescimento, quer pelo posicionamento de gema de rebrota sob a superfície do solo. As gramíneas alcançam um excelente nível de sobrevivência ao fogo. Nessas, não só a parte aérea é facilmente “descartável”, como também as gemas responsáveis pela sobrevivência das plantas estão abaixo da superfície do solo. Daí por que, para muitos ecologistas, as pastagens nativas com predominância de gramíneas se originaram e se mantêm sob a presença de fogos acidentais ou propositais. A retirada do fogo dessas áreas as faria retornar à situação de floresta.

O fogo tem sido utilizado como instrumento de controle do mato ou remoção de macega, tanto nas práticas da agricultura itinerante nas regiões tropicais, como no manejo de pastagens, através do mundo. Em ambos os casos, seus efeitos têm sido prejudiciais aos ecossistemas e ao planeta Terra como um todo. De fato, as enormes queimadas que

ocorrem em nosso país têm, segundo os cientistas, concorrido significativamente para o aumento do CO₂ na atmosfera, contribuindo para o incremento do “efeito estufa”. O uso do fogo nas pastagens brasileiras é um indicativo do manejo inadequado, e tem contribuído para a degradação delas, não só pelo superpastoreio que se segue à rebrota das gramíneas após a queimada, como pela destruição da matéria orgânica e quebra da estrutura do solo superficial. No caso das pastagens nativas do Semiárido nordestino, não parece haver justificativa para o uso do fogo, uma vez que a fitomassa produzida anualmente não é suficiente para oferecer uma cobertura morta adequada à proteção do solo e manter um nível adequado de matéria orgânica. Vale ressaltar que só o intemperismo normal na região consome anualmente cerca de 90% da serrapilheira.

Fatores antrópicos

Como espécie, o homem é o animal que mais afeta os ecossistemas do planeta Terra. Dotado de inteligência elevada, o homem é o único manipulador do ecossistema, transformando-o e orientando-o para seu usufruto, mas, muitas vezes, por ação proposital ou sem conhecimento das consequências, concorrendo decisivamente para a rápida degradação e destruição. Muitas das tecnologias criadas pelo homem parecem estar baseadas em dois “princípios”: (1) a natureza é um depósito infinito de lixo e (2) a energia é gratuita. Isso resultou em níveis de poluição e degradação dos ecossistemas que estão pondo em risco a própria vida na Terra. A morte de muitos rios, a desertificação de regiões outrora cobertas por florestas, a destruição paulatina da camada de ozônio, a poluição da atmosfera, tornando-a insuportável em algumas grandes cidades, o aumento do poder corrosivo do ar, o aumento da temperatura, a destruição da fauna e da flora na Terra, são alguns dos exemplos mais comuns que estão na mídia no nosso dia a dia.

Mas a sociedade está despertando e começando a preocupar-se com as relevantes questões ambientais. O processo está aprofundando-se. Hoje se toma conhecimento quase que diariamente das ações de preservação e conservação movidas por grupos sociais atuantes e que se revelam, desde a salvação de uma árvore em uma rua de uma cidade, até a “ressurreição” de rios antes considerados mortos e recuperação de ecossistemas inteiros. O poder da ecologia na sociedade brasileira tem se manifestado na criação de instituições oficiais federais, estaduais e municipais como sentinelas da preservação ambiental. Por outro lado, os processos tecnológicos estão passando por profundas

modificações, e a tônica de hoje é o desenvolvimento sustentável, um conceito calcado em princípios ecológicos. Na agricultura cresce a mobilização da sociedade civil e de setores do meio científico-acadêmico para frear o uso dos agrotóxicos, tentando pressionar por um maior controle do Estado e estimulando o desenvolvimento de sistemas agrícolas menos dependentes de insumos industrializados. A Agroecologia, entendida aqui como a aplicação ou o casamento da ecologia com a agricultura, é a grande bandeira hodierna. Queremos crer que a ecologia é a ciência-base do milênio. A simplificação destrutiva dos ecossistemas naturais promovida pela “modernização da agricultura” dará lugar às técnicas de agricultura e pecuária que imitam o seu funcionamento, levando à explosão da vida nas áreas degradadas.

SINECOLOGIA

O estudo das relações mútuas entre os organismos das comunidades animais ou vegetais e sua interação com os fatores ambientais constituem o objeto de estudo da Sinecologia. A comunidade pode ser definida como um agrupamento de indivíduos, vivendo em uma mesma área geográfica e mantendo relações mútuas entre si. O que diferencia os conceitos de população e comunidade é exatamente a interação entre os organismos desta última. As relações mútuas entre os componentes da comunidade são: competição, dependência e estratificação.

Competição é a relação que existe entre dois ou mais seres vivos, toda vez que apresentem semelhanças de demanda sobre fatores ambientais limitados. Pode ocorrer competição, no caso dos vegetais, por luz, espaço, água e nutrientes. A competição é mais intensa quando se dá entre indivíduos da mesma espécie (intraespecífica), do que entre indivíduos de espécies diferentes (interespecífica). No caso da vegetação, a competição entre plantas da mesma espécie não afeta a composição florística da comunidade, mas entre vegetais de espécies diferentes é responsável pela sucessão vegetal. A competição é um fenômeno ecológico básico no manejo da pastagem nativa. De fato, plantas competem entre si, sendo fortemente afetadas pelo animal que delas se alimenta. Em uma pastagem, as espécies forrageiras mais apetecíveis sofrem maior pressão de pastejo que as menos palatáveis. Com isso perdem muito de sua capacidade competitiva e podem eventualmente ser eliminadas pelo pastejo. O ajuste dos parâmetros do pastoreio (carga

animal, época, tipo de animal, etc.) é o instrumento utilizado para mitigar os efeitos da competição e permitir o equilíbrio da composição botânica da vegetação da pastagem, com a permanência das espécies de maior valor forrageiro e econômico.

Dependência é a relação presente em todos os níveis da comunidade, envolvendo todos os seus componentes. As cadeias alimentares são uma longa corrente de interdependência entre animais e plantas. Por exemplo, o inseto cavalo do cão (*Pepsis* sp) caça a aranha caranguejeira (*Teraphosa* sp) para depositar seus ovos e garantir sua reprodução. Já esse aracnídeo tem a cobra jararaca (*Bothrops*) fazendo parte de sua cadeia alimentar. O desaparecimento da caranguejeira possivelmente resultará na virtual extinção do cavalo do cão e no aumento da população de jararacas. Também, na caatinga, espécies nativas de maracujá (*Passiflora* sp) dependem da presença do manganá (*Bombus* sp) para a sua polinização e reprodução.

Estratificação é a relação que resulta no arranjo dos organismos em camadas horizontais, a fim de possibilitar um maior aproveitamento do potencial do ecossistema. É uma relação presente nas comunidades vegetais que podem apresentar geralmente até três estratos: arbóreo, arbustivo e herbáceo. A estratificação pode verificar-se tanto na parte aérea das plantas como em seus sistemas radiculares. Vale salientar que, em pastagens nativas, dada a riqueza botânica de sua vegetação e as diferenças nos hábitos e preferências alimentares dos animais que nelas se alimentam, observa-se, também, uma estratificação de pastejo.

As respostas às práticas e técnicas do manejo da pastagem devem ser buscadas, em primeiro lugar, na comunidade vegetal. É ela quem recebe com maior intensidade o impacto do pastoreio, e de seu comportamento depende o dos demais componentes do ecossistema, incluindo os animais. Assim, é fundamental que sejam avaliadas as mudanças que a vegetação demonstra, principalmente em sua estrutura. As características estruturais de uma comunidade vegetal relacionam-se com o número (densidade), a distribuição (frequência) e o espaço ocupado (cobertura) das espécies botânicas que a compõem.

A densidade refere-se ao número de plantas por unidade de área, geralmente expressa em planta/ha. Quando se toma o número total de indivíduos, independentemente da espécie, tem-se a densidade total. Se se considerar somente os indivíduos de uma dada espécie vegetal, obtém-se a densidade específica. Expressando-se a densidade específica

como porcentagem da densidade total (Dt), tem-se a densidade relativa. Por outro lado, a densidade é um parâmetro muito utilizado, principalmente quando se quer determinar a reocupação das áreas por plantas lenhosas após o tratamento do controle, a cobertura de espécies lenhosas, a produção madeireira e a produção de forragem por árvores e arbustos.

Frequência é a medida da dispersão ou distribuição das espécies na área da comunidade vegetal. Também indica a probabilidade de se captar uma dada espécie em amostragem. Assim, uma frequência de 80% para o capim panasco (*Aristida adscencionis*) pode ser interpretada como a ocorrência da gramínea em 80% da área ocupada pela comunidade, ou uma probabilidade de 80% de presença do capim na amostragem. A frequência é um evento probabilístico e é registrado simplesmente como presença ou ausência da espécie na área do quadro de amostragem, indiferentemente do número de indivíduos. A frequência pode ser específica e relativa. A primeira é a que geralmente se obtém no processo amostral. Já a segunda é calculada a partir da expressão da frequência específica como percentual do somatório das frequências de todas as espécies presentes na área.

Cobertura refere-se à área sob a projeção vertical das copas das plantas, expressa como porcentagem da unidade de área, geralmente o hectare. É um indicativo do “volume” da vegetação ou da área ocupada por ela. A cobertura serve também como critério para identificação das espécies dominantes da comunidade. A cobertura pode ser medida como: cobertura da copa, cobertura foliar e cobertura basal. Na primeira, tem-se a cobertura como projeção vertical da copa, sem se preocupar com áreas abertas ou superposição da folhagem. Na segunda, leva-se em consideração a cobertura da folhagem somente, descontando-se os espaços vazios; e a última refere-se à área ocupada pelo somatório das áreas das seções dos caules tomadas à altura de peito (DAP).

A cobertura pode ser total, específica e relativa. A primeira expressa a área coberta por toda a camada vegetal; a segunda refere-se a cada uma das espécies vegetais componentes e a última expressa a cobertura específica como porcentagem da cobertura total.

SUCESSÃO

As características da comunidade vegetal até agora estudadas são instrumentos indispensáveis na avaliação das mudanças constantes que a vegetação sofre em função do efeito dos fatores ambientais. Essas alterações podem ser rítmicas e repetidas todos os anos

como consequência do passar das estações, mas podem também indicar uma evolução em busca de um novo ponto de equilíbrio, chamado de clímax, que constitui a comunidade vegetal final do processo sucessional. As mudanças unidirecionais de substituições de comunidades vegetais em uma mesma área são denominadas de sucessão. Esse fenômeno há muito é conhecido e sua manipulação constitui um dos aspectos fundamentais do manejo da pastagem nativa.

Quanto à origem, a sucessão pode ser primária ou secundária. A sucessão primária tem lugar em áreas nunca antes ocupadas por vegetação ou onde a vegetação prévia e o solo foram destruídos. A ocupação das dunas pela vegetação é um exemplo de sucessão primária denominada de psamossérie. Na sucessão primária, vegetação e solo evoluem concomitantemente e se autoinfluenciam de tal modo que para cada estágio de formação do solo há uma comunidade vegetal característica. Já a sucessão secundária tem lugar em áreas onde a vegetação prévia foi destruída, sem que o solo tenha sido atingido significativamente. Enquanto a sucessão primária é excessivamente lenta e de quase nenhuma aplicação imediata para o manejo de pastagens nativas, a secundária constitui um dos fenômenos ecológicos que é manipulado constantemente pelo manejo. Assim, uma capoeira em pousio no sertão nordestino e uma pastagem em degradação são exemplos de tipos de áreas onde a sucessão secundária tem lugar. A sucessão secundária é classificada, quanto à origem, em: natural, se originada de causas naturais, e induzida, quando resulta da ação antrópica. Quanto à direção, pode ser classificada em progressiva, quando tende a regenerar o clímax, e retrogressiva, quando se afasta do clímax, indicando uma degradação. Todavia, nem sempre o clímax representa o estágio mais produtivo do ponto de vista da exploração que se propõe; é possível a estabilização do processo de sucessão em etapas intermediárias que resultem no ponto ótimo da produção de fitomassa.

Muitas vezes, como ocorre no Semiárido nordestino, o uso abusivo da vegetação da caatinga, seja pelas queimadas repetitivas da mesma área pelas queimadas da agricultura, seja pelo sobrepastejo, faz com que a sucessão secundária leve a vegetação para um estágio conhecido como disclímax, ou clímax de áreas degradadas, caracterizado por uma comunidade vegetal de baixa biodiversidade e composta basicamente por espécies espontâneas pioneiras (Figura 9). A recuperação das áreas mostradas na Figura 9 dificilmente será natural, pois o banco de sementes, principalmente das espécies que constituíam o clímax original, é praticamente inexistente.



Figura 9. Disclímax de áreas agrícola e pastoril.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

Estádios de uma sucessão secundária induzida pelo pastoreio desordenado

O superpastejo tem sido o fator mais importante de degradação da vegetação e desertificação em regiões semiáridas do mundo. Isso ocorre porque a cobertura florística, já enfraquecida pela limitação dos fatores ambientais, é submetida a uma pressão de pastejo, em intensidade e frequência tais que tornam impossível sua sobrevivência.

Nesse contexto, a vegetação sob pastejo fornece sinais e indicações que foram agrupados em estádios de sucessão secundária regressiva.

1º Estádio – Distúrbios fisiológicos dos componentes do clímax – As espécies botânicas componentes da vegetação de uma pastagem têm diferentes índices de apetecibilidade que se refletem na preferência diferenciada exercida pelos animais em pastoreio. Assim, essas forrageiras são as mais procuradas e desfolhadas com mais frequência. Em condições de superpastejo, quer pelo número excessivo de animais, quer pela época inoportuna, as forrageiras mais apreciadas passam a suportar uma intensidade de pastejo acima da sua capacidade de recuperação e começam a mostrar sinais de “cansaço fisiológico”, indicadas pela perda de vigor e da capacidade reprodutiva. Nessa fase, o ajuste da carga animal é recomendado para a solução do problema.

2º Estádio – Mudanças na composição do clímax – A continuar as mesmas condições de manejo, as espécies vegetais de valor forrageiro do clímax vão morrendo paulatinamente e, como a produção de sementes viáveis não supre as necessidades de novas plântulas para

reposição das que fenecem, vão se abrindo espaços na comunidade vegetal, prontamente ocupados por componente de menor procura pelos animais. Nesse ponto, as espécies botânicas do clímax podem ser classificadas como crescentes, se tendem a aumentar sob o superpastejo, e decrescentes, se tendem a desaparecer. Assim, espécies crescentes são sempre as melhores forrageiras e decrescentes, as piores. Nesse estágio, além do ajuste da carga animal, devem ser tomadas medidas que proporcionem condições para as forrageiras produzirem sementes, tais como, diferimento da pastagem na estação das chuvas ou pastoreio alternado.

3º Estádio – Invasão de novas espécies – A composição da dieta do animal é dinâmica e se ajusta: à medida que as melhores espécies desaparecem (decrescentes), ele passa a consumir as forrageiras secundárias (crescentes). Todavia, estas também não suportam a utilização excessiva e começam a desaparecer, e a comunidade se abre, então, à invasão por novas espécies não pertencentes a sua composição florística original. Vale notar que as mudanças são qualitativas, podendo alguns parâmetros fitossociológicos até ser incrementados no processo. Para reverter o processo, necessário se faz o controle das plantas espontâneas, o ajuste da carga animal e o diferimento.

4º Estádio – Desaparecimento da vegetação clímax – As mudanças nas condições ambientais causam prontamente alterações profundas na composição florística da vegetação, começando por induzir o desaparecimento dos antigos componentes do clímax, reduzindo sua biodiversidade e ficando a vegetação da área composta por espontâneas pioneiras, geralmente oriundas de comunidades vizinhas. Nesse ponto, a recuperação da pastagem começa com a descontinuação do pastejo, controle das plantas espontâneas e enriquecimento com espécies nativas e/ou exóticas.

5º Estádio – Desaparecimento da cobertura vegetal – Por fim, até mesmo as novas espécies que ocupam a área começam a desaparecer, e a exposição gradual do solo acelera o processo de erosão e destruição de sua estrutura. Nesse estágio, a recuperação da pastagem ainda é possível com a supressão de seu uso, ressemeio de novas espécies e pousio por longo prazo.

6º Estádio – Desertificação – Fase final do processo em que o solo erodido e desestruturado não tem mais condição de sustentar uma cobertura florística e o processo de desertificação é quase sempre irreversível.

Estádios de uma sucessão secundária progressiva na caatinga

A vegetação da caatinga encontra-se, em sua maior parte, em estádios de sucessão secundária progressiva, como nas capoeiras ou áreas de pousio, e retrogressiva, como nas áreas em processo de degradação. No primeiro caso é possível identificar cinco fases.

1ª Fase – Estádio herbáceo com duração de até três anos, quando a área em pousio é ocupada por um complexo de plantas herbáceas, geralmente anuais, cuja composição florística e biodiversidade dependem de diversos fatores ambientais, incluindo o histórico do uso. Geralmente, em áreas sob exploração agrícola, o estrato herbáceo dominante é de alta densidade e caracterizado por uma rica biodiversidade. Porém, se a área que foi desmatada era recoberta por uma caatinga clímax, a cobertura herbácea é rala e tem baixa biodiversidade, provavelmente devido à virtual extinção do banco de sementes das plantas anuais, causada pelo longo período de cobertura arbórea da área. O número de espécies herbáceas que compõem a comunidade pode variar de uma dezena a poucas centenas. A riqueza florística do estrato herbáceo constitui um dos atributos importantes na escolha da área para exploração como pastagem nativa via manejo da caatinga. O controle sistemático dos arbustos pioneiros e o uso de sistemas de pastoreio adequados podem estabilizar sua composição florística na fase herbácea ao longo do tempo.

2ª Fase – Estádio arbustivo, com duração de até 18 anos. Nessa fase, chama a atenção a elevada densidade que os arbustos pioneiros podem alcançar, atingindo até 20.000 plantas por ha e cobertura de até 100%. Isso praticamente elimina o estrato herbáceo inicial. Marmeleiro (*Croton sonderianus*) e jurema preta (*Mimosa tenuifolia*) são os mais importantes arbustos pioneiros. O primeiro, presente em solos que possuem boas características físicas e químicas, é um indicador de sucessão secundária de recuperação. O segundo, todavia, caracteriza solos pobres e com limitações diversas ou em processo de empobrecimento. Já se observa que solos, antes ocupados pelo marmeleiro, em sua etapa de arbustos pioneiros, devido, provavelmente, ao declínio de sua fertilidade, estão sendo povoados pela jurema preta. Outrossim, é preocupante verificar-se que a fase arbustiva já parece compor um disclímax, uma vez que o banco de sementes das espécies arbóreas encontra-se extremamente reduzido ou até mesmo extinto em extensas áreas dos sertões nordestinos, em função das queimadas sucessivas. Mais grave ainda, arbustos indicadores de degradação, tais como o velame (*Croton campestris*), a malva branca

(*Sida* sp) e a flor de seda (*Calotropis procera*), já povoam a paisagem de grandes áreas dos sertões. Por fim, se a vegetação anterior for uma caatinga clímax, o banco de sementes das espécies arbustivas estará possivelmente extinto e a duração da fase sucessional será mais prolongada.

3ª Fase – Estádio arbustivo-arbóreo, com início se dando a partir de, aproximadamente, 20 anos após o começo do pousio. É reconhecida pelo aparecimento das copas das espécies arbóreas ultrapassando o dossel dos arbustos. A densidade total das espécies lenhosas tende a cair, em razão do progressivo desaparecimento da população de arbustos pioneiros, devido ao crescente sombreamento das copas das árvores e à sua mortalidade natural. Porém, os percentuais da cobertura permanecem elevados. Aparentemente, ao contrário de muitas espécies arbóreas da caatinga, que se comportam como heliófilas facultativas, quando plântulas, as espécies arbustivas pioneiras são heliófilas, o que explica a incapacidade de regeneração de sua população sob sombreamento. A densidade dos arbustos, tais como o marmeleiro e a jurema preta, é reduzida para valores abaixo das 5.000 plantas por ha. O atingimento da fase arbustiva-arbórea constitui um indicativo de que a sucessão secundária evoluirá até o clímax.

4ª Fase – Estádio arbóreo-arbustivo caracterizado pela dominância das espécies arbóreas, essa fase constitui o clímax de alguns tipos da caatinga e é alcançada por volta dos 45 a 50 anos após o início do pousio. A população de arbustos pioneiros está reduzida a umas poucas centenas de indivíduos por hectare e o estrato herbáceo, quando presente, é extremamente rarefeito e composto por umas poucas espécies botânicas. Nessa fase, a acumulação de madeira pode alcançar até 100 t/ha, nas áreas de maior potencial produtivo.

5ª Fase – Estádio arbóreo, presente nas áreas de melhores solos e do limite superior da precipitação pluvial do bioma, essa fase se caracteriza pela formação de caatinga arbórea, cujos estratos herbáceo e arbustivo ocorrem somente nas clareiras naturalmente formadas, seja por variação do tipo de solo, seja pela morte de árvores antigas. Embora muito raras, chegando a representar menos de 10% da vegetação dos sertões, as áreas de caatinga arbórea densa desempenham importantes funções, como banco de sementes de espécies nativas, refúgio da fauna, fixação de carbono e proteção das nascentes, além de se prestarem para implantação de áreas de recreação e turismo ecológico. A acumulação de fitomassa lenhosa na superfície do solo pode chegar a 150 t/ha. Em termos de benefícios ambientais, seus índices são os mais elevados, armazenando grandes quantidades

de carbono sob a superfície, na superfície e acima da superfície do solo. Patrimônio da biodiversidade, com elevada cobertura do solo, essas áreas apresentam erosão insignificante, diminutas perdas de solo e da fertilidade.

A Figura 10 ilustra o estágio inicial e o final da sucessão secundária progressiva.



Figura 10. Estádios herbáceo e arbóreo.
Fotos: J. A. Araújo Filho.



CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO
FÍSICA DO
SEMIÁRIDO
NORDESTINO

INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas da Terra, a maioria das quais se situa entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, são aquelas em que o aporte de água pelas precipitações é inferior às perdas por evaporação e transpiração vegetal. Compreendem 1/3 das massas continentais do planeta – cerca de 5,0 bilhões de hectares –, abrigam 1,0 bilhão de pessoas e são responsáveis por 22% da produção de alimentos da Terra.

O Semiárido brasileiro abrange uma área de cerca de 1,0 milhão de km², correspondente a 64,2% do território nordestino, estendendo-se por nove estados da União (Figura 11). Por ser uma das áreas semiáridas de maior densidade populacional do planeta, ao lado da evolução ambiental resultante das condições naturais, o Semiárido brasileiro sofre o impacto das ações antrópicas, que, com base em métodos extrativistas e predatórios, dilapida seus recursos naturais sem levar em conta os custos ambientais e financeiros e o tempo necessários para sua recuperação.

A intensificação da expansão econômica deu-se por meio da pecuária, seguida da agricultura e da extração de madeira. Nos últimos 15 anos, cerca de 4,0 milhões de hectares foram devastados pela ação do homem na caatinga, e estima-se que o ritmo continue na proporção de cerca de 600 mil hectares anualmente. Grande parte de sua vegetação original, em torno de 60 e 70%, já foi modificada. Atividades como queimadas para o preparo do solo para a agricultura, substituição de vegetação nativa por pastagens de gramíneas e extração de lenha podem ser apontadas como as principais agressões e causas das modificações ocorridas. Assim, as condições naturais existentes na área do Semiárido parecem estar evoluindo para a intensificação da aridez, a ser, provavelmente, incrementada com os efeitos do aquecimento global, que a transformará definitivamente em uma região árida, de cujas consequências as gerações futuras pagarão o preço.



Figura 11. Nova delimitação do Semiárido brasileiro.
 Fonte: BRASIL, 2005.

GEOLOGIA E SOLOS

Das terras que recobrem o Semiárido, aproximadamente 50% são de origem sedimentar, ricas em águas subterrâneas, e o restante tem um embasamento cristalino. Um estudo de zoneamento agroecológico (SILVA et al., 1993) identificou 20 Unidades de Paisagem, compondo um total de 172 Unidades Geoambientais. Ocupando uma área total de 368.216 km², representando 22,2% do Nordeste, destaca-se, dentre as Unidades de Paisagem descritas, a Depressão Sertaneja, em função de sua larga distribuição, constituindo uma paisagem típica do Semiárido nordestino.

De maneira geral, os solos que recobrem a área do Semiárido são quimicamente adequados, mas apresentam, quase sempre, sérias restrições físicas em razão de sua pouca profundidade, afloramentos rochosos e presença de pedimentos, que são áreas planas de capeamentos de cascalho ou seixos rolados. Cerca de quinze classes de solos recobrem a região do domínio da caatinga: latossolos vermelho-amarelos, latossolos vermelho-escuros, neossolos litólicos, argissolos, luvisolos crômicos órticos, neossolos quartzarênicos, planossolos háplicos, chernossolos, planossolos nátricos, solonchaks, cambissolos, vertissolos, neossolo regolítico, solos aluviais e rendzinas. Todas apresentam um problema comum, isto é, estão em fase acelerada de erosão, com a taxa média de 29,7%. Seis classes destacam-se pela área de cobertura, que corresponde a 86,6% da área do Semiárido: planossolos háplicos, neossolos quartzarênicos, luvisolos crômicos órticos, argissolos, latossolos e neossolos litólicos (Tabela 1).

Tabela 1. Cobertura (%) e grau de erosão (%) dos tipos de solos dominantes no Semiárido nordestino

Tipos de solo	Cobertura (%)	Erosão (%)
Latossolos	21,0	9,0
Neossolos litólicos	19,2	65,0
Argissolos	14,7	29,0
Luvisolos órticos crômicos	13,3	65,0
Neossolos quartzarênicos	9,3	0,0
Planossolos háplicos	9,1	10,0
Totais/média	86,6	29,7

LATOSSOLOS

Estão agrupados nesta classe os latossolos amarelos, os vermelho-amarelos e os vermelho-escuros. Recobrem extensas áreas do sul do Piauí, dos sertões pernambucanos e baianos, geralmente sob relevo plano a suave-ondulado e destacando-se como a classe de maior área de cobertura, perfazendo 21,0% no Semiárido. Porém, 9,0% de sua área de cobertura encontram-se degradados. São solos ácidos (pH de 4,0 a 5,5), embora possam ocorrer alguns tipos com pH superior a 5,5, profundos, bem drenados e com baixos teores de matéria orgânica. Em geral, são quimicamente pobres, mas com boas propriedades físicas, têm largo uso agrícola, tanto em regime de sequeiro, como sob irrigação.

NEOSSOLOS LITÓLICOS

São solos minerais, pedregosos, rasos, pH de 5,0 a 6,5, fertilidade média, encontrados em terrenos de topografia acidentada, podendo ocorrer também em terrenos suave-ondulados, em toda a região do Semiárido, onde perfazem 19,2% da cobertura edáfica. Devido às suas características físicas, seu uso é muito limitado, restringindo-se à silvicultura moderada. Presentemente, 65% de sua área estão erodidos, pois os solos litólicos das áreas serranas são frequentemente cultivados, mas sem os cuidados necessários à proteção contra a erosão.

ARGISSOLOS

Perfazendo 14,7% da cobertura edáfica da região semiárida, esses solos ocupam extensas áreas dos estados da Bahia, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. São solos de textura arenosa na parte superficial e argilosa na subjacente, com pH de 5,0 a 6,5. De fertilidade natural média a alta e com boas condições físicas, esses solos são explorados com diversas culturas, tanto em condições de sequeiro, como sob irrigação. São muito susceptíveis à erosão e, devido ao não uso de práticas conservacionistas, aproximadamente 29% da área de cobertura desse valioso solo se encontra em estado de erosão grave.

LUVISSOLOS CRÔMICOS ÓRTICOS

Regularmente profundos, esses solos apresentam um pH próximo do neutro, com boa fertilidade e adequada drenagem, podendo mostrar-se bastante pedregosos na superfície e no horizonte A. Predominam nos sertões, em áreas de topografia plana a suave ondulada, ocupando extensas áreas nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Apesar de algumas restrições, constituem solos de larga exploração agrícola,

com culturas alimentares e algodão, além da pecuária. Devido ao uso generalizado na agricultura migratória, cerca de 65% da área recoberta por esse solo se encontra erodida.

NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS

São solos arenosos, profundos, excessivamente drenados, ácidos, com pH de 4,5 a 5,5 e de baixa fertilidade. Recobrem aproximadamente 9,3% do território do Semiárido, ocupando extensas áreas nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Bahia. Localizam-se tanto no alto sertão, como na faixa litorânea, onde têm uso principal na cultura do cajueiro, do coqueiro e da fruticultura em geral. Com um teor de matéria orgânica extremamente baixo e com elevadas perdas de água por evaporação, o cultivo desses solos é feito com a utilização de cobertura morta e amontoamento do mato da capina em cordões, sobre os quais é instalada a cultura. Nas regiões litorâneas, é muito comum o uso da palha da carnaúba, após o picamento na obtenção do pó, como cobertura no cultivo desses solos. Tendo em vista sua elevada permeabilidade e topografia plana, são praticamente livres de erosão.

PLANOSSOLOS HÁPLICOS

Rasos, com drenagem limitada, baixa fertilidade, situados em área de topografia plana a suave ondulada, esses solos são predominantes em vastas extensões das regiões do sertão e do agreste nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, recobrendo até 9,1% da superfície do Semiárido nordestino. Apresentando fortes limitações à atividade agrícola, seu uso está mais restrito ao apascentamento animal. Dadas as condições topográficas e as de constante superpastejo, os planossolos estão sujeitos a forte erosão laminar, que alcança cerca de 10% de sua área de cobertura, podendo, em áreas críticas, ultrapassar esse percentual.

CLIMA

O Semiárido brasileiro situa-se, *grosso modo*, entre as isoietas de 300 a 800 mm anuais, com uma evapotranspiração potencial que pode alcançar os 2.700 mm anuais. O regime pluvial é caracterizado por duas estações: uma úmida, com duração de 3-4 meses, quando ocorrem cerca de 80% das precipitações anuais; a outra seca, que se estende pelos meses

restantes do ano. A temperatura é megatérmica e isotérmica, com média anual entre 25°C-31°C, constituindo junho e julho os meses mais frios. A umidade relativa do ar flutua de 40-50%, na época seca, a 80-90%, no período das chuvas.

SISTEMAS METEOROLÓGICOS

Vários sistemas meteorológicos contribuem para a formação de nuvens e precipitações pluviais na região do Semiárido. Dentre eles destacam-se as Frentes Frias (FF), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Ondas do Leste (OL). As Frentes Frias são formações de nuvens originadas na região de encontro de uma massa de ar frio e seca, vinda dos polos, com o ar quente e úmido de áreas mais quentes. Sua penetração atinge latitudes tropicais no Brasil, causando chuvas nos meses de novembro a fevereiro. Os VCAS são um conjunto de nuvens que se originam sobre o Oceano Atlântico e atingem a região entre os meses de outubro e março, com maior frequência em janeiro e fevereiro. A ZCIT constitui o sistema meteorológico mais importante de determinação das características da estação das chuvas do Semiárido, formada principalmente pela convergência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. Constitui-se, pois, de uma faixa de nuvens que circunda a Terra na altura do Equador, movendo-se de uma posição de 12° N em agosto-setembro para posicionar-se a 4° S nos meses de março-abril. Sua ação é mais intensa no oceano, sendo utilizada para determinação de sua intensidade a Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Por fim, as Ondas do Leste se formam na área de influência dos Ventos Alísios e ocorrem nas proximidades da linha do Equador. Deslocam-se de leste para oeste, ou seja, da costa africana à costa brasileira, onde provocam chuvas nos estados de Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia, Rio Grande do Norte e, ocasionalmente, no Ceará.

TIPOS (KÖPPEN)

Estabelecer classificações climáticas é muito difícil, pois o clima de uma região se compõe de muitos elementos, com variações diurnas, estacionais e anuais. O número possível de combinações é imenso. A classificação climática Köppen-Geiger, uma das mais utilizadas na atualidade, baseia-se nos valores médios anuais e mensais e na estacionalidade da temperatura do ar e da precipitação. Cada tipo de clima é identificado por até quatro letras. A primeira letra maiúscula indica as características

gerais do clima. Por exemplo, a letra B refere-se a um clima seco e megatérmico, isto é, com temperatura mínima do mês mais frio superior a 18°C. A segunda letra maiúscula, nos climas tipo B, indica se o clima é semiárido (S) ou desértico (W). A terceira letra, que é minúscula, refere-se à temperatura. A letra h, nos climas B, significa um clima semidesértico quente. Por fim, a quarta letra relaciona-se com a época de ocorrência da estação das chuvas: w para verão, w' para outono e s' para inverno. Para a região do Semiárido, três tipos de clima podem ser identificados, de acordo com a classificação de Köppen: o BShw, o BShw' e o BShs', além de superposições desses três tipos de clima.

O clima Bshw é descrito como semiárido, megatérmico, com curta estação chuvosa no verão, com concentração das precipitações pluviais nos meses de dezembro e janeiro. O clima Bshw' é semiárido, megatérmico, com curta estação chuvosa no verão-outono, com concentração das precipitações pluviais nos meses de março e abril. Já o clima Bshs', também semiárido, apresenta uma curta estação chuvosa no outono-inverno e concentração das precipitações pluviais nos meses de maio e junho (Figura 12).

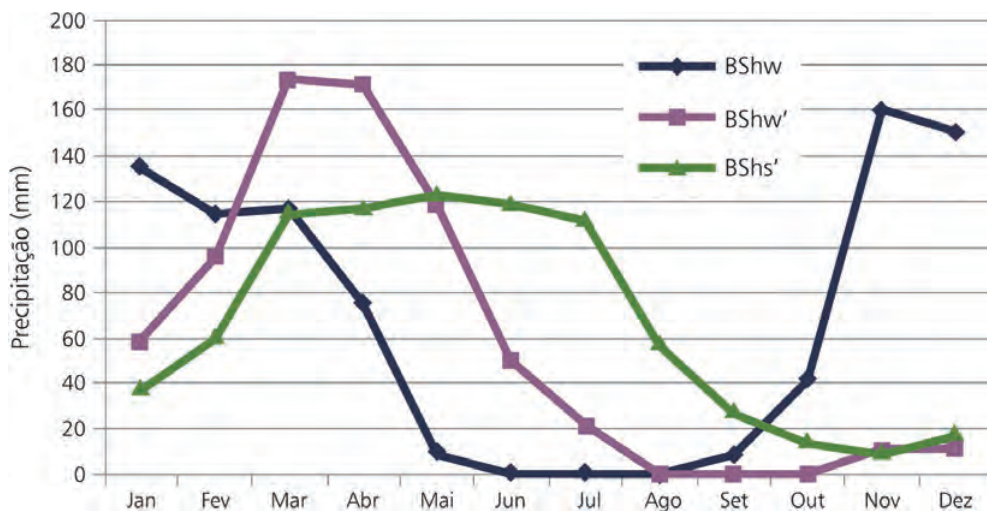


Figura 12. Distribuição mensal das precipitações pluviais para os diferentes tipos de clima no Semiárido nordestino.

Fonte: Elaboração própria (2013)

HIDROLOGIA

As características peculiares do clima e da geologia do Semiárido brasileiro provavelmente podem ser apontadas como responsáveis pela existência de baixas reservas hídricas, tanto superficiais como subterrâneas, na maioria das vezes de acesso difícil e com elevados teores de salinidade.

RESERVAS HÍDRICAS SUPERFICIAIS

Em se tratando de reservas hídricas superficiais, fortemente determinadas pelo padrão pluviométrico, são identificadas sete grandes bacias hidrográficas: a bacia do São Francisco, a bacia do Parnaíba, a bacia do Jaguaribe, a bacia do Acaraú, a bacia do Apodi, a bacia do Piranhas e a bacia do Capibaribe. Duas destas alimentam rios perenes, a do São Francisco e a do Parnaíba, e as demais os rios periódicos.

Bacia do São Francisco

A bacia do rio São Francisco cobre uma extensão de 2.830 km. O rio São Francisco, o principal curso d'água da bacia, tem sua nascente no município de Medeiros, Minas Gerais, atravessa, em seguida, os estados da Bahia, Pernambuco, Sergipe, Alagoas e deságua no Oceano Atlântico, drenando uma área de, aproximadamente, 641.000 km².

Bacia do Parnaíba

A bacia do Parnaíba abrange uma área total de 344.112 km² nos estados do Piauí, do Maranhão, e em uma pequena área do Ceará. O rio Parnaíba, principal da região, com aproximadamente 1.400 km de extensão, nasce nos contrafortes da serra do Jalapão, no Piauí, e deságua no Oceano Atlântico, nas cercanias da cidade de Parnaíba, PI.

Bacia do Jaguaribe

A bacia do Jaguaribe está situada quase que totalmente no estado do Ceará, ocupando cerca de 75.669 km², que correspondem a pouco mais de 50% da área do estado. Suas nascentes situam-se na Serra da Joanhina, município de Tauá (CE) e deságua no Oceano Atlântico, mais precisamente na cidade de Aracati (CE), após percorrer uma extensão de 610 km. É o maior curso de água do território cearense e sua periodicidade lhe confere o título de maior rio seco do mundo.

Bacia do Acaraú

A bacia do rio Acaraú está totalmente situada no estado do Ceará e drena uma área de 14.500 km². O rio Acaraú nasce na serra das Matas, no município de Monsenhor Tabosa, e deságua no Oceano Atlântico, nas proximidades da cidade do Acaraú, após percorrer uma distância de 320 km.

Bacia do Apodi

A bacia do Apodi/Mossoró ocupa uma área de 14.271 km², correspondentes a 27% do território do Rio Grande do Norte. O rio Apodi tem suas nascentes na Serra Grande, na Paraíba, e, ao penetrar no município de Mossoró (RN), recebe o nome de rio Mossoró, corta a cidade homônima e deságua no Oceano Atlântico, nas proximidades da cidade de Areia Branca.

Bacia do Piranhas

A bacia do rio Piranhas possui uma área total de drenagem de 43.681 km², cobrindo 60% da área no estado da Paraíba, e 40% da área no estado do Rio Grande do Norte. O principal rio da bacia é o rio Piranhas-Açu, que tem sua nascente na serra do Bongá, na Paraíba, penetra no Rio Grande do Norte e, após percorrer aproximadamente 444 km, deságua no Oceano Atlântico, nas proximidades da cidade de Macau (RN).

Bacia do Capibaribe

A bacia do rio Capibaribe localiza-se totalmente no estado de Pernambuco e cobre uma área aproximada de 7.455 km², equivalente a 7,58% do território estadual. Nasce na serra do Jacará, no município de Poção, e, após percorrer a extensão de 240 km, deságua no Oceano Atlântico, passando pela cidade de Recife.

As características geomorfológicas da região do Semiárido, com relevo raramente plano, resultaram na segmentação da paisagem, originando uma malha de drenagem composta por um sem-número de cursos de água, que variam desde os pequenos riachos de vazão efêmera até os grandes rios da região. O aproveitamento das águas superficiais em nível das propriedades rurais baseia-se na construção de açudes, cuja capacidade de armazenamento varia desde poucos milhares de metros cúbicos dos barreiros para irrigação de salvação, alguns milhões de metros cúbicos dos grandes açudes privados, a bilhões de metros cúbicos dos grandes açudes públicos. Assim, incluindo-se os açudes

dos programas governamentais, são contabilizadas cerca de 80 mil represas na região, armazenando acima de 80 bilhões de m³, tornando o Semiárido o possuidor do maior estoque de águas artificialmente represadas em regiões semelhantes do mundo.

RESERVAS SUBTERRÂNEAS

Considerando as reservas hídricas subterrâneas, quatro províncias são relacionadas: Escudo Oriental Nordeste, São Francisco, Parnaíba e Costeira.

Na província Escudo Oriental predominam rochas cristalinas, tais como granitos e xistos, com os aquíferos formados a partir de fissuras e diáclases. É dividida em duas subprovíncias: a Nordeste, que apresenta, em geral, potencial hidrogeológico muito fraco (de 1.000 a 3.000 l/hora), relacionado com as condições limitantes de circulação da água que, sob um clima semiárido, acarretam elevadas taxas de salinidade, e a Sudeste, onde melhores condições climáticas favorecem condições adequadas para produção de água subterrânea de melhor qualidade e maior quantidade (10.000 l/hora).

Na província São Francisco, localizada em sua maior parte no estado da Bahia, os aquíferos tornam-se mais amplos, quando associados com rochas porosas do manto de intemperismo, resultando em vazões de aproximadamente 10.000 l/hora, podendo, em condições mais favoráveis, atingir dezenas de milhares de litros/horas.

A província Parnaíba, de origem sedimentar, cobre uma superfície de 600.000 km², correspondendo a 90% do território do estado do Piauí, e representa a principal província e a mais importante do Semiárido. A partir de poços tubulares de 400 a 600 m de profundidade, podem ser obtidas vazões horárias de várias centenas de milhares de litros de água de boa qualidade.

A província Costeira corresponde à extensa faixa litorânea do país, que vai do Amapá até o Rio Grande do Sul, formando várias subprovíncias, destacando-se na região semiárida as dos litorais do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, com penetrações para o interior, como se observa no Ceará, no Rio Grande do Norte e na Bahia. Os aquíferos mais promissores podem produzir vazões de até 10.000 l/hora.

A photograph of a Caatinga landscape. In the foreground, there are dense, green, leafy plants. The middle ground shows a grassy field with several palm trees of varying heights. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The overall scene is a natural, open landscape.

CAPÍTULO 3

O BIOMA CAATINGA

FLORA

A caatinga, o bioma predominante no Semiárido brasileiro, cobre cerca de 80% de sua área geográfica, o equivalente a 800 mil km². Conhecida também como sertão, agreste, cariri, seridó, carrasco – denominações populares para as diferentes formações vegetais do bioma –, abrange os estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e norte de Minas Gerais. Originado do tupi-guarani, o termo é tradicionalmente interpretado como mata (caa) branca (tinga).

O domínio da caatinga é, pois, uma região diversificada em paisagens e tipos vegetacionais, devido às variações geomorfológicas, climáticas, topográficas, e à ação antrópica, que influenciam a distribuição, riqueza e diversidade de suas espécies vegetais. Já o crescimento e a densidade da comunidade vegetal desse ecossistema estão relacionados não somente com as precipitações pluviais, mas também com as características químicas e físicas do solo. Sua vegetação é constituída, especialmente, de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas de pequeno porte, geralmente dotadas de espinhos, caducifólias, perdendo suas folhas no início da estação seca. Estima-se que pelo menos 932 espécies já foram registradas para a região, das quais 380 são endêmicas. A lista de espécies existentes na caatinga ainda está incompleta, devido à falta de estudos na região. Os dados acima demonstram que as referências literárias de que a caatinga é “ecossistema pobre, abrigando poucas espécies endêmicas, e, portanto, de baixa prioridade para conservação”, são errôneas e têm origem em seu aspecto visual, devido a sua forma de adaptação à seca, ou seja, a perda das folhas e dormência.

As famílias mais frequentes são Caesalpinaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Cactaceae, sendo os gêneros *Senna*, *Mimosa* e *Pithecellobium* os com maior número de espécies. A catingueira (*Poincianera bracteosa* Tul.), as juremas (*Mimosa* spp.) e os marmeleiros (*Croton* spp.) são as espécies mais abundantes na maioria dos trabalhos de levantamento realizados em área de caatinga. A marcante presença da jurema preta e do marmeleiro reflete a resposta ao caráter sucessional predominante em vastas regiões da caatinga, em razão das atividades antrópicas.

As variações, tanto na composição botânica quanto na densidade da vegetação, podem estar relacionadas com as condições edafoclimáticas locais ou com a fase da sucessão secundária da caatinga.

FORMAÇÕES

Já foram descritas oito formações vegetais no bioma caatinga: caatinga arbórea, caatinga arborescente com substrato arbustivo aberto, caatinga arborescente arbustiva fechada, caatinga arborescente aberta com substrato de bromeliáceas e cactáceas, caatinga arbustiva densa, caatinga arbustiva aberta típica dos solos rasos com afloramentos rochosos, caatinga assavanada formada pelo seridó e tabuleiros sertanejos e caatinga assavanada com afloramentos rochosos. É importante ressaltar que algumas das formações podem ser na realidade estágios da sucessão secundária. Só uma verificação cuidadosa das condições ecológicas da área e de seu histórico de uso permitirá a identificação correta da formação.

O primeiro tipo, ou seja, a caatinga arbórea, não apresenta substrato arbustivo relevante, sua cobertura está acima de 60% e é encontrado em áreas recobertas pelos solos mais férteis e nos limites superiores da pluviosidade do bioma. Essa formação, clímax da caatinga para essas áreas, devido à ação do homem é encontrada em menos de 10% da área da caatinga, principalmente em unidades de conservação (Figura 13). Sua preservação constitui-se de suprema importância, em razão de seu papel como mantenedoras da biodiversidade, tanto florística quanto faunística, além de se constituir em fonte de sementes de espécies arbóreas para recomposição florestal de áreas degradadas.

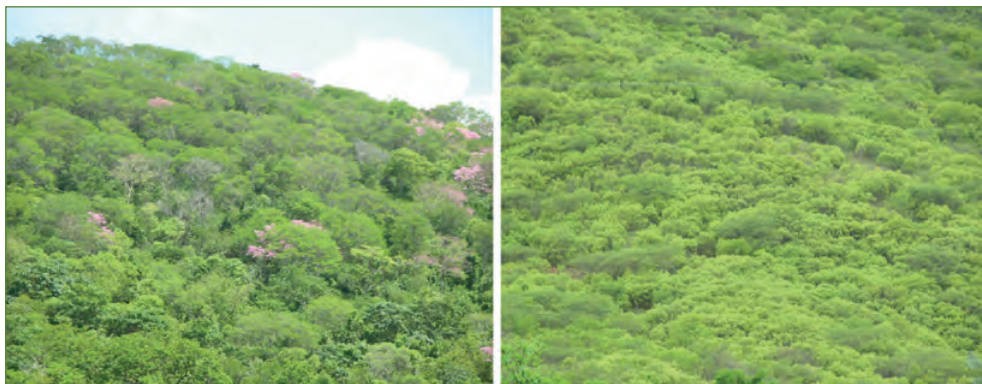


Figura 13. Caatinga arbórea e caatinga arborescente arbustiva aberta.
Fotos: J. A. Araújo Filho.

A segunda formação, caatinga arborescente com substrato arbustivo aberto, pode ser confundida com o quarto estágio da sucessão secundária, a fase arbórea-arbustiva. Está presente, como a formação anterior, em áreas de condições climáticas e edáficas favoráveis (Figura 13).

Caatinga arborescente arbustiva fechada, com substrato arbustivo denso, constitui a forma mais comum de caatinga clímax e é também chamada de Carrasco. Esse tipo de caatinga se assemelha à fase arbustiva-arbórea da sucessão secundária.

A formação caatinga arbustiva densa, também chamada de *scrub caducifólio*, constitui o que é chamado popularmente de carrasco. Pode, no entanto, ser confundida com um disclímax da caatinga.

As três formações seguintes, a saber, caatinga arbustiva aberta típica dos solos rasos com afloramentos rochosos, caatinga assavanada e caatinga assavanada com afloramentos rochosos constituem, provavelmente, variações regionais dos Tabuleiros sertanejos sobre solos dos tipos planossolos háplicos e planossolos nátricos (Figura 14).



Figura 14. Caatinga assavanada com afloramentos rochosos e caatinga assavanada.
Fotos: J. A. Araújo Filho.

ÁRVORES DA CAATINGA DE INTERESSE PASTORIL

A vegetação lenhosa da caatinga, em sua maioria formada por espécies caducifólias no período seco, adiciona ao solo cerca de quatro toneladas de matéria seca de folhas e galhos, contribuindo, assim, com um papel fundamental na reciclagem de nutrientes. Além disso, cerca de 70% das espécies lenhosas de alguns sítios ecológicos participam da

dieta de bovinos, caprinos e ovinos. A manipulação dessas espécies, seja para a melhoria da qualidade e para o aumento da produção de forragem, seja para uso de sua fitomassa foliar como adubo orgânico, requer um conhecimento adequado das características da produção e da composição química de sua fitomassa. Como esses fatores se relacionam com o ciclo fenológico das plantas, servem também como base para determinação da melhor época de sua utilização.

As espécies lenhosas da caatinga apresentam diferenças estacionais em seus ciclos fenológicos, possivelmente associadas a flutuações da composição química de sua folhagem. Vale salientar que a riqueza florística forrageira da caatinga é pouco conhecida, dificultando a seleção de espécies com potencial para utilização em sistemas agroflorestais ou como forrageiras. Essa deficiência de conhecimento contribui para a prevalência de um manejo da vegetação puramente extrativista, carecendo de práticas e tecnologias adequadas ao aporte de uma base de sustentabilidade à atividade pastoril e agroflorestal nos ecossistemas da caatinga. As características anatômicas, morfológicas e fisiológicas estão associadas aos mecanismos de adaptação das espécies lenhosas às condições de seca das regiões semiáridas. Porém, em se tratando de árvores e arbustos, dois mecanismos se destacam: a resistência e a tolerância. As espécies lenhosas com mecanismo de resistência à seca são perenifólias e apresentam folhas pequenas ou folíolos, céreos ou rugosos, superfície foliar ondulada, com os estômatos localizados na parte côncava, espinhos ou acúleos, caules com vasos lenhosos curtos e de pequeno diâmetro, com paredes espessas, sistema radicular profundo e extenso. Nas regiões semiáridas tropicais essas espécies botânicas são predominantemente do tipo C3 ou crassuláceas. Por outro lado, as árvores e os arbustos, com mecanismo de tolerância, são caducifólios e possuem geralmente folhas grandes, tenras e lisas, podendo ter espinhos, caules com vasos lenhosos longos de grande diâmetro, sistema radicular lateral extenso e, nos trópicos semiáridos, são espécies botânicas geralmente do tipo C4. A combinação variável dos fatores supracitados resulta em diversidade de situações que caracterizam os diferentes graus de adaptação das espécies arbóreas e arbustivas da caatinga às condições do Semiárido nordestino. O mecanismo de tolerância apresenta-se como o mais comum entre as espécies lenhosas da caatinga, possivelmente por permitir uma melhor adaptação às características da variabilidade das precipitações pluviais da região. Algumas das espécies botânicas, de maior interesse serão descritas a seguir.

Aroeira (*Myracrodruon Urundeuva*)

Da família das Anacardiáceas, a aroeira (Figura 15) é uma árvore típica dos estágios finais da sucessão secundária da caatinga, encontrada nos sertões nordestinos de baixa a elevada altitude, na maioria dos solos da região, com predominância nos luvisolos crômicos órticos, latossolos e argissolos. Árvore que pode alcançar até 25 m de altura, de crescimento moderado, sistema radicular com raiz pivotante pouco pronunciada, caule inerte, lenho pesado, com densidade específica de 900 kg/m^3 . Caducifólia precoce, copa arredondada moderadamente densa e folhas compostas. Seu ciclo fenológico se verifica ao longo de todo o ano. Durante a época das chuvas, a planta inicia com a rebrotação, permanecendo em vegetação plena até o fim do período, quando perde sua folhagem. Ao meio da época seca entra em floração e frutificação, totalmente desprovida de folhas, completando, então, seu ciclo fenológico. Planta útil como forrageira, produtora de madeira para construção e lenha, medicinal e utilizada na coleta apícola de pólen e néctar.



Figura 15. Aroeira.
Foto: J. A. Araújo Filho.

Análises laboratoriais da folhagem da aroeira, colhida nas fases de vegetação plena e dormência (Tabela 2), indicaram que o teor médio de matéria seca é de 38,5%, na fase de vegetação plena, alcançando, na dormência ou restolho, cerca de 89,6%. O teor de proteína bruta decresceu de 16,7%, na fase de vegetação plena, para 8,7%, na dormência. A fibra em detergente neutro e a fibra em detergente ácido apresentaram valores sempre baixos, flutuando a primeira de 20,5 a 36,5% e a segunda de 11,1 a 21,7%, respectivamente, para as fases de vegetação plena e de dormência. O teor de lignina alcançou 4,5%, na vegetação plena, aumentando para 6,7%, na dormência, um dos menores entre as espécies arbóreas da caatinga. Por outro lado, o percentual de taninos totais foi sempre o mais elevado, variando de 35,8, na fase de vegetação plena, a 10,5, no restolho lenhoso. Por fim, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) pode ser considerada elevada para uma arbórea nativa, variando de 65,6% na fase de vegetação plena para 30,5% na dormência.

Tabela 2. Variações da composição bromatológica da aroeira (*Myracrodruon Urundeuva*), segundo diferentes fases de seu ciclo fenológico

Componente	Fase do ciclo fenológico	
	Vegetação (%)	Dormência (%)
Matéria seca	38,5	89,6
Proteína bruta	16,7	8,7
Fibra em detergente neutro (FDN)	20,5	36,5
Fibra em detergente ácido (FDA)	11,1	21,7
Lignina	4,5	6,7
Tanino total	35,8	10,6
Digestibilidade <i>in vitro</i>	65,6	30,5

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002a).

As folhas da aroeira são consumidas, verdes ou secas, por bovinos, caprinos e ovinos. É uma arbórea que não deve ser rebaixada, mas devido a sua utilidade como produtora de madeira e de produtos medicinais, é preferível preservá-la. Seu aproveitamento pela pecuária deverá ser pelo uso de suas folhas naturalmente fenadas. Sua contribuição para a circulação de nutrientes em um sistema agroflorestal é muito importante, considerando-se o elevado teor de nitrogênio em suas folhas e a rapidez com que se degradam, após sua queda ao solo.

Catingueira (*Poincianera pyramidalis*)

Da família das Cesalpináceas, a catingueira (Figura 16) é uma árvore típica dos estágios intermediários da sucessão secundária da caatinga, encontrada nos sertões nordestinos de baixa a elevada altitude, na maioria dos solos da região, com predominância nos luvisolos crômicos órticos e argissolos. Árvore que pode alcançar até 10 m de altura, de crescimento lento, sistema radicular com raiz pivotante pouco pronunciada, caule inerte, lenho pesado, com densidade específica de 920 kg/m³. Copa arredondada moderadamente densa e folhas compostas. Caducifólia tardia, seu ciclo fenológico se verifica durante a época das chuvas, com o início da dormência em plena estação seca. Alcança a vegetação plena no começo da estação das chuvas, flora ao meio da estação e frutifica ao final do período úmido. Planta útil como forrageira e produtora de néctar e pólen e de lenha.



Figura 16. Catingueira.

Foto: J. A. Araújo Filho.

Análises laboratoriais da folhagem da catingueira, colhida em diferentes fases de seu ciclo fenológico (Tabela 3), apontaram um teor de matéria seca que se mantém sempre elevado,

acima de 40%, alcançando, na fase de dormência (restolho), cerca de 87,1%. O teor de proteína bruta, por seu turno, decresceu de 16,9% na fase de vegetação plena para 14,4% na frutificação e para 11,2% na dormência. A fibra em detergente neutro e a fibra em detergente ácido apresentaram valores sempre baixos, flutuando a primeira de 31,9 a 49,8% e a segunda de 19,8 a 33,4%, respectivamente, para as fases de vegetação plena e de dormência. O teor de lignina alcançou 6,6% na vegetação plena, aumentando para 12,7% na frutificação e decaindo para 11,7% na dormência, um dos menores entre as espécies arbóreas da caatinga. Por outro lado, o percentual de taninos totais foi sempre muito elevado, variando de 20,6 na fase de vegetação plena a 9,5 na dormência. Por fim, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca pode ser considerada elevada para uma arbórea nativa, variando de 58,4%, na fase de vegetação plena, para 50,4%, na frutificação, atingindo 30,9% na dormência. As folhas da catingueira têm consumo insignificante quando verdes, devido, provavelmente, ao odor desagradável que possuem. Porém, quando secas, são consumidas por ovinos, caprinos e bovinos, participando em até 35% de suas dietas no período seco.

A catingueira é uma arbórea que não deve ser rebaixada, podendo, no entanto, ser desgalhada, na época das chuvas, para confecção de feno. Sua contribuição para circulação de nutrientes em um sistema agroflorestal é muito importante, considerando-se não só o elevado teor de nitrogênio em suas folhas e a rapidez com que se degradam após sua queda ao solo, como também por ser uma leguminosa simbiote.

Tabela 3. Variações da composição bromatológica da catingueira (*Poincianera pyramidalis*), segundo diferentes fases de seu ciclo fenológico

Componente	Fase do ciclo fenológico		
	Vegetação (%)	Frutificação (%)	Dormência (%)
Matéria seca	45,4	46,6	87,1
Proteína bruta	16,9	14,4	11,2
Fibra em detergente neutro (FDN)	31,9	35,6	49,8
Fibra em detergente ácido (FDA)	19,8	23,6	33,4
Lignina	6,6	12,7	11,7
Tanino total	20,6	16,2	9,5
Digestibilidade <i>in vitro</i>	58,4	50,4	30,9

Fonte: ARAÚJO FILHO et al.(2002a).

Cumaru (*Amburana cearensis*)

Também chamada de imburana de cheiro (Figura 17), da família das Papilionáceas, é uma árvore típica dos estágios finais da sucessão secundária da caatinga, encontrada nos sertões nordestinos de baixa a média altitude, na maioria dos solos da região, com predominância nos luvisolos crômicos órticos, latossolos e argissolos. Pode alcançar até 10 m de altura, de crescimento moderado, sistema radicular com raiz pivotante pouco pronunciada, caule inerm e revestido por uma casca que se destaca em lâminas finas, lenho moderadamente pesado, com densidade específica de 720 kg/m³. Caducifólia precoce, perdendo a folhagem no início da estação seca. Copa arredondada, moderadamente densa, folhas compostas com folíolos ovóides. Alcança a vegetação plena no início das chuvas, permanecendo nessa fase fenológica por todo o período úmido. Logo após a perda das folhas, no início da época seca, entra em floração, seguida da frutificação e queda dos frutos, completando-se o ciclo fenológico ao meio do período seco. Produtora de madeira para carpintaria, medicinal e utilizada na coleta apícola de néctar, a imburana de cheiro tem suas sementes utilizadas como alimento, tanto pela fauna silvestre, quanto pelos animais domésticos.



Análises laboratoriais da folhagem do cumaru, colhida em diferentes fases de seu ciclo fenológico (Tabela 4), indicaram que o teor de matéria seca se mantém em cerca de 28,8%, durante a fase de vegetação plena, alcançando na dormência cerca de 92,3%. O percentual de proteína bruta decresceu de 16,2 na fase de vegetação plena para 7,1 na dormência. A fibra em detergente neutro e a fibra em detergente ácido apresentaram valores sempre baixos, flutuando a primeira de 32,3 a 36,2% e a segunda de 14,6 a 23,1%, respectivamente, para as fases de vegetação plena e de dormência. O teor de lignina alcançou 6,7% na vegetação plena, aumentando para 10,8% na dormência, um dos menores entre as espécies arbóreas da caatinga. Por outro lado, o percentual de taninos totais foi sempre baixo, variando de 8,6% na fase de vegetação plena a 5,2% na dormência. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) pode ser considerada elevada para uma arbórea nativa, variando de 58,7% na fase de vegetação plena para 26,7% na dormência.

Tabela 4. Variações da composição bromatológica do Cumaru (*Amburana cearensis*), segundo diferentes fases de seu ciclo fenológico

Componente	Fase do ciclo fenológico	
	Vegetação (%)	Dormência (%)
Matéria seca	28,8	92,3
Proteína bruta	16,2	7,1
Fibra em detergente ácido (FDA)	14,6	23,1
Lignina	6,7	10,8
Tanino total	8,6	5,2
Digestibilidade <i>in vitro</i>	58,7	26,7

Fonte: ARAÚJO FILHO et al.(2002a).

As folhas da imburana de cheiro têm consumo insignificante, quer quando verdes, quer quando secas, porém, suas sementes são consumidas pelos animais. Sua contribuição para circulação de nutrientes em um sistema agroflorestal é muito importante, considerando-se não só o elevado teor de nitrogênio em suas folhas e a rapidez com se degradam após sua queda ao solo, como também por ser uma leguminosa simbiote.

Juazeiro (*Zizyphus joazeiro*)

Da família das Ramnáceas, o juazeiro (Figura 18), uma árvore típica dos estágios finais da sucessão secundária da caatinga, é encontrado nos sertões nordestinos de baixa a elevada altitude. É uma espécie perenifólia de porte médio, atingindo até 10 m de altura, de crescimento lento, raízes profundas. Caule armado de fortes espinhos, copa arredondada, muito densa, folhas simples, coriáceas, flores pequenas amarelo-esverdeadas, dispostas em inflorescências cimosas.



Figura 18. Juazeiro.

Foto: J. A. Araújo Filho.

O juazeiro apresenta uma fenologia chamada de invertida. De fato, na época das chuvas, essa espécie permanece enfolhada, mas, aparentemente, sem atividade de crescimento. Ao meio do período seco, quando a maioria das espécies arbóreas da caatinga está em dormência, o juazeiro inicia a queda de suas folhas antigas, seguida de imediato pela rebrotação de novas folhas, dando o seu aspecto vistoso no meio da secura dos

sertões. Em novembro, ocorre a floração e, em sequência, a frutificação. O ciclo termina no início da estação úmida, com a produção dos frutos, avidamente consumidos pelos animais. Planta útil como forrageira, medicinal e utilizada na coleta apícola de pólen e néctar.

Análises laboratoriais das folhas do juazeiro (Tabela 5), colhidas em diferentes fases de seu ciclo fenológico, indicaram que o teor de matéria seca variou de 24,3% na fase de vegetação plena a 80,3% na de dormência. O percentual de proteína bruta decresceu de 20,6% na fase de vegetação plena para 12,2% na frutificação e para 8,9% na dormência. Os teores de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido flutuaram de 57,3 a 64,1% e de 30,7 a 45,8%, respectivamente, para as fases de vegetação plena e de dormência. O teor de lignina alcançou 11,9% na vegetação plena, aumentando para 14,2% na frutificação e para 20,3% na dormência. Por outro lado, o percentual de taninos totais foi sempre muito baixo, oscilando de 0,1% na fase de vegetação plena a 2,1% na dormência. Por fim, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) pode ser considerada baixa, apresentando valores de 36,6%, 30,0% e 25,4%, respectivamente, para as fases de vegetação plena, frutificação e dormência.

Tabela 5. Variações de parâmetros do juazeiro (*Zizyphus Joazeiro*), segundo diferentes fases de seu ciclo fenológico.

Componente	Fase do ciclo fenológico		
	Vegetação (%)	Frutificação (%)	Dormência (%)
Matéria seca	24,3	44,4	86,3
Proteína bruta	20,6	12,2	8,9
Fibra em detergente neutro (FDN)	57,3	62,0	64,1
Fibra em detergente ácido (FDA)	30,7	35,4	45,8
Lignina	11,9	14,2	20,3
Tanino total	0,1	1,3	2,1
Digestibilidade <i>in vitro</i>	36,6	30,0	25,4

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002a).

As folhas do juazeiro são consumidas quando verdes. Vale salientar que essa espécie pode ser utilizada como reserva alimentar estratégica para o fim do período seco e até para as secas prolongadas que periodicamente assolam o Semiárido nordestino. Os

frutos, tanto se prestam ao consumo humano, como são muito procurados por ovinos e caprinos. A contribuição dessa espécie para circulação de nutrientes em um sistema agroflorestal é muito importante, considerando-se, não só o elevado teor de nitrogênio em suas folhas e a rapidez com que se degradam após sua queda ao solo, como também a sombra acolhedora que oferece, durante todo o ano, razão por que, nos desmatamentos e queimadas da agricultura nordestina, essa espécie é sempre poupada e até protegida.

Jucá (*Libidibia ferrea*)

Da família das Cesalpináceas, o jucá (Figura 19), uma árvore típica dos estágios intermediários e finais da sucessão secundária da caatinga, é encontrado nos sertões nordestinos de baixa a média altitude. É uma espécie perenifólia, em áreas frescas e de solos profundos, mas caducifólia tardia, em situações menos amenas. Árvore de porte médio, que pode atingir até 8 m de altura, apresenta crescimento lento, raízes profundas, caule inerte, lenho muito pesado, com densidade específica de 1.100 kg/m³. Copa arredondada, moderadamente densa, folhas compostas com folíolos oblongos, flores amarelas, dispostas em panículas, vagem carnosa, indeiscente. Seu ciclo fenológico se verifica durante a época das chuvas, com o início da dormência em plena estação seca, com a queda das folhas. Alcança a vegetação plena no início das chuvas, flora ao meio da estação e frutifica no fim do período úmido. Planta útil como forrageira e medicinal e utilizada na coleta apícola de pólen e néctar.



Análises laboratoriais de folhagem do jucá (Tabela 6), colhida em diferentes fases de seu ciclo fenológico, indicaram que o teor de matéria seca se manteve sempre elevado, acima de 53%, alcançando, na fase de dormência, cerca de 90,7%. O percentual de proteína bruta decresceu de 15,1% na fase de vegetação plena para 13,3% na frutificação e para 8,9% na dormência.

Os teores de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido foram baixos, variando, no primeiro caso, de 31,3 a 45,9% e, no segundo, de 26,0 a 25,8%, respectivamente, para as fases de vegetação plena e de dormência. O teor de lignina alcançou 8,7% na vegetação plena, aumentando para 15,9% na frutificação e para 18,9% no restolho lenhoso. Por outro lado, o percentual de taninos totais foi sempre elevado, variando de 17,7% na fase de vegetação plena a 16,5% no restolho lenhoso. Por fim, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca apresentou percentuais variando de 43,1%, na fase de vegetação plena, a 27,9%, na dormência.

Tabela 6. Variações da composição bromatológica do jucá (*Libidibia ferrea*), segundo diferentes fases de seu ciclo fenológico

Componente	Fase do ciclo fenológico		
	Vegetação (%)	Frutificação (%)	Dormência (%)
Matéria seca	53,7	57,3	90,7
Proteína bruta	15,1	13,3	8,9
Fibra em detergente neutro (FDN)	31,3	36,4	45,9
Fibra em detergente ácido (FDA)	26,0	27,1	25,8
Lignina	8,7	15,9	18,9
Tanino total	17,7	18,7	16,5
Digestibilidade <i>in vitro</i>	43,1	30,4	27,9

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002a).

As folhas do jucá são consumidas quando verdes. Vale salientar que essa espécie pode ser utilizada como reserva alimentar estratégica para o fim do período seco. Todavia, em condições normais, as vagens constituem um excelente recurso forrageiro para o início do período seco (Figura 19). A contribuição dessa espécie para a circulação de nutrientes em um sistema agroflorestal é muito importante, considerando-se não só o elevado teor de nitrogênio em suas folhas e a rapidez com que se degradam após sua queda ao solo, a profundidade de seu sistema radicular, como também por ser uma leguminosa simbiote.

Jurema preta (*Mimosa tenuiflora*)

Da família das Mimosáceas, a jurema preta (Figura 20) é uma árvore típica dos estágios pioneiros da sucessão secundária da caatinga, encontrada nos sertões nordestinos de baixa a elevada altitude, na maioria dos solos da região, com predominância nos luvisolos, órticos crômicos, argissolos, e planossolos háplicos. Pode alcançar até 8 m de altura, apresenta crescimento rápido, sistema radicular com raiz pivotante pronunciada, caule espinhoso, lenho moderadamente pesado, com densidade específica de 870 kg/m³. Perenifólia em quase todos os sítios da caatinga, ou caducifólia tardia, com manutenção da folhagem nos primeiros meses da estação seca, em áreas ou anos mais secos. Copa arredondada, moderadamente densa e folhas compostas. Seu ciclo fenológico se verifica durante a época das chuvas, com o início da dormência em plena estação seca, com a queda das folhas. Alcança a vegetação plena no início das chuvas, flora ao fim do período e frutifica no início da época seca. Planta forrageira, produtora de lenha, medicinal e utilizada na coleta apícola de néctar.



Figura 20. Jurema preta: árvores e vagens.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

Análises laboratoriais da folhagem da jurema preta (Tabela 7), colhida em diferentes fases de seu ciclo fenológico, indicaram que o teor de matéria seca aumentou de 34,5%, na fase de vegetação plena, para 36,1%, na frutificação, alcançando, na fase de dormência, cerca de 89,5%. Os percentuais de proteína bruta foram de 19,6% na fase de vegetação plena, 12,1% na frutificação e 8,7% na dormência. Os teores de fibra em deter-

gente neutro e de fibra em detergente ácido flutuaram, no primeiro, de 39,9 a 41,0% e, no segundo, de 29,1 a 18,9%, respectivamente, para as fases de vegetação plena e de dormência. O conteúdo de lignina alcançou 8,4% na vegetação plena, aumentando para 11,4% na frutificação e para 13,7% na dormência, um dos menores entre as espécies arbóreas da caatinga. Por outro lado, o percentual de taninos totais variou de 9,9%, na fase de vegetação plena, a 12,4% na dormência. Por fim, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), baixa para uma arbórea nativa, variou de 29,5% na fase de vegetação plena, para 26,0% na frutificação, atingindo 22,5% na dormência.

Tabela 7. Variações da composição bromatológica da jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), segundo diferentes fases de seu ciclo fenológico

Componente	Fase do ciclo fenológico		
	Vegetação (%)	Frutificação (%)	Dormência (%)
Matéria seca	34,5	36,1	89,5
Proteína bruta	19,6	12,1	8,7
Fibra em detergente neutro (FDN)	39,9	39,0	41,0
Fibra em detergente ácido (FDA)	29,1	15,7	18,9
Lignina	8,4	11,4	13,7
Tanino total	9,9	16,2	12,4
Digestibilidade <i>in vitro</i>	29,5	26,0	22,5

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002a).

Determinações da composição química das vagens de jurema preta (Figura 20) mostraram um teor de 16,3% de proteína bruta, 45,5% de FDN e uma digestibilidade *in vitro* de 60,2%. O consumo caprino alcançou 83,1 g/kg de PV^{0,75}, com ganhos diários de cerca de 141,6 g/cab/dia.

As folhas da jurema preta têm consumo elevado quando verdes, podendo constituir até 50% da dieta de caprinos. Ademais, em condições normais, as vagens constituem um excelente recurso forrageiro para o início do período seco, e são consumidas avidamente por ovinos, bovinos e caprinos. É uma arbórea que deve ser rebaixada, principalmente por, nessa condição, manter sua folhagem verde por toda a estação seca. Sua contribuição para a circulação de nutrientes em um sistema agroflorestal é muito importante, considerando-se não só o elevado teor de nitrogênio em suas folhas e a rapidez com que se degradam após sua queda ao solo, como também por ser uma leguminosa simbiote.

Mororó (*Bauhinia cheilantha*)

Da família das Papilionáceas, o mororó (Figura 21) é uma árvore típica dos estágios pioneiros e intermediários da sucessão secundária da caatinga, encontrada nos sertões nordestinos de baixa a elevada altitude, na maioria dos solos da região, com predominância nos luvisolos órticos crômicos e argissolos. É uma árvore que pode alcançar até 8 m de altura, de crescimento lento, sistema radicular com raiz pivotante pouco pronunciada, caule inerte, lenho difuso-poroso, pesado, com densidade específica de 940 kg/m³. Caducifólia, copa arredondada, densa e folhas simples lobuladas.



Figura 21. Mororó.

Foto: J. A. Araújo Filho.

Rebrota e alcança a vegetação plena no início das chuvas; flora e frutifica ao meio da estação; entrando em dormência, com a queda das folhas, no início do período seco. Planta forrageira, produtora de lenha e estaca para cerca e utilizada na coleta apícola de pólen e néctar.

Análises laboratoriais das folhas do mororó (Tabela 8), colhidas em diferentes fases de seu ciclo fenológico, indicaram que o teor de matéria seca aumentou de 25,1%, na fase de vegetação plena, para 37,4%, na frutificação, alcançando na fase de dormência cerca de 90,9%. O teor de proteína bruta decresceu de 20,7% na fase de vegetação plena para 13,3% na frutificação e para 9,7% na dormência. Os teores de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido flutuaram, no primeiro, de 46,6 a 54,3% e, no segundo, de 25,0 a 44,3%, respectivamente, para as fases de vegetação plena e de dormência. O conteúdo de lignina alcançou 9,1% na vegetação plena, aumentando para 17,6% na frutificação e para 25,3% na dormência, um dos maiores entre as espécies arbóreas da caatinga. Por outro lado, o percentual de taninos totais variou de 5,7%, na fase de vegetação plena, a 3,9% na dormência. Por fim, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) pode ser considerada elevada para uma arbórea nativa, variando de 59,7% na fase de vegetação plena, para 55,4% na frutificação, atingindo 35,5% na dormência.

Tabela 8. Variações da composição bromatológica do mororó (*Bauhinia cheilantha*), segundo diferentes fases de seu ciclo fenológico

Componente	Fase do ciclo fenológico		
	Vegetação (%)	Frutificação (%)	Dormência (%)
Matéria seca	25,1	37,4	90,9
Proteína bruta	20,7	13,3	9,7
Fibra em detergente neutro (FDN)	46,6	49,8	54,3
Fibra em detergente ácido (FDA)	25,0	37,6	44,3
Lignina	9,1	17,6	25,3
Tanino total	5,7	6,2	3,9
Digestibilidade <i>in vitro</i>	59,7	55,9	35,5

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002a).

As folhas do mororó têm excelente palatabilidade quando verdes, porém, devido à baixa ocorrência dessa espécie, na maioria dos sítios ecológicos da caatinga, sua participação na dieta dos ruminantes domésticos é sempre muito baixa. É uma espécie lenhosa que deve ser rebaixada, podendo, também, ser utilizada no enriquecimento da caatinga, quando, então, poderá ocupar lugar de destaque no forrageamento de ovinos, bovinos e caprinos. Sua contribuição para circulação de nutrientes em um sistema agroflorestal é muito importante,

considerando-se, não só o elevado teor de nitrogênio em suas folhas e a rapidez com que se degradam após sua queda ao solo, como também por ser uma leguminosa simbiote.

Pau-branco (*Auxemma onocalyx*)

Da família das Boragináceas, o pau-branco (Figura 22) é uma árvore típica dos estágios intermediários da sucessão secundária da caatinga, encontrada nos sertões cearenses de baixa a média altitude, na maioria dos solos da região, com predominância nos luvisolos crômicos órticos, latossolos, argissolos e planossolos háplicos. A árvore, que pode alcançar até 15 m de altura, é de crescimento rápido, com sistema radicular lateral, caule inerte, lenho difuso-poroso, moderadamente pesado, com densidade específica de 730 kg/m³.



Figura 22. Pau-branco.

Foto: J. A. Araújo Filho.

O pau-branco é uma caducifólia precoce, com copa arredondada, densa e folhas simples; rebrota e alcança a vegetação plena no início das chuvas, flora e frutifica ao meio

da estação, entrando em dormência com a queda das folhas, no início do período seco. Planta forrageira medíocre, produtora de madeira para lenha, construção e caixotaria, e de estacas para cerca, sendo visitada pelas abelhas para a coleta de néctar.

Análises laboratoriais de folhagem do pau-branco (Tabela 9), colhida em diferentes fases de seu ciclo fenológico, indicaram que o teor de matéria seca aumentou de 21,4% na fase de vegetação plena para 36,4% na frutificação, alcançando, na dormência, cerca de 83,7%. O percentual de proteína bruta decresceu de 20,3 na fase de vegetação plena para 16,5% na frutificação e para 8,3% na dormência. Os teores de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido flutuaram, na primeira, de 61,8 a 59,3% e, na segunda, de 39,2 a 20,2%, respectivamente, para as fases de vegetação plena e de dormência. O conteúdo de lignina alcançou 20,9% na vegetação plena, aumentando para 18,8% na frutificação e para 20,2% na dormência, um dos maiores entre as espécies arbóreas da caatinga. Por outro lado, o percentual de taninos totais variou de 0,7%, na fase de vegetação plena, a 3,0%, na dormência. Por fim, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) pode ser considerada baixa para uma arbórea nativa, variando de 25,9%, na fase de vegetação plena, para 21,9%, na frutificação, atingindo 12,7%, na fase de dormência.

Tabela 9. Variações da composição bromatológica do pau-branco (*Auxemma oncocalyx*), segundo diferentes fases de seu ciclo fenológico

Componente	Fase do ciclo fenológico		
	Vegetação (%)	Frutificação (%)	Dormência (%)
Matéria seca	21,4	36,4	83,7
Proteína bruta	20,3	16,5	8,3
Fibra em detergente neutro (FDN)	61,8	62,0	59,3
Fibra em detergente ácido (FDA)	39,2	38,1	44,4
Lignina	20,9	18,8	20,2
Tanino total	0,7	1,1	3,0
Digestibilidade <i>in vitro</i>	25,9	21,9	12,7

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002a).

As folhas do pau-branco têm consumo regular quando verdes, participando em até 15% na dieta de caprinos. Porém, quando secas, sua contribuição na composição botânica da dieta desse ruminante é muito baixa, alcançando valores inferiores a 5,0%. Para ovinos e bovinos, o pau-branco é uma espécie de baixo consumo. Na manipulação da

vegetação lenhosa da caatinga, é uma arbórea que deve ser rebaixada, com posterior manejo da rebrota, o que permite à planta produzir até dois produtos, simultaneamente, isto é, forragem e madeira.

Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*)

Da família das Cesalpináceas, o sabiá (Figura 23) é uma árvore típica dos estágios intermediários da sucessão secundária em muitos sítios da caatinga, encontrada nos sertões cearenses de baixa a elevada altitude, na maioria dos solos da região, com predominância nos luvisolos crômicos órticos, latossolos, argissolos e planossolos háplicos. Árvore que pode alcançar até 9,0 m de altura, é de crescimento rápido, com sistema radicular lateral, caule espinhoso, lenho poroso, pesado, densidade específica de 880 kg/m³.



Figura 23. Sabiá.
Foto: J. A. Araújo Filho.

Caducifolia precoce, copa arredondada, medianamente densa e folhas compostas. Rebrotar e alcançar a vegetação plena no início das chuvas, flora e frutifica ao meio da estação, entrando em dormência com a queda das folhas, no início do período seco. Planta forrageira, produtora de lenha, de estaca para cerca e utilizada na coleta apícola de pólen e néctar.

Análises laboratoriais de folhagem do sabiá (Tabela 10), colhida em diferentes fases de seu ciclo fenológico, indicaram que o teor de matéria seca aumenta de 33,6% na fase de vegetação plena e alcança, na fase de dormência, 90,2%. O percentual de proteína bruta decresceu de 19,2% na fase de vegetação plena para 14,3% na frutificação e para 8,5% na dormência. O percentual de fibra em detergente neutro apresenta valores de 55,9%, na fase de vegetação plena, 57,6%, na frutificação, e 50,3%, na dormência. O teor de fibra em detergente ácido, por seu turno, aumentou de 27,3% na vegetação plena para 46,3% na dormência. O conteúdo de lignina alcançou 13,5% na vegetação plena, aumentando para 19,7% na frutificação e para 22,9% na dormência, um dos maiores entre as espécies arbóreas da caatinga. Por outro lado, o percentual de taninos totais variou de 4,9 na fase de vegetação plena a 8,6 na dormência. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) pode ser considerada média para uma arbórea nativa, variando de 39,2%, na fase de vegetação plena, para 28,7%, na frutificação, atingindo 22,9%, na dormência.

Tabela 10. Variações de parâmetros do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), segundo diferentes fases de seu ciclo fenológico

Componente	Fase do ciclo fenológico		
	Vegetação (%)	Frutificação (%)	Dormência (%)
Matéria seca	33,6	34,9	90,2
Proteína bruta	19,2	14,3	8,5
Fibra em detergente neutro (FDN)	55,9	57,6	50,3
Fibra em detergente ácido (FDA)	27,3	36,9	46,3
Lignina	13,5	19,7	22,9
Tanino total	4,9	8,7	8,6
Digestibilidade <i>in vitro</i> (MS)	39,2	28,7	22,9

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002a).

As folhas do sabiá têm elevado consumo, quando verdes, participando com percentuais superiores a 40% na composição botânica das dietas de bovinos, caprinos e ovinos. Porém, quando secas, seu consumo passa a ser insignificante. Na manipulação da vegetação lenhosa da caatinga, é uma arbórea que deve ser rebaixada, com posterior manejo da rebrota, o que permite à planta produzir até dois produtos, simultaneamente, isto é, forragem e madeira.

FAUNA

Destaca-se a fauna de vertebrados da caatinga, com 148 espécies de mamíferos relacionadas, das quais 10 são endêmicas e 10 estão ameaçadas de extinção. Podemos encontrar um pouco mais de 348 espécies de aves, das quais cerca de 50 são endêmicas e 20 ameaçadas de extinção (Figuras 24 e 25). Em relação aos répteis, foram computadas 107 espécies, e 47 de anfíbios. Com respeito aos peixes, podem ser encontradas 185 espécies, das quais aproximadamente 10 são endêmicas. Esses números dão uma pálida ideia da riqueza faunística que outrora existiu na caatinga, conforme Relato da Comissão Científica (BRAGA, 1962).



Figura 24. Tatus-bola e ema.

Fotos: Rodrigo Castro/Acervo Associação Caatinga e J. A. Araújo.

A destruição sistemática dos habitats e a caça descontrolada e predatória podem ser apontadas como as principais responsáveis pelo reduzido número das espécies componentes da fauna. Porém, o que mais preocupa é a falta de cursos e faculdades no país voltados para o estudo da fauna, com a formação de pesquisadores e técnicos que se dediquem ao estudo e à recuperação, bem como à exploração sustentável desse importante componente da caatinga.



Figura 25. Iguana e corujas.
Fotos: J. A. Araújo Filho.

A man wearing a white short-sleeved shirt, blue shorts, and a wide-brimmed hat stands on the left side of the frame, looking towards a group of goats. The goats are white and are gathered in a field of tall, dry grass. The background is filled with dense, tall grasses and some trees under a clear sky. The overall scene is a rural, agricultural setting.

CAPÍTULO 4

SISTEMAS DE PRODUÇÃO
NO ÂMBITO DA CAATINGA

INTRODUÇÃO

A exploração agrícola no Semiárido nordestino originou um incontável número de sistemas de produção, como respostas às variações ambientais, econômicas, sociais e culturais. O espectro desses sistemas vai desde os da agricultura itinerante das culturas predominantemente alimentares até os mais modernos da fruticultura irrigada. Os da agricultura migratória, que se caracterizam pela diversidade cultural, incluem, geralmente, além das atividades do cultivo agrícola, a exploração pastoril e a madeireira, enquanto os últimos são altamente especializados e praticam a monocultura (Figura 26).



Figura 26. Fruticultura tecnificada e agricultura tradicional.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

A AGRICULTURA MIGRATÓRIA NOS DOMÍNIOS DA CAATINGA

Os sistemas de produção agrícolas, comumente em prática pela agricultura tradicional na região da caatinga, caracterizaram-se, desde seus primórdios coloniais, por um extrativismo predatório dos recursos naturais de solo e de vegetação. As atividades de exploração da vegetação e dos solos do Semiárido, pela população indígena pré-descobrimento, aparentemente não deixaram efeitos marcantes, em razão, provavelmente, da baixa intensidade e pelo fato de seus habitantes serem mais extrativistas e caçadores do que agricultores e criadores.

Para que melhor se entenda o impacto que as práticas agrícolas adotadas pelos colonizadores tiveram sobre os solos e sobre a vegetação dominante na região semiárida nordestina, a caatinga, devem ser levadas em conta algumas considerações e recomendações para a exploração sustentável de seus solos, que são geralmente pouco profundos, de baixa permeabilidade, de baixo teor de matéria orgânica, mas relativamente ricos em bases trocáveis. Essa região recebe anualmente calor e luz em excesso, o que resulta em rápida mineralização da matéria orgânica. A fertilidade de seus solos baseia-se, pois, na alcalinidade e riqueza em bases. Assim, os métodos empíricos de exploração dos solos deveriam estar fundamentados no menor distúrbio possível do meio biológico e no reforço do aporte de matéria orgânica, pela manutenção de uma cobertura viva formada por plantas fixadoras de nitrogênio e de uma cobertura morta oriunda de restolhos culturais, esterco e fontes diversas de adubação verde. Isso se deve ao fato de que, nos ecossistemas florestais de clima tropical, os nutrientes se concentram na biomassa e não no solo, como nos de clima temperado.

Porém, o que aconteceu foi a aplicação direta de métodos e práticas próprios para solos de clima temperado. Assim, as matas foram derrubadas, queimou-se a vegetação em larga escala e lavouras nômades foram estabelecidas; aproveitou-se o humo onde este já existia, expuseram-se os solos à erosão, enfim, saquearam-se os recursos naturais renováveis. Porém, convém lembrar que, antes que os solos fossem atingidos pela erosão, a vegetação nativa sofreu duramente os efeitos das práticas agrícolas adotadas pelos colonizadores. Em 1861, a Comissão Científica de Exploração enviada por dom Pedro II para estudar o Nordeste registrava no Ceará a destruição acelerada da vegetação, principalmente nos contrafortes das serras, em razão dos desmatamentos e das queimadas para plantio de mandioca (BRAGA, 1962).

Atualmente, pouco resta do que teria sido o clímax da caatinga. Em vez disso, estudos apontam índices de devastação da vegetação superiores a 90% em vastas áreas dos sertões nordestinos. Levantamentos feitos no estado do Ceará indicam que em 1992 restavam apenas 20% da vegetação original da caatinga, e que seu ritmo de desaparecimento anual alcançava 2,7% da cobertura florística existente.

Ao se praticar uma agricultura dita nômade ou migratória, é preciso que se respeite o período mínimo de repouso para recuperação do solo e da vegetação nas áreas utilizadas, para que possa ter características de sustentabilidade. No caso da caatinga, estima-se que

o período mínimo de pousio seria, aproximadamente, de 50 anos, com uma sequência sucessional de 3 anos para a dominância das herbáceas, 17 anos para as arbustivas, uns 15 anos para um complexo arbustivo-arbóreo, quando, então, se verifica a supremacia das árvores, a qual se completa após cerca de 10 anos, totalizando em torno de 50 anos o tempo necessário para que a vegetação retorne ao clímax original. Todavia, esses valores podem variar bastante em função de fatores locais, flutuações climáticas e exaustão do banco natural de sementes, principalmente das arbóreas. Porém, atualmente, em extensas áreas dos sertões nordestinos, o período de repouso está abaixo de 10 anos, ou seja, em plena dominância dos arbustos, e, assim, não há tempo suficiente para a recuperação do solo e da vegetação, além de haver maior exposição à erosão, perda da biodiversidade florística e faunística e queda dos índices de produção agrícola.

Embora as informações sejam escassas, relatos da Comissão Científica de Exploração, datados de 1860 (BRAGA, 1962), dão conta da grande produtividade agrícola e da boa qualidade dos produtos obtidos nos solos da caatinga, principalmente, milho, feijão e arroz. Mas não é preciso buscar dados históricos para se avaliar o quanto decresceu a produtividade dos solos agricultáveis da caatinga, como consequência das práticas da agricultura itinerante. Estima-se que a produção média anual de grãos obtida pelos sertanejos situa-se em torno de 400 kg/ha. Todavia, pode-se obter em áreas de caatinga plenamente recuperadas até 2.000 kg/ha/ano, mesmo com as práticas da agricultura das queimadas.

A AGRICULTURA INDUSTRIAL MODERNA

Os sistemas de produção agrícola comumente em prática pelos modelos altamente tecnificados tendem a perder a sustentabilidade em razão de se basearem em características que criam forte dependência externa. Isso ocorre devido à supersimplificação da teia alimentar, pela destruição da biodiversidade da vegetação nativa, do uso maciço de insumos externos e da redução drástica da diversidade genética dos organismos explorados. A substituição de uma comunidade vegetal complexa por uma monocultura resulta na abertura dos ciclos biogeoquímicos responsáveis pela circulação de nutrientes e fluxo de energia, criando a necessidade de importação de insumos externos e práticas de controle, antes naturalmente existentes no ecossistema.

Presentemente, quanto mais moderna a agricultura mais intensa se torna a inclusão de fontes auxiliares de energia oriundas de combustível fóssil, mormente por meio da mecanização, da aplicação de adubos minerais e do uso de agrotóxicos. Todavia, o problema do balanço energético da produção agrícola não está sendo tratado com a devida atenção pelos setores especializados, devido, provavelmente, à existência abundante e aparentemente inexaurível de combustíveis e derivados do petróleo para a produção de adubos minerais e agrotóxicos. Convém frisar que esses insumos provêm de fontes não renováveis, em sua maioria, e que a exaustão dessas fontes, prevista para um futuro próximo, colocará em xeque os atuais modelos da agricultura moderna. Uma comparação entre diversos tipos de sistemas agrícolas mostrou que a relação energética, ou seja, quantas calorias de alimento são produzidas para cada caloria de combustível fóssil utilizada, pode variar de 30,6 para sistemas pré-industriais a 2,6 para os modelos completamente industrializados.

Nesse contexto, são necessárias pesquisas para o desenvolvimento e a utilização de fontes alternativas, renováveis ou não, de produção de energia. Algum esforço está sendo feito, como, por exemplo, a conversão da energia solar em energia elétrica, ou térmica, aproveitamento da energia eólica e hídrica em larga escala e uso do hidrogênio deuterio, oriundo dos oceanos. Por outro lado, muitos outros insumos, atualmente obtidos por processamento industrial e de fontes não renováveis, podem ser produzidos no próprio sistema produtivo, por meio da reciclagem de subprodutos e do uso de fontes renováveis.

Nos modelos de sistemas de produção agrícola usualmente adotados, a implantação de uma área de cultivo ou de uma pastagem tem como primeira providência a erradicação total da vegetação original, acompanhada do destocamento e da queima dos restos. Portanto, comunidades vegetais e animais complexas e responsáveis pelo funcionamento daquele ecossistema são erradicadas e substituídas por uma monocultura, o que acarreta uma supersimplificação da rede alimentar, perdendo a resiliência ou plasticidade ambiental do sistema e reduzindo sua estabilidade diante das variações dos fatores do meio. Por outro lado, intensificam-se as repercussões sobre a fauna, privada que foi de sua alimentação e abrigos, com profundas alterações em seus habitats. As culturas estabelecidas passam a ser a fonte mais importante de alimentação para a restauração das cadeias alimentares. Insetos e outros artrópodes passam a constituir as “pragas”,

requerendo medidas de controle baseadas no uso de agrotóxicos, poluentes que serão repassados para o ambiente ao longo da cadeia alimentar. Assim, não é difícil visualizar a degradação paulatina do ecossistema. Mais grave ainda, interrompe-se abruptamente a circulação de nutrientes entre os componentes físicos e bióticos do ecossistema pela abertura dos ciclos biogeoquímicos. A renovação natural e manutenção da fertilidade do solo são interrompidas e passa-se a buscar meios externos de reposição de nutrientes para as culturas, via utilização de fertilizantes artificiais, originados, quase sempre, de fontes não renováveis, comprometendo ainda mais a sustentabilidade do sistema produtivo. O uso de fertilizantes orgânicos, produzidos a partir da compostagem dos restos culturais e do esterco originados do próprio sistema produtivo, é uma das opções de redução da dependência externa.

Outro aspecto relevante está relacionado com a seleção artificial dos organismos, privilegiando geralmente a produtividade como o fator mais importante do que a adaptação, uma aceção lógica, uma vez que o sistema pressupõe um forte controle externo. Isso implica redução considerável da diversidade genética, podendo resultar em perdas catastróficas, se fatores novos passarem a agir no sistema. Essas catástrofes estão presentes ao longo da história da agricultura, em áreas onde se utilizaram práticas simplificadoras da monocultura, com base em variedades de baixa variabilidade genética. Um exemplo recente é o da epidemia causada pela murcha da folha do milho, que devastou a cultura no sul dos Estados Unidos. Em meados do século XIX, uma praga destruiu os batatais da Irlanda, originando a fome que matou milhares de pessoas e forçou a emigração da população para a América do Norte.

Publicações recentes expressam a preocupação dos meios científicos com a vulnerabilidade de sistemas de produção que utilizam organismos altamente especializados e de elevada uniformidade genética. Além do risco inerente, tais práticas aumentam substancialmente os custos com a introdução, manutenção e intensificação do controle externo. Daí o interesse despertado por agricultores e técnicos no resgate e na amplificação do banco genético de espécies cultivadas, desenvolvido ao longo do tempo pelos agricultores tradicionais. Assim, para se manter a sustentabilidade da produção agrícola, necessário se faz que as pesquisas em melhoramento genético sejam direcionadas para o desenvolvimento de organismos que apresentem uma adequada adaptabilidade às condições ambientais limitantes, mesmo que isso implique alguma redução em sua

capacidade produtiva. Isso se justifica particularmente nos ecossistemas semiáridos, onde o objetivo da exploração agrícola ou pastoril é a convivência com a variabilidade ambiental, que só pode ser alcançada com animais ou culturas com bom potencial genético adaptativo.

Na agricultura moderna, a redução drástica da biodiversidade resulta no desmantelo da rede alimentar e consequente abertura dos ciclos na terra, no ar e na água. Por exemplo, a destruição do estrato arbóreo reduz drasticamente a ciclagem dos nutrientes a partir das camadas mais profundas do solo, o que resulta na diminuição significativa da sua fertilidade. Com isso, certos processos que ocorriam como etapas funcionais do ecossistema passam a requerer forte intervenção externa para a sua manutenção, ou seja, a quebra do equilíbrio ecológico acarretou a intensificação do controle externo para garantir níveis adequados de produção. Assim, usa-se o adubo mineral para manter a fertilidade, aplica-se o inseticida para controlar as “pragas” e o herbicida para extermínio das ervas adventícias. Mais grave ainda, o uso contínuo do fertilizante acaba por afetar a estrutura do solo, poluir o lençol freático, além de exaurir o conteúdo de micronutrientes, o que vai requerer formulações cada vez mais complexas e mais caras. Por seu turno, os inseticidas destroem os inimigos naturais das “pragas” e aumentam a resistência natural destas, necessitando um controle externo cada vez mais intenso e de custos sempre crescentes.

O que se pretende com o uso das técnicas da agricultura industrial é a maximização da produção e não a otimização. Por maximização entende-se a exploração dos recursos naturais da Terra em níveis muito acima de sua capacidade regenerativa, em processos praticamente “mineradores”, pressupondo-se que, uma vez exaurida a mina, dela não se precisará mais. Isso é uma antítese da sustentabilidade e certamente condena a própria sobrevivência das gerações futuras.

Os defensores desse modelo de exploração agrícola afirmam que, dada sua elevada produtividade, é o único que poderá enfrentar o desafio de alimentar o mundo, produzindo alimento abundante, seguro, saudável, nutritivo, de baixo custo e com eficiência. Além disso, salientam que a agricultura moderna é benéfica ao ambiente e à vida silvestre, e que seus problemas serão resolvidos pela biotecnologia. Segundo outros autores, esses são apenas mitos perigosamente fatais. O que se observa é que a fome está aumentando no mundo, uma vez que os sistemas agrícolas industriais exigem enormes

áreas, deslocando agricultores de suas terras e gerando desemprego no campo. Além do mais, as fazendas industriais estão conectadas com o mercado de exportações e, em vez de alimentos para o povo, produzem flores, frutas exóticas e outros produtos que jamais chegarão à mesa da população local.

A agricultura moderna não tem a eficiência do uso da terra nem produz a diversidade de alimentos observada em alguns modelos tradicionais. O uso, muitas vezes abusivo, de agrotóxicos tem desencadeado verdadeiras epidemias de doenças letais e envenenamentos de pessoas, cujos custos médico-hospitalares não fazem parte da planilha de custos da agricultura moderna. A alusão de que a produção em escala, proporcionada pelos modelos de agricultura industrial, resulta em alimentos mais baratos é, pois, irreal, uma vez que os custos ambientais, de saúde e sociais não são computados.

Mas até os usuários das tecnologias da agricultura industrial já perceberam os enormes problemas ambientais e sociais que estão sendo criados e as mudanças benéficas que estão sendo implementadas. Dentre elas destacam-se o controle integrado de pragas, com ampla redução do uso de agrotóxicos e utilização de controle biológico, a inoculação das sementes com rizóbios e micorrizas para a diminuição do emprego de adubos nitrogenados, o plantio direto, que reduz a utilização das práticas de movimentação excessiva do solo, além de oferecer um bom aporte de matéria orgânica. Acrescente-se, que a pressão da sociedade por alimentos de melhor qualidade, seguros, rastreáveis e produzidos com equidade social está mudando o panorama da agricultura, proporcionando o apoio necessário ao crescimento exponencial de tipos de agricultura alternativos ao modelo industrial, cujos produtos saudáveis cada vez mais estão fazendo parte do cotidiano alimentar em todo o mundo.

FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Um sistema de produção agrícola, um agroecossistema, deve apresentar características de sustentabilidade, equanimidade, estabilidade e produtividade. Para alcançar a sustentabilidade, o agroecossistema deve fundamentar-se no uso limitado de energia e de recursos externos, buscando restabelecer as cadeias alimentares, mantendo, tanto quanto possível, fechados os ciclos biogeoquímicos. O passo seguinte será a restauração

da estabilidade da comunidade vegetal, restabelecendo-se a reciclagem de nutrientes, garantindo o fluxo eficiente de energia, otimizando a taxa de desfrute e maximizando o uso da terra. Outro elemento importante para a sustentabilidade da produção agrícola é o fortalecimento da agricultura familiar, cuja lógica de produção baseia-se em sistemas agrícolas diversificados e potencialmente mais resistentes. Por fim, deve-se encorajar a produção local, adaptada ao cenário socioeconômico nacional, para o atendimento do mercado interno.

Por equanimidade entende-se o aumento da produção do agroecossistema sem incremento do custo social. Isso significa que é objetivo de um sistema de produção não só o acesso a seus benefícios, sem restrição, pela sociedade local, como também que sua implementação não resulte em prejuízos sociais para a comunidade, tais como o aumento da pobreza e da concentração de renda.

A estabilidade de um sistema de produção tem sido definida como a constância da produção sob um conjunto variável de condições ambientais, econômicas e de manejo. Nesse sentido, o sistema deve ter um elevado grau de adaptação ambiental, com base na escolha de espécies de plantas e animais apropriados àquelas condições. Além do mais, a produção deve ser dirigida para atender às demandas do mercado interno, acompanhando suas variações ao longo do tempo. Por fim, é importante que seja selecionado o conjunto de tecnologias que mais se adaptem aos objetivos, aos recursos e às necessidades do agricultor.

A produtividade de um agroecossistema expressa a produção por unidade de área ou de insumo. Todavia, o aumento da produtividade nem sempre constitui o objetivo mais desejado pelo agricultor, sobretudo em condições de alto risco, quando, então, a redução do risco e a consequente otimização da produção passam a ser as metas a serem alcançadas. Em que pese a agricultura moderna, os investimentos tecnológicos, em busca de uma produtividade cada vez maior, estão tornando as culturas alimentares mais vulneráveis a epidemias.

MODELOS DE EXPLORAÇÃO AGROPASTORIL DA REGIÃO DA CAATINGA

Predominam, na região do domínio da caatinga, sistemas de produção mistos, caracterizados como sistema de produção agrossilvipastoril, nas áreas mais úmidas e

próximas de centros consumidores, e silvipastoril, nas áreas mais secas. Ambos carecem de sustentabilidade em seus índices produtivos, em razão, principalmente, da falta de integração entre os seus componentes agrícola, pecuário e florestal, e por utilizar tecnologias extrativistas e predatórias, em sua maioria, conforme discussão a seguir.

AGRICULTURA

As práticas da agricultura tradicional seguem o modelo migratório ou itinerante, que incluem o desmatamento total, a queimada da madeira, o cultivo de até dois anos e pousio para recomposição da vegetação nativa e da fertilidade do solo. O solo é mantido sempre sem qualquer cobertura vegetal, viva ou morta, devido às constantes capinas, contribuindo, assim, para os elevados índices de erosão (Figura 27).



Figura 27. Práticas da agricultura migratória.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

A intensificação do uso do solo, bem como seu uso além da capacidade natural de regeneração dos ecossistemas, vem causando, na região da caatinga, vultosas perdas na biodiversidade da fauna e da flora, erosão do solo, sedimentação dos reservatórios e dos rios, com conseqüente declínio da atividade econômica e da qualidade de vida da população, podendo ser apontada como um dos fatores que contribuíram para o êxodo rural. Com base na sucessão secundária da vegetação da caatinga, o pousio

deveria ser de pelo menos 40 anos. Mas, na realidade, em extensas áreas do domínio da caatinga, a pressão demográfica reduziu o período de repouso para menos de 10 anos. O resultado é que o ritmo de perda da vegetação primária alcança 2,7% ao ano, cerca de 80% da cobertura vegetal é secundária, com mais de 40% mantida em estágio pioneiro da sucessão secundária, e a desertificação já atinge em torno de 25% da área do território.

PECUÁRIA

A região Nordeste ocupa um lugar de destaque na pecuária nacional. Com efeito, os percentuais referentes ao efetivo nacional das diversas espécies de animais domésticos criados na região são bastante expressivos, como se deduz da Tabela 11.

Tabela 11. Percentual do efetivo nacional de animais domésticos criados na região Nordeste

Rebanhos	Região Nordeste (%)
Bovinos	14,7
Ovinos	56,9
Caprinos	90,6
Equinos	24,8
Asininos	91,4
Muares	51,1

Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Na região semiárida do Nordeste, a pecuária segue o modelo de exploração misto, com cerca de 90% das propriedades criando bovinos, caprinos e ovinos, simultaneamente. O regime de criação é predominantemente extensivo, baseado em condições de sobrepastejo (Figura 28), constituindo a vegetação da caatinga a principal e, em muitos casos, a única fonte de alimento para os rebanhos. A disponibilidade insuficiente, aliada à baixa qualidade da forragem, principalmente no período seco, resulta nos baixos índices de produção e produtividade dos animais. Para se ter uma ideia, a capacidade de suporte para bovinos da maioria dos sítios ecológicos da caatinga é de 10-12 ha/animal/ano, com a produção anual de 8 kg de peso vivo animal por hectare.



Figura 28. Pecuária de sobrepastejo.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

Além disso, o sobrepastejo generalizado agrava o estado de degradação das pastagens, que, por sua vez, reduz ainda mais sua capacidade produtiva. Atualmente, a carga animal na caatinga oscila em torno de 4,6 ha/bovino/ano.

Nos últimos trinta anos, enquanto a população humana da região nordestina cresceu em 150%, os rebanhos bovino, caprino e ovino aumentaram seus efetivos em menos de 50%. Com isso, a maioria dos estados nordestinos transformou-se em importadora de produtos de origem animal.

SILVICULTURA

O produto mais importante da extração madeireira na caatinga é a lenha, que responde por cerca de 30% do consumo de energia da região nordestina (Figura 29). Porém, considerando o consumo doméstico nos sertões, a lenha satisfaz a mais de 70% da demanda energética, sendo necessários 78 estéreos para atender a uma residência média a cada ano. Por outro lado, a taxa anual de incremento da produção de madeira na caatinga é de 5,0 estéreos por hectare. Isso faz com que a maioria das famílias agricultoras do Semiárido seja importadora desse produto.



Figura 29. Extração e uso de lenha na caatinga.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

O processo de extração de madeira na caatinga é, antes de tudo, oportunístico. Estudos mostraram que na pequena propriedade são utilizadas para lenha praticamente todas as espécies lenhosas presentes. Porém, à medida que o tamanho da propriedade aumenta, a coleta de lenha passa a se concentrar em um reduzido número de espécies, notadamente o sabiá, a catingueira, a jurema-preta e o pau-branco. Outrossim, a produção de lenha é também extrativista. Isso teve uma repercussão muito grande a partir de 1974, quando a política energética do Governo Federal enfatizou a produção de energia de biomassa. Como não se reflorestou a caatinga com vistas ao incremento da produção de lenha, o resultado foi uma intensificação da extração madeireira na região, acelerando o processo de exaustão dos recursos florestais da caatinga.

O IMPACTO DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS SOBRE O BIOMA CAATINGA

As atividades de exploração da caatinga pela agricultura indígena parecem não ter deixado efeitos marcantes sobre os recursos naturais renováveis do bioma, em razão de sua baixa intensidade e de seu caráter errático. A ocupação pela exploração pastoril, a partir de 1635, do “desertão” (hoje, sertão), assim chamado por causa da ausência da colonização humana, trouxe a tiracolo a agricultura itinerante do desmatamento e das queimadas e a extração da lenha, para atender à demanda por alimentos da crescente população humana.

Nessa situação, os solos já começavam a erodir, sendo o processo acelerado pela declividade do terreno. A destruição da vegetação primária e sua substituição por mata secundária ou pioneira continuou a passos largos, à medida que a população humana crescia e sua demanda por alimentos aumentava.

Aparentemente existem duas justificativas para o uso indiscriminado das queimadas na agricultura nômade dos sertões cearenses: limpeza rápida do terreno e melhoria da fertilidade do solo pela adição de cinza. A primeira traz apenas uma vantagem econômica aparente no primeiro ano de cultivo, pois, com o fogo, perdem-se toneladas de matéria orgânica (em média, 18 t/ha) dos garranchos e da serrapilheira, que iriam enriquecer o solo, mas acabam sendo transformadas em fumaça e cinza. Quanto à cinza, sua contribuição para a melhoria da fertilidade do solo é irrelevante. Estudos conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos apontam para uma média de 2,71% o teor de cinza da lenha, variando de 1,29% para o marmeleiro (*Croton sonderianus*) a 3,88% para a catingueira (*Poincianera pyramidalis*). Assim, com base nos dados acima, são produzidos cerca de 500 kg de cinza por hectare, que são varridos completamente do solo pelos ventos do final de estação seca. Portanto, a maior “vantagem” da queimada é a quase total eliminação do banco de sementes das espécies nativas, reduzindo a mão de obra das capinas e a competição com as culturas.

Um aspecto muito importante para se obter alguma sustentabilidade com as práticas da agricultura nômade consiste no período de pousio, necessário à recuperação da vegetação e do solo. Ora, no caso da caatinga, são precisos entre 45 a 50 anos para que a vegetação lenhosa possa restabelecer-se satisfatoriamente, ou seja, retornar ao seu característico complexo arbóreo-arbustivo, como já destacado anteriormente.

Provavelmente, até as primeiras décadas do século XX, o período de pousio estava sendo alcançado, uma vez que a população humana ainda era pequena. A exceção fica por conta de bolsões de áreas que já eram densamente povoadas. Um exemplo é o da serra da Meruoca, no Ceará, onde em 1860 já se chamava a atenção para a destruição generalizada da vegetação para o plantio da mandioca.

Porém, presentemente, em extensas áreas dos sertões nordestinos, o período de repouso está abaixo de 10 anos e, assim, não há tempo suficiente para a recuperação do solo e da vegetação. Ademais, durante o curto período de pousio, a capoeira é sobrepastejada, agravando significativamente a intensidade do impacto e retardando os processos de

recuperação da vegetação e do solo (Figura 30). Com isso a fertilidade do solo declina substancialmente, o risco de erosão aumenta, por causa da maior exposição do solo e a produtividade cai.



Figura 30. Capoeira depois do sobrepastejo.

Foto: J. A. Araújo Filho.

Desse modo, o principal problema da redução drástica do período de repouso é a perda da fertilidade do solo, porquanto o processo da sucessão secundária beneficia o solo basicamente em termos da recuperação de sua fertilidade natural. Mas há o segundo efeito, o da erosão, mais grave, pois, em estado avançado, impede a recuperação do solo e da vegetação. No caso, o desmatamento e a queimada, por resultar na exposição do solo ao impacto do vento e da chuva, aceleram os processos erosivos. Vale salientar que as frequentes queimadas terminam por eliminar o banco de sementes das espécies arbóreas e suas plântulas, reduzindo drasticamente a biodi-

versidade da vegetação e determinando um disclímax predominado por espécies arbustivas (Figura 9, p. 43).

A pecuária tem sido historicamente a vocação de exploração dos ecossistemas da caatinga. A conquista da caatinga, na realidade, deu-se pela pecuária, que forneceu a alimentação e as bestas de carga para transporte. De acordo com relatos antigos, o potencial pastoril dos sertões há muito era conhecido. A partir da introdução da pecuária na caatinga, o ritmo de crescimento dos rebanhos foi aparentemente intenso.

Mas todo o contingente bovino era criado nas pastagens nativas da caatinga, em um regime extensivo, onde os cuidados com os animais e com as pastagens eram os mínimos possíveis. Não havia cercas para delimitar as propriedades e o gado era criado à solta. Mesmo assim, pode-se especular que havia condições de superpastejo, levando-se em conta o hábito gregário de pastoreio e a seletividade dos bovinos. Ademais, as secas periódicas causavam grande mortalidade nos rebanhos, talvez até em função do elevado número de animais e da redução drástica da disponibilidade de forragem. Por volta de 1860 já havia recomendações para se ressemeiar e arborizar os pastos nativos para melhorar sua produtividade. As secas do final do século XIX e do começo do século XX são tidas como determinantes do fim do apogeu da pecuária bovina nos sertões nordestinos. O cercamento das pastagens, intensificado a partir do início do século XX, em muito tem contribuído para o aumento do sobrepastejo com suas mazelas para a vegetação e para o solo.

E o que restou dessa grande atividade exploratória dos recursos naturais? Presentemente, as principais áreas pastoris tendem a concentrar-se a sotavento das regiões serranas, onde o baixo índice pluviométrico e a dominância de solos dos tipos planossolos solódicos, regossolos e solonetz solodizados impedem o estabelecimento da agricultura de base familiar e resultam em coberturas vegetais do tipo savana, com ocorrência em larga escala de vegetação herbácea (Figura 8, p. 36).

Assim, a degradação das pastagens nativas encontra-se presente em praticamente toda a região da caatinga. Em algumas áreas ela se manifesta com maior intensidade nas mudanças da composição florística da vegetação, patenteando-se pela larga dominância de espécies herbáceas anuais ou lenhosas arbustivas, todas de baixo ou nenhum valor forrageiro. Em extensas áreas dos sertões, os solos já estão sendo atingidos e a erosão laminar, caracterizada pelo crescente aparecimento de seixos rolados, pela compactação

do solo e pela exposição do horizonte B, está se tornando onipresente. Com isso, o processo da desertificação avança pelo Semiárido nordestino, resultante principalmente dos séculos de depredação dos recursos de solo e vegetação pelas explorações agrícola e pastoril (Figura 31).



Figura 31. Indicadores de erosão laminar.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS PRODUTIVOS NO BIOMA CAATINGA

SISTEMAS AGRÍCOLAS

Vários fatores contribuem sobremaneira para a intensificação dos processos que estão materializando a desertificação de grandes áreas no domínio da caatinga, destacando-se a estrutura fundiária, as secas periódicas e o caráter extrativista e predatório das práticas de exploração dos recursos naturais. Nesse contexto, a modernização da agricultura, com base nas recomendações da Revolução Verde, estimuladoras do uso intensivo da mecanização, dos agrotóxicos, dos fertilizantes e das sementes selecionadas, técnicas de grande impacto ambiental, vem resultando na aceleração da degradação dos solos e desertificação em algumas regiões do Semiárido. Por exemplo, em Irecê, na Bahia, que era conhecida como a capital mundial do feijão por cerca de 30 anos, a partir do ano 2000 a queda da produção foi tão avassaladora que a maioria dos agricultores desistiu do plantio comercial da leguminosa. Tanto em Irecê como em Novo Oriente, a mecaniza-

ção intensa, aliada à destruição da matéria orgânica, desestruturou o solo, transformando o horizonte superficial em areia e provocando nuvens de poeira sob a ação do vento.

Os sistemas de produção agrícola, comumente praticados pela agricultura tradicional no Semiárido nordestino, caracterizaram-se, desde seus primórdios coloniais, por um extrativismo predatório dos recursos naturais de solo e de vegetação. Predominam na região os pequenos estabelecimentos agrícolas com menos de 10 ha, que podem perfazer até 70% das unidades de produção. Tendo de tirar o seu sustento de área tão diminuta e de baixo potencial produtivo, e não dispondo de apoio permanente da pesquisa e da extensão rural no desenvolvimento de tecnologias compatíveis com o ambiente, o agricultor familiar não vê outra opção que não seja a de intensificar o uso da terra a patamares muito além de sua capacidade de recuperação. Por seu turno, as secas periódicas, características do domínio da caatinga, encontram nos ecossistemas ecologicamente fragilizados e degradados, e, portanto, com baixa capacidade de absorção de impactos, um campo aberto para incremento de seus efeitos negativos sobre a produção, a economia e o bem-estar social. A relação exposta e discutida a seguir sumariza o universo de sistemas de produção em uso pelos agricultores do sertão nordestino.

Sistemas de agricultura de sequeiro

Incluem os sistemas de uso da terra com base na exploração agrícola dependente da chuva. Podem ser temporários, plurianuais e permanentes. A tecnologia de implantação e cultivo é a tradicional, herdada desde os primeiros agricultores, e consta de desmatamento geral, queima do material, plantio e capinas manuais. No período seco, os restolhos culturais podem ser consumidos diretamente pelos animais no campo, ou retirados e usados como alimento de animais estabulados. Com essas práticas, a área de cultivo permanece geralmente desnuda de toda vegetação, com exposição do solo à erosão, tanto eólica na estação seca, como hídrica no período das chuvas. Esses sistemas podem ser reunidos em duas categorias gerais: os modelos de culturas anuais e os de cultura plurianuais e perenes.

Sistemas de culturas anuais (alimentares e comerciais ou de renda)

Constituem, provavelmente, os sistemas mais comuns de uso da terra empregados pelos agricultores na região dos sertões nordestinos. Um número extremamente elevado

de modelos provém da combinação dos múltiplos fatores de modificações ambientais, incluindo os globais e os locais.

Os solos mais comumente em uso sob esses sistemas são os das classes dos argissolos, luvisolos e latossolos, que juntos recobrem cerca de 50% do Semiárido nordestino. São solos de características químicas e físicas adequadas e com bom potencial para a agricultura.

As culturas tradicionalmente exploradas constam de milho, feijão, gergelim, mandioca, macaxeira (aipim), fava, melancia, jerimum, meluí, algodão e várias outras, sempre consorciadas, dependendo da região. As práticas de preparação da terra têm sido as mesmas nos últimos 350 anos, ou seja, seguindo o roteiro da agricultura migratória, com desmatamento total e queimada, exploração por dois a três anos e pousio (Figura 27, p. 96).

A utilização da madeira útil, que é retirada para consumos diversos, de garranchos e da serrapilheira varia de acordo com o estágio sucessional da vegetação. Assim, em áreas de caatinga arbustiva, que recobrem nos dias atuais acima de 60% do território da maioria dos estados nordestinos, normalmente não há mais madeira a ser retirada. Todo o material vegetal é queimado. Quando a vegetação se encontra na fase sucessional arbustiva-arbórea, que constitui cerca de 30% da cobertura florística da área de grande parte dos estados nordestinos, de 40 a 60 esteres de lenha são retirados por hectare, correspondendo a cerca de 25 toneladas de madeira. Além disso, ficam no solo para serem consumidos pelo fogo cerca de 10 t/ha de garranchos, além de até 6 t/ha de serrapilheira. No caso das áreas recobertas com caatinga arbórea, que correspondem a menos de 10% da superfície da maioria dos estados nordestinos, a produção de madeira útil acumulada pode alcançar cerca de 220 esteres por hectare, permanecendo no solo para a queima até 18 t/ha de garranchos e 12 t/ha de serrapilheira.

Durante o curto período de cultivo, anualmente as rebrotações dos tocos sobreviventes são cortadas e, juntamente com os restolhos culturais ainda existentes em campo, queimados em coivaras. A associação com a pecuária é uma prática muito comum entre os agricultores que adotam esse sistema de produção, quer no período seco, para aproveitamento dos restolhos, quer no período subsequente de pousio.

O impacto sobre o ecossistema é onipresente e caracteriza-se pela queda da produção agrícola, pela degradação da vegetação nativa, pela erosão dos solos, pela perda da

biodiversidade da flora e da fauna e pelo assoreamento e salinização dos mananciais. A erosão é o problema mais grave de insustentabilidade dos sistemas de uso do solo no Semiárido, porque as perdas de solo são quase que absolutamente irreversíveis. Ela é agravada pela grande extensão de solos rasos, muitos com baixa permeabilidade, e pela ocorrência frequente de chuvas intensas na curta estação chuvosa. As áreas abertas para cultura antes da época de chuvas recebem essas precipitações intensas antes de qualquer cobertura de plantas. As evidências de erosão são as águas barrentas dos cursos de água, as voçorocas nos declives de solos mais profundos, a exposição das raízes das árvores e as avalanches nas encostas das serras (Figura 32).



Figura 32. Marcas da erosão.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

A erosão depende de vários fatores, além do regime de chuvas e da cobertura de plantas, sendo o principal a declividade do terreno. Os trabalhos de Jacomine (1996) indicam que os percentuais de erosão já atingem valores preocupantes, principalmente para os luvisolos e os argissolos, com cerca de 65% e 29%, respectivamente, de sua área recoberta em situação de erosão grave. No cômputo geral, para a área da caatinga, os índices variam de 25% a 64% da superfície total (Tabela 1, p. 52). Anualmente, as perdas de solo podem alcançar cerca de 50 t/ha, enquanto 53,7% e 40% da água e do solo são perdidos, respectivamente.

A biodiversidade da fauna nativa encontra-se reduzida, com várias espécies de animais extintas ou ameaçadas de extinção. As causas mais importantes são a destruição dos habitats pelo desmatamento e queimada, a caça desordenada e o tráfico de animais.

Quanto aos recursos hídricos, sua quantidade e qualidade estão ameaçadas por dois fatores: o arrasto do solo pela erosão nas áreas agrícolas e a destruição das matas ciliares. O assoreamento e a salinização dos mananciais, cursos de água e açudes estão reduzindo a capacidade de armazenagem de água e pondo em risco o futuro da irrigação na região.

Sistemas de culturas perenes

Estão incluídos os plantios do cafeeiro, do cajueiro e de outras fruteiras. As práticas de implantação e cultivo usadas nesses sistemas de uso da terra são semelhantes às descritas para o sistema anterior, constando de desmatamento, retirada da madeira útil e queima da serrapilheira. Nos dois primeiros anos, associa-se o plantio das perenes com culturas alimentares de ciclo curto. Considerando a predominância de plantas perenes na vegetação da área cultivada, as perdas de solo, nutrientes e água são menores que as dos sistemas de culturas de ciclo curto, devido a uma melhor e mais permanente cobertura do solo. Por outro lado, esses sistemas resultam, logo a partir do primeiro ano, em uma acumulação de carbono, tanto na parte aérea, como na subterrânea das plantas perenes cultivadas.

Os cultivos permanentes oferecem uma proteção ao solo bem maior que os de ciclo curto, em razão da maior densidade de plantio e do manejo da serrapilheira no solo. Em consequência, o arrasto de material e sais minerais para os mananciais também é reduzido, implicando menores níveis de assoreamento e salinização da água armazenada para irrigação.

Sistemas de agricultura irrigada

Compreendem as vazantes, os plantios em barramentos, em barragens subterrâneas para aproveitamento da água armazenada no subsolo e os sistemas de irrigação em pequenos açudes e barreiros. Sua implantação e cultivo se dão no período seco, constituindo boa oportunidade de emprego de mão de obra familiar. Geralmente utilizam pequenas áreas e visam atender às necessidades da família, embora muitas vezes venham a ser fonte adicional de renda. Podem-se identificar dois modelos básicos:

Sistemas de culturas anuais (alimentares e comerciais ou de renda)

As diferenças mais importantes entre esses sistemas e seus similares nas áreas de sequeiro estão relacionadas com a menor intensidade de erosão e menores perdas de água e de nutrientes do solo. Estas diminuições acontecem porque os cultivos são realizados em áreas de baixa declividade, recobertas por solos de boas características físicas e químicas. O manejo, quando melhorado, resulta em perdas de solo, de água e de fertilidade ainda menores.

Sistemas de culturas perenes (pomar doméstico)

São sistemas de uso da terra explorados, na maioria das vezes, para atendimento do mercado local, constituindo uma opção desejável para a agricultura familiar. São sistemas de baixo custo, pois geralmente não exigem o uso de equipamentos caros nem o consumo elevado de energia dos modelos convencionais. Em termos de impacto ambiental, os índices são idênticos aos similares das áreas secas, exceto pelo fato de apresentarem menores taxas de erosão, de perda de água e de fertilidade do solo.

SISTEMAS PECUÁRIOS

São considerados sistemas pecuários de uso da terra aqueles em que cerca de 60% dos rendimentos econômicos provêm da atividade pastoril. No domínio da caatinga, a pecuária foi a atividade pioneira do uso da terra e, levando-se em conta as características ecológicas da região, permanece como a que melhor absorve as incertezas climáticas e melhor se presta à fixação do homem à terra.

Historicamente, a pecuária tem se concentrado nas áreas recobertas por solos inadequados ao cultivo e com limitações climáticas impeditivas a uma agricultura economicamente rentável. Assim, nos sertões nordestinos, os tabuleiros, onde predominam os solos das classes dos planossolos háplicos e solonetz solodizados, que recobrem acima de 9,0% da região, constituem as áreas de maior concentração dos rebanhos. Isso porque sua fisionomia é a de uma savana, com abundância de ervas, que constituem o principal componente da dieta dos ruminantes domésticos. Nessas áreas, a cobertura arbórea-arbustiva alcança valores médios de 20%, enquanto a densidade das espécies lenhosas varia de zero até cerca de 300 plantas por hectare. Os tabuleiros sertanejos constituem ecossistemas frágeis, e o manejo inadequado, caracterizado por condições constantes de sobrepastejo, tem resultado em extensas degradações dessas áreas, algumas das quais já se encontram em condições graves de desertificação.

O manejo pastoril na caatinga é geralmente extensivo e, praticamente, nenhum cuidado é exercido com relação às pastagens nativas, constituindo a atividade mais um exemplo de extrativismo predatório. Na maioria dos casos, não se conhece o conceito de sobrepastejo e, assim, o desempenho produtivo dos rebanhos apresenta índices extremamente baixos e sem a necessária resiliência para absorver os impactos das variações climáticas rotineiras das regiões semiáridas.

Por outro lado, o impacto do pastejo sobre a vegetação, o solo e os recursos hídricos está associado, principalmente, com a espécie animal, a carga animal na pastagem, a pressão de pastejo, com o tipo de solo e de vegetação e com a topografia. Diferenças marcantes existem entre as espécies de herbívoros domésticos no que tange à preferência alimentar e ao hábito de pastejo. Bovinos e ovinos compõem sua dieta basicamente com plantas herbáceas, enquanto caprinos o fazem com folhas de árvores e arbustos. Bovinos têm um hábito de tosa mais elevado, e ovinos cortam a forragem rente ao solo. A capacidade de suporte das pastagens nativas dos sertões varia com o tipo de vegetação, sua produtividade, a espécie animal, sofrendo o efeito do clima, principalmente no que concerne às precipitações pluviais e à ocorrência de secas. Podem-se agrupar os sistemas pecuários dos sertões em duas categorias: os de sequeiro e os irrigados.

Sistemas pecuários de sequeiro

Constituem a vasta maioria dos sistemas pecuários do Semiárido nordestino. São sistemas de exploração extensiva, podendo envolver só uma espécie animal, mas, no mais das vezes, duas ou mais espécies são mantidas em produção simultaneamente na mesma pastagem. Além do mais, a pastagem pode ser nativa ou melhorada pela introdução de forrageiras adaptadas às condições ecológicas regionais.

Pastagens nativas herbáceas (tabuleiros sertanejos)

Bovinos, ovinos ou caprinos constituem os rebanhos manejados nesses sistemas. Considerando o tamanho das propriedades, bovinos são explorados geralmente em médias e grandes fazendas, enquanto ovinos e caprinos tendem a formar os rebanhos das pequenas propriedades. O impacto dessas explorações sobre o ambiente varia em intensidade, de acordo com a espécie animal em apreço, em razão das diferenças na composição da dieta e do hábito de pastejo.

Esse tipo de pastagem é de baixa cobertura perene, caracterizando-se por elevado percentual do solo coberto por vegetação herbácea anual, com a fisionomia de uma savana (Figura 14, p. 64). O sobrepastejo de bovinos e ovinos em áreas da caatinga, tipo tabuleiro, resulta em maior intensidade da erosão, tanto hídrica como eólica, com perdas de solo, carbono, nutrientes e água, semelhantes aos sistemas agrícolas de ciclo curto. Isso acontece porque, nesse tipo de vegetação, a remoção de fitomassa pastável pode ultrapassar os 80%, reduzindo a cobertura do solo a valores muito baixos. Fatores como o estágio de degradação, a cobertura arbórea e a declividade afetam a intensidade do impacto sobre essas pastagens.

Sob condições de pastejo em caatinga tipo savana, o impacto dos caprinos é menos acentuado do que o de bovinos ou de ovinos, em razão de os caprinos apresentarem baixa preferência por gramíneas e diferirem no hábito de pastejo, com a altura de tosa mais elevada que a das duas outras espécies de ruminantes. Vale observar que nessas áreas a criação desses ruminantes é sempre menor que a de bovinos e ovinos. Por outro lado, dada a baixa pressão de pastejo dos caprinos sobre o estrato herbáceo dominante nessas áreas, a exposição do solo é de menor monta e foi observado até um incremento na ocorrência de plantas herbáceas, principalmente de gramíneas.

Em pastagem nativa herbácea, o impacto do sobrepastejo de ovinos supera em intensidade ao de bovinos ou de caprinos. Isso se deve ao hábito de tosa extremamente baixo dos ovinos, que chegam a arrancar as plantas herbáceas adultas e consumir as plântulas, logo após sua emergência. O consumo da fitomassa pastável alcança percentuais acima dos 90%, com exposição demasiada do solo aos efeitos da erosão. Não é sem razão que essas áreas estão entre as de maior gravidade no processo de desertificação.

Pastagens nativas com elevada cobertura arbórea

Constituem os tipos de pastagem nativa mais comumente encontrados nos sertões nordestinos. Geralmente representam os estágios da sucessão secundária da caatinga, constando, no mais das vezes, de áreas utilizadas pela agricultura migratória em pousio. Três tipos se destacam: o arbustivo (fase inicial da sucessão), o arbustivo-arbóreo e o arbóreo. A densidade e a cobertura do solo pelas espécies lenhosas são geralmente elevadas. A contribuição do estrato herbáceo para a produção de fitomassa do sistema é baixa, situando-se em torno de 400 kg/ha/ano. O impacto do pastejo e do ramoneio sobre a

vegetação, o solo e os recursos hídricos é de intensidade muito inferior ao observado nas pastagens herbáceas. Há, no entanto, diferença entre os efeitos da utilização dessas pastagens pelas espécies de ruminantes domésticos.

Ovinos e bovinos, embora compondo sua dieta basicamente com espécies herbáceas, nas condições de pastagem nativa com cobertura lenhosa densa, mostram elevado consumo de folhas de árvores e arbustos, que podem compor até 70% de sua dieta. No entanto, isso representa um baixo consumo da fitomassa produzida, alcançando valores inferiores a 10%, correspondendo a cerca de 280 kg/ha/ano. Embora a produção de folhas possa alcançar em torno de 4,0 t/ha/ano, na estação das chuvas sua maior parte se encontra fora do alcance dos animais, e na estação seca sua baixa qualidade impede o consumo. Assim, a cobertura do solo pela serrapilheira é sempre elevada e constitui uma adequada fonte de reposição da fertilidade, bem como uma proteção contra a erosão.

Os caprinos são os ruminantes domésticos que melhor utilizam esses tipos de pastagem, pois sua dieta é composta basicamente de folhas de árvores e arbustos. No entanto, em condições de sobrepastejo, os caprinos podem causar danos sensíveis à pastagem, com repercussões negativas sobre a biodiversidade da vegetação lenhosa, redução da cobertura e aumento do risco de erosão. Isso se deve ao consumo das plântulas e ao anelamento dos troncos, pela retirada da casca, que levam ao desaparecimento de árvores e arbustos, e à redução da cobertura do solo e da biodiversidade.

Pastagens cultivadas de sequeiro

Dois modelos de sistemas de uso da terra compõem as pastagens cultivadas de sequeiro: cultivo de pasto para pastejo e cultivo de forrageiras para corte. O plantio de extensas áreas da caatinga com monocultura de gramíneas forrageiras para pastejo tem se constituído em uma prática muito adotada em grandes propriedades. Para tanto, toda a vegetação original é erradicada; a madeira útil, retirada; e os garranchos e a serrapilheira, queimados. Em seguida, a área é semeada. Capim buffel (*Cenchrus ciliaris*), capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*) e capim-andropogon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina) são os mais utilizados nessas operações. Essas pastagens são exploradas geralmente com bovinos, embora, ultimamente, estejam sendo implantadas para utilização com ovinos. Na maioria dos casos, o fogo é usado como instrumento de manejo, para queima do excesso de fitomassa não consumida, ao fim do período seco. Tanto a

biodiversidade nativa como a agrobiodiversidade são drasticamente reduzidas. Todavia, no que tange às perdas de solo e de fertilidade, os valores são inferiores aos da pastagem nativa sobrepastejada.

As perdas de solo e água por erosão são reduzidas nas áreas de baixa declividade, mas podem alcançar valores elevados com o aumento da declividade. No que tange às perdas da fertilidade, podem ser elevadas nas condições de sobrepastejo.

O cultivo de forrageiras para corte constitui uma reserva estratégica de alimentos, seja para suplementação dos rebanhos nas épocas críticas, seja para alimentação de animais estabulados. O capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e, em menor escala, a palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*) constituem nos sertões cearenses as espécies forrageiras mais utilizadas. Com respeito à palma, sua introdução no Brasil data da época do império, com o objetivo de produzir carmim. Porém não se obteve o sucesso desejado e a planta passou a ser utilizada na alimentação dos rebanhos em épocas de seca (DOMINGUES, 1963). Atualmente, estima-se que cerca de 400.000 ha são cultivados com palma forrageira no Nordeste, destacando-se os estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas e Sergipe, servindo, principalmente, como reserva alimentar estratégica para o período de seca. Sendo uma espécie que realiza a fotossíntese mediante o Mecanismo do Ácido Crassuláceo (MAC), a maioria das variedades de palma necessita de certas condições de baixa temperatura para abertura dos estômatos à noite. Assim, no Ceará foi observado que somente a partir de 300 m de altitude, aproximadamente, a palma apresenta desenvolvimento adequado e produção de raquetes, o que se observa somente na região dos Inhamuns e nas serras secas. Em altitudes abaixo de 200 m o crescimento da cactácea é comprometido, e na época seca as raquetes perdem o turgor na parte mais quente do dia, o que provavelmente reduz sua produtividade (Figura 33). Isso possivelmente explica por que o programa de implantação da palma no Ceará, conduzido pela Sudene na década de 1960, não obteve o sucesso desejado.



Figura 33. A palma na depressão sertaneja no Ceará.

Foto: J. A. Araújo Filho.

Recentemente, um ataque de cochonilhas (*Dactylopius coccus*) resultou em sérios prejuízos para os palmais. Porém, o uso do manejo integrado de pragas e de variedades de palma resistentes e tratos culturais adequados estão proporcionando as condições necessárias para a recuperação da cultura (ARRUDA, 1983).

As capineiras para corte são estabelecidas em áreas mais úmidas, onde os capins possam crescer o ano todo. Geralmente essas áreas consistem em vazantes de lagoas e açudes, margens de rios, barragens subterrâneas, barramentos e aquelas localizadas à jusante dos açudes. Visam atender às necessidades de volumosos para bovinos em

áreas de bacia leiteira. A forragem é ministrada verde, picada diretamente no cocho, ou armazenada na forma de silagem para uso em situações de emergência, ou ao final do período seco. Geralmente, esses cultivos são estabelecidos em locais de baixa declividade. Mesmo com o corte frequente, a cobertura do solo é boa e as perdas por erosão são baixas.

Sistemas pecuários irrigados

Forrageiras são irrigadas tanto para pastejo, como para corte. A irrigação de pastagens na região dos sertões é uma prática ao alcance de médios e grandes fazendeiros, embora também existam em propriedades de agricultores familiares (Figura 34). É feita geralmente por meio de sistemas de aspersão e se destinam a animais de alta produção, para corte ou para produção de leite.



Figura 34. Pastagem de sequeiro e irrigada.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

A pastagem é geralmente situada em áreas com solos de bom potencial produtivo e próximas de uma fonte de água. A preparação da área para plantio segue as mesmas etapas para as pastagens cultivadas. Exceto pela erosão, pelo assoreamento e salinização que são mais baixos, os demais valores de impacto ambiental são semelhantes aos do pasto não irrigado. Todavia, o pisoteio das áreas de pastagem irrigada pode aumentar a compactação do solo, reduzir a infiltração e concorrer também para o aumento da erosão e salinização. Por outro lado, em alguns casos, a irrigação é feita com excesso

de água. As perdas por erosão podem aumentar para algumas toneladas por hectare e por ano. A adoção de maiores cuidados na irrigação pode reduzir as perdas do solo por erosão.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROFLORESTAIS

Plantios florestais

O plantio florestal vem sendo incentivado pelo governo desde a publicação do decreto sobre produção de energia de biomassa em 1974. Todavia, a repercussão tem sido baixa nos sertões nordestinos e hoje constitui uma atividade rara na região, exceto com algaroba (*Prosopis juliflora*), que começa a ser substituída depois da fase de expansão, e do sabiá, em certas áreas, para produção de estacas.

Caatinga arbórea densa preservada

Embora muito raras, chegando a representar menos de 10% da vegetação dos sertões, as áreas de caatinga arbórea densa preservada desempenham importantes funções como banco de sementes de espécies nativas, refúgio da fauna, fixação de carbono e proteção das nascentes, além de se prestarem para implantação de áreas de recreação e turismo ecológico. A acumulação de fitomassa lenhosa na superfície do solo pode chegar a 150 t/ha. Em termos de benefícios ambientais, seus índices são os mais elevados, armazenando grandes quantidades de carbono sob a superfície, na superfície e acima da superfície do solo. Patrimônio da biodiversidade, com elevada cobertura do solo, essas áreas apresentam erosão insignificante, diminutas perdas de solo e da fertilidade.

Caatinga arbustiva-arbórea sucessional

São áreas submetidas sistematicamente ao corte raso para produção de madeira e muitas vezes associadas a pastejo. É prática comum nos sertões o proprietário vender a terceiros a madeira para lenha em suas terras. Consta de um processo puramente extrativista e, apesar de existirem diferenças significativas no que tange à qualidade da madeira para lenha em diferentes espécies de árvores, a extração da lenha é oportunística. Nessas condições, a produção de lenha gira em torno de 80 estéreos por ha ou cerca de 40 toneladas. A biodiversidade se mantém elevada e as perdas por erosão são baixas.

CONSIDERAÇÕES SOBRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PARA O BIOMA CAATINGA

A proposta de um sistema de produção sustentável para regiões semiáridas deve levar em conta que, geralmente, os ecossistemas são frágeis, e que a conservação de seus recursos naturais renováveis merece atenção especial. Deve-se ficar atento ao fato de que, quase sempre, a pecuária constitui a exploração mais adequada a essas regiões. Assim, a presença da atividade pastoril como um dos componentes do sistema de produção parece ser fundamental para sua sustentabilidade ecológica, econômica e social. Deve-se dar ênfase à exploração pecuária, preferencialmente, com base nas pastagens nativas e/ou enriquecidas, pois as áreas com melhor potencial devem ser utilizadas para o componente agrícola.

AGRICULTURA

O componente agricultura do sistema de produção deve envolver técnicas de policultura, com plantio direto. Justifica-se o uso da policultura, em razão de constituir a melhor opção para os agentes da agricultura familiar das regiões semiáridas, onde as incertezas e variações climáticas resultam em elevados riscos de frustração de safra. Milho, sorgo, feijão, mandioca, melão, melancia, abóbora, algodão, sisal, gergelim e mamona são exemplos de cultivos que, além de constituírem as melhores alternativas culturais, devem ser plantadas consorciadas.

PECUÁRIA

Do ponto de vista ecológico, sobressai-se o fato de que o animal desempenha um papel importante na distribuição dos nutrientes, via esterco e urina, nas áreas do sistema de produção. Em se tratando de animais que pernoitam em apriscos ou currais, todo o esterco deve ser recolhido para uma esterqueira e, posteriormente, redistribuído para as parcelas agrícolas. Por seu turno, deve haver providências para que a parcela agrícola seja usada como banco de proteína no período seco, o que reforçaria a ideia da distribuição dos nutrientes. Por outro lado, nunca é demais enfatizar que o agricultor deve adotar sempre técnicas de pastoreio conservadoras, evitando o superpastoreio e zelando pelo bem-estar da pastagem.

Considerando-se o aspecto econômico, vale a pena salientar o papel da pecuária como atividade tampão dos efeitos da seca, ocorrência comum nas regiões semiáridas. Dados do governo do estado do Ceará informam que, em um ano de seca, a produção agrícola apresenta uma perda de rendimento de 72%, com relação à média de longo prazo, ou de 84%, com relação à produção de um ano normal. Por seu turno, as perdas da pecuária podem corresponder a menos de 20% de um ano normal. Isso permitiria ao agricultor estabilizar sua renda, flexibilizando suas atividades, de acordo com as condições climáticas do ano.

Com relação ao aspecto social, a pecuária, mormente a de pequeno porte, tem desempenhado importante papel de fixação do homem à terra. No Nordeste semiárido, a ovinocaprinocultura, em razão de sua maior adaptação às condições ambientais limitantes, tem-se prestado a essa função, caracterizando-se como a fonte de proteína animal para consumo doméstico, bem como, dada sua elevada liquidez, prestando-se à obtenção de recursos financeiros para pequenas despesas da propriedade. Por ser uma atividade de menor risco e de baixos investimentos, está ao alcance da maioria da população de agricultores familiares, constituindo-se, além disso, uma atividade de rápida circulação de capital. Um ovino ou um caprino pode estar pronto para o mercado em até seis meses após o nascimento. Por seu turno, matrizes ovinas ou caprinas já podem ser cobertas aos nove meses de idade e se reproduzir a intervalos de oito meses, com até 50% de partos duplos, produzindo cerca de 1,7 crias desmamadas, anualmente.

FLORESTA

No que tange à parte florestal, especial atenção deve ser dada a alguns aspectos peculiares da região. Diversos produtos madeireiros e não madeireiros são obtidos extrativamente da vegetação da caatinga. Além da lenha, seu produto economicamente mais importante, a vegetação lenhosa da caatinga fornece também postes e varas para confecção de cerca, forragem, produtos medicinais e é uma importante área para a apicultura.



CAPÍTULO 5

TECNOLOGIAS
DE MANEJO PASTORIL
DA CAATINGA

INTRODUÇÃO

Na região semiárida do Nordeste do Brasil, a vegetação da caatinga, apesar dos sinais inequívocos de degradação, observados já por volta de 1860, ainda constitui a base alimentar dos rebanhos bovino, ovino e caprino. Caracterizada por uma biodiversidade surpreendente para floras de áreas semiáridas, a caatinga se destaca por possuir um contingente elevado de espécies botânicas forrageiras em seus estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo. No entanto, nas condições atuais, a disponibilidade de forragem em qualquer estação do ano é baixa, quer em razão da altura do dossel da camada arbórea na época das chuvas, quer em função do baixo valor nutritivo da forragem disponível na época seca. Assim, é necessário o emprego de técnicas de manejo da vegetação, com alterações da arquitetura e/ou mudanças de sua composição florística, enriquecimento dos estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo e mudanças para o incremento e a estabilização da composição florística da camada herbácea, visando o aumento da disponibilidade e melhoria da qualidade da forragem produzida.

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DA FITOMASSA NA CAATINGA NATIVA

A produção média anual de fitomassa da parte aérea da vegetação da caatinga, considerando as formações arbóreas e arborescentes, situa-se em torno de 6 toneladas por hectare, assim distribuídas: 2 toneladas de madeira e 4 toneladas de folhas, flores e frutos. Essas médias sofrem fortes variações em razão, principalmente, das mudanças das características da estação das chuvas, do tipo de solo e do estágio de sucessão secundária, resultante do uso passado e presente da área. Considerando-se somente a produção de folhagem, flores e frutos, em áreas de caatinga arbóreo-arbustiva, cerca de 90% provêm das espécies lenhosas, com até 70% das espécies arbóreas potencialmente forrageiras.

Todavia, há aqui um paradoxo: na estação das chuvas a forragem é abundante e de boa qualidade nutritiva, mas encontra-se, em sua quase totalidade, fora do alcance dos animais, devido à altura do dossel arbóreo-arbustivo. Na época seca, a forragem ao alcance do animal é abundante, devido à queda das folhas das espécies lenhosas caducifólias, mas sua qualidade nutricional é muito baixa, limitando o consumo (Figura 35).



Figura 35. Paradoxo da produção de forragem na caatinga: período chuvoso e período seco.
Fotos: J. A. Araújo Filho.

As flutuações da disponibilidade de forragem em uma caatinga arborescente protegida encontram-se expostas na Tabela 12. No início da estação úmida ou fim da estação seca, para um total disponível de 2.287,2 kg/ha de fitomassa, 92,2% são constituídos de restolho ou serrapilheira, e somente 5,3% provêm de plantas herbáceas (ainda presas ao solo) e 2,5% de espécies lenhosas (folhagem nas plantas ao alcance do animal). Considere-se que a serrapilheira já não se presta mais à alimentação, restando aproveitáveis cerca de 178 kg de forragem por ha. No meio da estação das chuvas, a serrapilheira encontra-se reduzida a 55,2% do total de fitomassa de 1.905,4 kg/ha, mas a contribuição das herbáceas aumenta para 36,4%, e a das espécies arbóreas, para 8,4%. Ao término do inverno, o total disponível se acha reduzido a 1.204,7 kg, principalmente por causa da diminuição da serrapilheira para 28,2%. Porém, a forragem disponível aumenta para 865 kg/ha, ou seja, 71,8% (herbáceas + lenhosas) do total. Note-se que durante o período das chuvas, a decomposição do restolho alcançou 77,5% do total em campo no início da estação. Na metade da estação seca, com a queda da folhagem das espécies caducifólias, é quando a disponibilidade alcança o valor máximo para o ano, que é de 3.598 kg/ha, constituindo forragem consumível cerca de 890 kg/ha, isto é, 24,6% do total disponível (Tabela 12).

Ao final do período seco, os valores voltam a ser semelhantes aos observados no início da época das chuvas. Vale salientar que a serrapilheira proporciona a maior porção de forragem ao dispor do animal, principalmente no início da estação seca, quando o ruminante pode selecionar seus melhores componentes.

Tabela 12. Disponibilidade e composição florística estacional da fitomassa pastável da caatinga

Época do ano	Disponibilidade (kg/ha)	Composição (% do peso seco)		
		Herbáceas	Lenhosa	Serrapilheira
Início do inverno	2.287,9	5,3	2,5	92,2
Meio do inverno	1.905,4	36,4	8,4	55,2
Fim do inverno	1.204,7	57,6	14,2	28,2
Meio do verão	3.598,0	24,6	0,0	75,4
Fim do verão	2.407,8	9,8	0,0	90,2

Fonte: ARAÚJO FILHO e CARVALHO (1997).

COMPOSIÇÃO BOTÂNICA E QUÍMICA DA DIETA DE RUMINANTES NA CAATINGA

Os dados da Tabela 13 mostram que as folhas de árvores e arbustos são os principais componentes das dietas de bovinos, caprinos e ovinos, utilizando a caatinga nativa, tanto na estação das chuvas, como no período seco. Os melhores aproveitadores da folhagem arbustivo-arbórea foram os caprinos, compondo sua dieta com a média anual de 86,8%, seguidos pelos ovinos, com 77,6%, e dos bovinos, com 70,1%. Com relação às ervas de folha larga, os bovinos foram os melhores utilizadores, compondo sua dieta, em média, com 17,8%. Por fim, bovinos também fizeram maior uso das gramíneas em sua dieta, compondo, em média, com 12%, seguidos dos ovinos, com 9,4%. Os caprinos utilizaram, em média, apenas 2,8% de gramíneas em sua dieta.

Tabela 13. Participação (%) dos componentes botânicos da caatinga nativa nas dietas de bovinos, caprinos e ovinos, na estação úmida (E.U.) e na estação seca (E.S.)

Espécie animal	Participação de componentes botânicos (%)								
	Gramíneas			Ervas			Lenhosas		
	E.U.	E.S.	Média	E.U.	E.S.	Média	E.U.	E.S.	Média
Bovinos	19,6	4,4	12,0	12,3	23,3	17,8	68,0	72,2	70,1
Caprinos	5,3	0,3	2,8	6,3	14,5	10,4	88,4	85,1	86,8
Ovinos	18,1	0,7	9,4	11,1	14,7	12,9	70,7	84,5	77,6

Fonte: PETER (1992).

Por outro lado, apesar das variações estacionais na qualidade da forragem, ovinos e caprinos conseguem compor uma dieta adequada em termos de proteína, mesmo na

estação seca (Tabela 14). Esses pequenos ruminantes requerem cerca de 9% de proteína na composição de sua dieta.

Os dados demonstram que esse percentual é alcançado, tanto no inverno como no verão, por ambas as espécies de ruminantes, pastando em caatinga nativa, ao longo do ano. As médias observadas no inverno foram de 17% e 16,6% de proteína bruta na dieta de ovinos e caprinos, respectivamente. Já no verão, os primeiros tiveram 11,7%, e os segundos, 10,6% de proteína bruta em suas dietas.

Tabela 14. Teores de proteína bruta (%) na dieta de caprinos e ovinos em caatinga nativa

Autor	Teores de proteína bruta (%)			
	Época das chuvas		Época seca	
	Caprino	Ovino	Caprino	Ovino
Kirmse (1984)	15,6	14,4	12,4	8,7
Pfister (1982)	19,2	18,6	13,2	12,4
Souza (1991)	14,7	15,0	9,1	8,8
Peter (1992)	18,6	18,2	12,2	12,5
Média	17,0	16,6	11,7	10,6

Fonte: Elaboração própria (2013).

CAPACIDADE DE SUPORTE E PRODUÇÃO ANIMAL NA CAATINGA NATIVA

Estudos indicam que, no máximo, apenas 10% da produção de fitomassa foliar são realmente consumidos, isto é, dos 4.000 kg/ha/ano de fitomassa, somente 400 kg/ha constituem realmente a forragem consumida (Tabela 15), em razão do paradoxo anteriormente mencionado. Isto significa que, embora a produção de fitomassa pastável seja elevada para uma pastagem nativa de região semiárida, a inacessibilidade na estação das chuvas e a baixa qualidade na estação seca impactam negativamente seu consumo.

Para bovinos em recria, a capacidade de suporte anual da caatinga arbóreo-arbustiva é de cerca de 10 ha/cab. Nessas condições, o ganho de peso esperado é de 375,5 g/cab/dia na época das chuvas, com perdas de até 155,7 g/cab/dia na época seca, resultando em uma produção anual de peso vivo de somente 8 kg/ha (Tabela 15).

Caprinos e ovinos em recria, por terem melhor capacidade seletiva, conseguem ganhar peso tanto no inverno como no verão. Para esses pequenos ruminantes, a capacidade de suporte anual é de 2 ha/cab. Caprinos podem ganhar diariamente até 36,1 g/cab no inverno, e 14,9 g/cab no verão, resultando em produção anual de peso vivo

de até 9,3 kg/ha. Ovinos, por seu turno, podem ganhar cerca de 44 g/cab/dia na época das chuvas, e 18,2 g/cab/dia no período seco, perfazendo uma produção anual de peso vivo de cerca de 11,3 kg/ha. Observa-se, pois, a melhor capacidade de aproveitamento da folhagem das árvores da caatinga por ovinos e caprinos, que conseguem apresentar ganho de peso mesmo no período seco. Embora ovinos e caprinos apresentem um desempenho melhor que bovinos na caatinga arbóreo-arbustiva, a produtividade animal do bioma é baixa, indicando a necessidade de tecnologias sustentáveis que permitam transferir para as espécies forrageiras nativas seu potencial produtivo, ou disponibilizar ao longo do ano a forragem de árvores e arbustos (Tabela 15).

Tabela 15. Produção anual média de fitomassa (Pfito), disponibilidade de forragem (Dfor), capacidade de suporte (CSup), ganho de peso diário (GPD) na recria e produção de peso vivo (PPV) em uma caatinga nativa

Espécie animal	Pfito (kg/ha)	Dfor (kg/ha/ano)	CSup (ha/cab./ano)	GPD (g)		PPV (kg/ha/ano)
				Inverno	Verão	
Bovino	4.000	400	10,0	375,5	-155,7	8,0
Caprino	4.000	400	2,0	36,1	14,9	9,3
Ovino	4.000	400	2,0	44,0	18,2	11,3

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002).

TECNOLOGIAS DE MANIPULAÇÃO DA VEGETAÇÃO DA CAATINGA

A manipulação da vegetação consiste em toda e qualquer modificação induzida pelo homem na cobertura florística de uma área, visando adequá-la aos objetivos da exploração desejada, seja ela agrícola, pastoril ou madeireira. Do ponto de vista da produção de forragem, a vegetação lenhosa da caatinga pode ser manejada com o objetivo de aumentar a produção e a disponibilidade de forragem, tanto do estrato arbustivo-arbóreo, como do herbáceo. No que tange ao estrato herbáceo, objetiva-se enriquecê-lo com novas espécies exóticas ou nativas e estabilizar sua composição florística ao longo dos anos, principalmente se constituído por espécies anuais. No caso do estrato lenhoso, além das mudanças na composição florística e na arquitetura, constituem objetivos importantes o repovoamento de áreas de vegetação degradada, com espécies nativas, e a formação e o manejo de bancos de proteína.

Pesquisas desenvolvidas pelas instituições de pesquisa da região, com destaque para a Universidade Federal do Ceará e da Embrapa Caprinos, resultaram na geração de tecnologias sustentáveis de manipulação da vegetação lenhosa e herbácea da caatinga com elevados incrementos na produção e melhoria da qualidade da forragem. Para o sucesso da aplicação dessas tecnologias, devem-se utilizar métodos adequados aos objetivos da unidade produtiva, avaliar corretamente o potencial do sítio ecológico para a produção de forragem, conhecer as respostas da cobertura florística às práticas utilizadas, existir disponibilidade de mão de obra especializada, de insumos e de equipamentos adequados, determinar as respostas econômicas, e haver linhas de crédito ajustadas às reais condições da atividade pastoril. Vale salientar que experiências exitosas já podem ser enumeradas em várias regiões do sertão nordestino, notadamente na área de atuação do Projeto Dom Helder Camara. É importante frisar que programas governamentais, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), disponibilizam recursos financeiros a juros ao alcance dos agricultores familiares.

RECOMENDAÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE DO MANEJO DA CAATINGA

Três recomendações fundamentais garantem, quando seguidas, a sustentabilidade das tecnologias de manipulação da caatinga: preservação de até 400 árvores por hectare, ou o equivalente a 40% de cobertura arbórea; utilização máxima de 60% da forragem disponível e preservação da mata ciliar em toda a malha de drenagem da pastagem.

A manutenção de uma cobertura arbórea em áreas de caatinga manipulada (Figuras 37 e 38) serve a cinco propósitos: preservação da biodiversidade da vegetação nativa; interceptação de porção significativa da precipitação pluvial, contribuindo para o controle da erosão do solo e das enxurradas; aporte de matéria orgânica para a manutenção de fertilidade do solo; produção de forragem e conforto térmico. A preservação da biodiversidade florística da caatinga manipulada é uma condição essencial para garantir a sustentabilidade da produção de forragem, incrementando a sua resiliência. Isso porque o manejo da vegetação lenhosa da caatinga resulta, quase sempre, em um incremento substancial no número de espécies herbáceas, um dos componentes mais importantes na composição da dieta dos ruminantes domésticos.

Por outro lado, a manutenção no solo de no mínimo 40% da forragem disponível (Figura 1, p. 13) atende aos objetivos de proteção do solo contra a erosão eólica do período seco e laminar do início da estação das chuvas; de adição de matéria orgânica ao solo; de controle da temperatura do solo, minorando as perdas de água, e de proteção do banco de sementes, importante principalmente quando se trata de espécies anuais, cuja persistência na vegetação da pastagem depende sobremaneira da disponibilidade de sementes viáveis.

Já a preservação da mata ciliar (Figura 36) visa à proteção dos recursos hídricos pelo controle da quantidade e da qualidade da água que se escoa na malha de drenagem da pastagem, evitando o assoreamento dos mananciais e nascentes, além de servir como um corredor ecológico e abrigo para a fauna.



Figura 36. Riacho com e sem mata ciliar.

Fotos: J. A. Araújo Filho

Nesse contexto, o CNPC (2006) realizou uma pesquisa em três microbacias no sertão cearense, para determinar a largura adequada da mata ciliar, levando em consideração que a grande maioria dos cursos d'água da região é de largura inferior a cinco metros e todos são periódicos ou efêmeros. Foram testadas três larguras: zero (sem mata ciliar), uma vez e duas vezes a largura do leito do riacho, ambas tomadas em sua parte superior. Os resultados indicaram que, em média, houve uma redução de 89% na quantidade de sedimento arrastado, quando a mata ciliar tinha uma vez a largura do riacho e de 97,5%, quando correspondia a duas vezes.

Por fim, é fundamental que as áreas submetidas aos métodos de manejo da caatinga sejam devidamente protegidas por cercas apropriadas, a fim de permitir um controle adequado da pastagem pelo proprietário. Esse controle diz respeito, principalmente no que se refere à época de entrada e saída do rebanho, à carga animal, à espécie e à categoria de animal que vai utilizar a forragem e à frequência e intensidade de uso da forragem disponível.

Dentre as diversas alternativas de manipulação da vegetação da caatinga visando o aumento da produção de forragem e melhor desempenho dos rebanhos, nos deteremos sobre as três mais comumente usadas: o rebaixamento com manejo das rebrotações, o raleamento e o enriquecimento.

REBAIXAMENTO COM MANEJO DAS REBROTAÇÕES

Consta o rebaixamento de broca manual das espécies lenhosas, com o objetivo de aumentar o acesso à forragem de árvores e arbustos, melhorar a qualidade alimentar da dieta dos animais e estender a produção de folhagem verde por mais tempo na estação seca, fator importante na manutenção da oferta de vitamina A, nutriente essencial, carente no período seco. Com a redução do sombreamento pelas copas de árvores e arbustos, resultante do rebaixamento, observa-se um significativo aumento da produção de fitomassa pelo estrato herbáceo. Resultados de pesquisa indicam que, em áreas de caatinga sob rebaixamento, em torno de 40% da fitomassa do sistema advém do estrato herbáceo e 60% do estrato arbustivo arbóreo. Provavelmente, essa técnica de manejo da caatinga constitui a alternativa mais adequada de manejo de diferentes tipos de caatinga do Semiárido nordestino, uma vez que, em termos médios, cerca de 70% das espécies arbóreas e arbustivas da caatinga são forrageiras. Assim, o método deve ser utilizado em áreas de vegetação lenhosa predominada por árvores e arbustos reconhecidamente forrageiros.

Procedimentos e seleção de espécies arbóreas para o rebaixamento

O corte raso da vegetação lenhosa, praticado a uma altura de no máximo 10 cm acima do solo, deverá ocorrer durante a estação seca. A baixa altura do toco resultará, na maioria das espécies arbóreas da caatinga, na rebrotação de um grande número de gemas basais e adventícias, garantindo ao longo do tempo uma massa de folhagem de fácil acesso aos animais, mesmo no período seco (Figura 37).



Figura 37. Caatinga rebaixada: estações úmida e seca.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

Espécies arbóreas não forrageiras, mas de reconhecida importância econômica, ecológica ou medicinal, tais como o angico, o cumaru, a baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), a imburana, o imbu (*Spondias tuberosa*), o pereiro (*Aspidosperma pirifolium*), o jucá e a embiratanha (*Pseudobombax marginatum*) não devem ser rebaixadas. O número de árvores preservadas não deve ultrapassar a 400 plantas por hectare. Essências florestais, cuja folhagem só é consumida quando seca e que se prestam à produção de feno, como a catingueira, também não deverão ser rebaixadas. Devem ser rebaixadas as espécies de reconhecido valor forrageiro, tais como o sabiá, o mororó, a jurema-preta, a jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*), o quebra-faca (*Croton conduplicatus*), o pau-branco, o feijão-bravo (*Caparis cynophallophora*), o carquejo (*Caliandra depauperata*) e a camaratuba (*Cratylia mollis*). Todo cuidado deve ser tomado para a preservação da mata ciliar na malha de drenagem da área. Em seguida, a madeira útil é retirada e os garranchos picotados no local para apressar sua decomposição. Na estação das chuvas subsequente, as rebrotações dos arbustos e árvores não forrageiros que foram brocados serão roçadas para controle dessas espécies indesejáveis. Ao fim do período seco seguinte, proceder-se-á ao corte das rebrotações das espécies lenhosas forrageiras, poupando-se de uma a duas vergõntes por toco. O resultado dessa prática é que a planta continuará produzindo forragem acessível para os animais a partir das rebrotações na base do caule, havendo também o desenvolvimento de até dois caules por planta para produção futura de madeira útil (Figura 37).

A primeira admissão de animais nas áreas de caatinga rebaixada deverá ser feita ao meio da primeira estação das chuvas após o rebaixamento, quando os rebrotes tiverem alcançado o comprimento de aproximadamente 40 cm, período de tempo em que os ramos estarão lignificados, com o objetivo de se evitarem impactos negativos do ramoneio sobre as espécies arbóreas rebaixadas. A entrada do rebanho na área de caatinga rebaixada, logo após o início do inverno, poderá resultar na morte das espécies arbóreas forrageiras, uma vez que suas rebrotações ainda herbáceas serão consumidas frequente e intensamente pelos animais, impedindo a recuperação da copa das plantas e, eventualmente, causando a morte das forrageiras.

Quadro 1 – Protocolo para o rebaixamento da caatinga

1. O rebaixamento é o método de manejo da caatinga próprio para a criação de caprinos em pastoreio solteiro ou combinado com ovinos ou bovinos.
2. Cercar a área a ser manejada.
3. Efetuar o corte seletivo da vegetação lenhosa, poupando-se 400 árvores por hectare, de preferência as não forrageiras. Na prática, preservar uma árvore a cada oito passos. Caso a área esteja degradada, há necessidade da reposição das 400 árvores, preferencialmente de espécies forrageiras nativas.
4. Havendo árvores com vários caules (catingueira, jurema-preta, etc.), proceder ao corte dos caules, preservando-se apenas um por árvore.
5. Retirar toda madeira útil para estacas, estacotes, mourões, lenha, etc.
6. Picotar os garranchos no local, a fim de acelerar sua decomposição.
7. Efetuar o roço das rebrotações das espécies arbóreas e arbustivas não forrageiras e das herbáceas de grande porte (bamburral), cerca de 40 dias após o início das chuvas.
8. Admitir, então, o rebanho de caprinos na área, segundo sua capacidade de suporte. Se tiver havido replantio de árvores, aguardar por cerca de dois anos.
9. Fazer o corte das rebrotações das espécies lenhosas forrageiras, mantendo-se de um a dois rebrotes por planta, ao fim do período seco.
10. A partir do segundo ano, em áreas adaptadas ao pastoreio múltiplo, admitir o rebanho de bovinos.

Capacidade de suporte e produção animal na caatinga rebaixada

A caatinga rebaixada deverá ser explorada preferencialmente com caprinos, ou com a combinação de bovinos e caprinos, na proporção de 1:6 ou 1:8. Convém notar que deverá haver, pelo menos, dois bovinos por piquete. A disponibilidade de forragem na caatinga rebaixada corresponde a 40% da fitomassa produzida, ou seja, 1.600 kg/ha/ano. Nessas condições, a capacidade de suporte anual é de 5 ha para bovinos, 0,7 ha para caprinos e 1 ha para ovinos (Tabela 16). Com isso, o ganho diário de peso vivo para bovinos pode atingir 405,8 g/cab no inverno, com perda de 132,9 g/cab no verão, e uma produção de 20 kg/ha/ano de peso vivo. Já com caprinos, os ganhos diários são de 54 g/cab na época das chuvas, e 27,8 g/cab no período seco, sendo obtidos 42,6 kg/ha/ano de peso vivo. Para ovinos, o ganho diário é de 47,7 g/cab no inverno, e 21 g/cab no verão, com a produção anual de 25,1 kg/ha de peso vivo (Tabela 16).

Tabela 16. Produção anual média de fitomassa (Pfito), disponibilidade de forragem (Dfor), capacidade de suporte (CSup), ganho de peso diário (GPD) e produção de peso vivo (PPV) em uma caatinga rebaixada

Espécie animal	Pfito (kg/ha)	Dfor (kg/ha/ano)	CSup (ha/cab/ano)	GPD (g)		PPV (kg/ha/ano)
				Inverno	Verão	
Bovino	4.000	1.600	5,0	405,8	-132,9	20,0
Caprino	4.000	1.600	0,7	54,0	27,8	42,6
Ovino	4.000	1.600	1,0	47,7	21,0	25,1

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002b).

Comparando-se esses valores (Tabela 16) com os verificados em caatinga nativa (Tabelas 15), verifica-se que os caprinos foram os que obtiveram os maiores acréscimos no desempenho. Assim, considerando-se o ganho de peso no período úmido, enquanto os caprinos aumentaram em cerca 50% seus ganhos diários, bovinos e ovinos ficaram com somente cerca de 8%. Por seu turno, em termos de produção de peso vivo animal por hectare, os ovinos tiveram um incremento de 120%, os bovinos alcançaram 150%, enquanto os caprinos tiveram sua produção por hectare aumentada em 361%.

RALEAMENTO

O raleamento da vegetação arbóreo-arbustiva da caatinga consiste no controle seletivo de espécies lenhosas, com o objetivo de, reduzindo o sombreamento e a densidade de

árvores e arbustos indesejáveis, obter-se incremento da produção de fitomassa do estrato herbáceo, propiciando a formação de uma pastagem nativa de elevada produtividade (Figura 38). Embora com efeitos benéficos para bovinos, caprinos e ovinos, o raleamento se presta mais à exploração por bovinos e ovinos, espécies que apresentam os maiores desempenhos, por terem uma dieta composta basicamente por espécies herbáceas.



Figura 38. Caatinga raleada: estações úmida e seca.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

Modelos de raleamento

Os aspectos topográficos da área, principalmente a declividade, influem na intensidade do raleamento, por causa dos riscos de erosão, devido a maior exposição do solo, não sendo recomendado o raleamento em áreas com declividade superior a 25%. Assim, há três tipos de raleamento: em savana, em bosquete e em faixas.

No raleamento em savana as árvores são preservadas como indivíduos isolados, dando assim o aspecto de uma savana. Esse modelo é aplicável em áreas de caatinga sucessional, nos estágios arbustivo-arbóreo e arbóreo-arbustivo. É apropriado para áreas com declividade de, no máximo, 10%.

O tipo bosquete consiste em poupar as árvores por grupos que ocorrem naturalmente na área, principalmente em caatingas arbóreas ou nos estágios arbóreo-arbustivo e arbóreo. O uso do raleamento em savana, nesse caso, quase sempre resulta em perdas consideráveis de árvores, quer pelo ressecamento, quer pela queda devido ao vento. O percentual máximo de declividade deve ser o mesmo recomendado para o raleamento em savana.

O modelo em faixas deve ser usado em terrenos acidentados, com declividade de 10% a 25%, colocando-se as faixas de vegetação nativa intocadas e perpendiculares ao declive do terreno, seguindo as curvas de nível, a fim de conter a erosão.

Todavia, vale salientar que o modelo de raleamento em savana constitui o de uso mais corrente e recomendado para a vasta maioria da área recoberta pela caatinga.

Procedimentos e seleção de espécies arbóreas para o raleamento

Áreas de caatinga raleada, modelo savana, deverão ter um sombreamento por árvores em cerca de 40%, correspondendo a cerca de 400 árvores de porte médio por hectare. Reduções abaixo desses valores de cobertura e densidade não resultam em aumentos relevantes da produtividade do estrato herbáceo e da produção de forragem como um todo. Assim sendo, as extensas áreas dos tabuleiros sertanejos, ou seja, as regiões recobertas por solos dos tipos planossolo solódico e solonetz solodizado, não carecem e não respondem aos métodos do raleamento, pois a cobertura de sua vegetação arbórea está muito aquém dos 40%. Como, com esta prática, obtém-se um aumento considerável da produção de fitomassa do estrato herbáceo, que passa a contribuir com cerca de 80% da fitomassa pastável disponível, presta-se o raleamento à exploração com bovinos e/ou ovinos.

Por outro lado, nem todos os sítios ecológicos respondem ao raleamento. Na verdade, muitas áreas do Semiárido nordestino, devido a fatores não bem esclarecidos, são desprovidas de estrato herbáceo que se preste, quer quantitativa, quer qualitativamente, ao pastoreio.

É, pois, importante, antes de decidir pelo método, procurar obter conhecimento prévio do potencial forrageiro do estrato herbáceo, por meio de dados de pesquisa, avaliações de áreas agrícolas recém-abandonadas (capoeiras), ou estudos da vegetação herbácea ocorrente em clareiras naturais ou locais inacessíveis ou áreas relíquias.

A aplicação do método do raleamento, modelo savana, inicia-se no verão por um corte raso das espécies arbóreas e arbustivas, reduzindo sua densidade para o patamar acima recomendado de cerca de 400 plantas por hectare, sem afetar sua biodiversidade. Na prática, recomenda-se poupar uma árvore a cada oito passos em qualquer direção. O conhecimento local do uso das plantas nativas constitui um importante instrumento na escolha das espécies que deverão ser preservadas. Assim, devem ser mantidas as espécies arbustivas e arbóreas protegidas, em perigo de extinção, as de valor forrageiro, as de sistema radicular caracteristicamente profundo e as de valor madeireiro ou paisagístico, nessa ordem de prio-

ridade. Devem ser controlados os arbustos pioneiros e as espécies tóxicas ou que causem problemas aos animais e aos seres humanos. Características específicas devem também ser levadas em consideração. As folhas da catingueira, por exemplo, são de baixíssima palatabilidade, quando verdes; mas, secas, naturalmente constituem uma forragem de alto valor nutritivo e apetecibilidade. Por outro lado, o pereiro tem suas folhas tóxicas quando verdes, mas após caírem ao solo, quando secas, são importante recurso forrageiro. Portanto, nessa espécie deverá ser cortada toda a ramagem ao alcance do animal.

Ademais, a preservação da mata ciliar ao longo da malha de drenagem da área é de vital importância. Após o corte, a madeira útil deve ser retirada e os garranchos picotados, para apressar sua decomposição (Figura 39). Em nenhuma fase da operação do raleamento deve ser usado o fogo.



Figura 39. Caatinga raleada.

Foto: J. A. Araújo Filho.

Ao meio do inverno seguinte, faz-se o roço de todas as rebrotações das espécies lenhosas que foram brocadas. Em algumas situações, poderá ocorrer uma ocupação da área

raleada pelo bamburral ou sambacuité (*Hyptis suaveolens*), com elevada densidade. Nesse caso, é imprescindível o roço dessa herbácea antes de sua floração, ou melhor, quando as plantas alcançarem cerca de 50 cm de altura. Essa operação deverá ser repetida no mesmo período do ano seguinte, obtendo-se, com o tempo, um adequado controle das espécies herbáceas e lenhosas indesejáveis, principalmente do marmeleiro.

A experiência tem mostrado que, com o roço e o ramoneio das rebrotas pelos animais, no prazo máximo de cinco anos, a maioria dos tocos estará morta e poderá então ser arrancada. A partir daí, a manutenção da área raleada é obtida com roços, sempre na estação úmida e a cada três a quatro anos. No primeiro ano, o uso da área raleada só deverá ser feito após a maturação e queda das sementes das espécies herbáceas, ou seja, no início da época seca.

Pode-se verificar o protocolo com as práticas do raleamento no Quadro 2.

Quadro 2 – Protocolo para o raleamento da caatinga

1. O raleamento é o método de manejo da caatinga apropriado à criação de bovinos e/ou ovinos.
2. Cercar a área a ser manejada.
3. Efetuar o corte seletivo da vegetação lenhosa, poupando-se 400 árvores por hectare. Na prática, preservar uma árvore a cada oito passos. Caso a área esteja degradada, deve ser feita a reposição das 400 árvores, incluindo espécies não forrageiras e forrageiras.
4. Havendo árvores com vários caules (catingueira, jurema-preta, etc.), proceder ao corte dos caules, preservando-se apenas um por árvore.
5. Retirar a madeira útil para estacas, estacotes, mourões, lenha, etc.
6. Picotar os garranchos no local, a fim de acelerar sua decomposição.
7. Efetuar o corte dos rebrotos e das ervas de grande porte (bamburral), cerca de 40 dias após o início das chuvas do inverno.
8. Admitir o rebanho em carga leve no início da estação seca ou verão.
9. Se tiver havido replantio de árvores, aguardar por cerca de dois anos.
10. Ajustar a carga animal na área, de acordo com sua capacidade de suporte, a partir do segundo verão.
11. O roço das rebrotações deve ser feito a cada três anos, a contar do ano de implantação do manejo.

Um dos problemas mais comumente enfrentados no manejo da caatinga raleada é a manutenção da estabilidade da composição florística do estrato herbáceo, já que as preferências forrageiras e o hábito de pastejo das espécies animais podem afetar profundamente a composição botânica da camada herbácea. No caso dos bovinos, o hábito de captar a forragem com a língua, resultando em uma altura de tosa mais elevada e seletividade na composição da dieta exercida, mormente, em nível de espécie botânica permite o estabelecimento das plântulas das forrageiras herbáceas anuais, com baixo impacto sobre a composição florística da vegetação da pastagem, mesmo em condições de pastoreio contínuo. O mesmo não acontece com os ovinos. Sua boca pequena e lábios móveis e fendidos permitem uma tosa excessivamente baixa e uma seletividade elevada, podendo praticamente eliminar as herbáceas forrageiras, ainda quando plântulas.

Isso resulta em um pastejo de grande impacto sobre a composição botânica da vegetação herbácea da pastagem, reduzindo drasticamente a produção de fitomassa pastável. Assim, o pastoreio contínuo com ovinos em áreas de caatinga raleada não é absolutamente recomendado, devendo-se optar por sistemas alternados ou diferidos.

Composição botânica da dieta de ruminantes em caatinga raleada

Os dados da Tabela 17 resumizam os resultados de estudos da composição da dieta de bovinos, ovinos e caprinos em caatinga raleada. Os valores apresentados representam as médias de alguns trabalhos, podendo variar com a composição florística da pastagem estudada. A esse respeito, a biodiversidade da vegetação herbácea da caatinga raleada é bastante elevada, tendo sido registradas de 45 a 220 espécies, com 35% a 90% delas participando na dieta dos ruminantes, dependendo do local e do ano. Todavia, as diferenças entre as preferências das espécies animais tenderão a ser mantidas, malgrado as variações da vegetação da pastagem. Assim, os bovinos compuseram sua dieta basicamente com gramíneas, com pequenas variações entre as épocas úmidas e secas, e apresentaram uma média anual de 74,9%. O componente ervas de folha larga perfêz em média 18,3% e as folhas de espécies lenhosas, 6,8%. Com respeito aos caprinos, folhas de árvores e arbustos representaram 56,2% da dieta, com diferenças relevantes entre as estações, ou seja, 45,5% no inverno e 66,9% no verão. Em seguida, vieram as ervas de folha larga, com uma média anual de 26,2%, porém decaindo de 37,5%, na época das chuvas, para 15% na época seca. As gramíneas contribuíram em média com 17,5%, praticamente

sem variações estacionais. Os ovinos, por seu turno, mostraram forte preferência por ervas de folha larga, compondo em média sua dieta com 51,8%, com ligeira variação estacional. As gramíneas foram o segundo componente mais importante da dieta desses pequenos ruminantes, compondo em média com 34%, mas com significativa variação estacional, isto é, 47,2% no inverno e 21% no verão. Por fim, as folhas de árvores e arbustos contribuíram com 14,5% para a composição da dieta de ovinos, variando de 4,8% no inverno para 23,3% no verão.

Resumindo, pode-se afirmar que, para bovinos, as gramíneas, com 74,9%, constituem o componente mais importante de sua dieta em caatinga raleada, enquanto folhas de espécies lenhosas e ervas de folha larga perfazem 82,4% da dieta de caprinos, e gramíneas e ervas de folha larga cobrem 85,9% da dieta de ovinos.

Tabela 17. Participação dos componentes botânicos da caatinga raleada nas dietas de bovinos, caprinos e ovinos, na estação úmida (E.U.) e na estação seca (E.S.)

Espécie animal	Participação dos componentes botânicos (%)								
	Gramíneas			Ervas			Lenhosas		
	E.U.	E.S.	Média	E.U.	E.S.	Média	E.U.	E.S.	Média
Bovinos	78,3	71,5	74,9	17,0	19,6	18,3	4,7	8,9	6,8
Caprinos	17,0	18,1	17,5	37,5	15,0	26,2	45,5	66,9	56,2
Ovinos	47,2	21,0	34,1	48,0	55,7	51,8	4,8	23,3	14,0

Fonte: PETER (1992).

Capacidade de suporte e produção animal na caatinga raleada

Na caatinga raleada a disponibilidade de forragem corresponde a 60% da fitomassa produzida, originando uma capacidade de suporte anual para bovinos de 3,5 ha/cab, para caprinos e ovinos de 0,5 ha/cab (Tabela 18). Os ganhos de peso vivo diários podem alcançar, na época das chuvas, 621 g/cab com bovinos em recria, 57,7 g/cab com caprinos e 77,9 g/cab com ovinos. Porém, no verão, os bovinos chegam a perder 11,5 g de peso vivo, diariamente, enquanto os caprinos e ovinos ganham por dia, respectivamente, 26,8 e 32 g. Assim, as produções de peso vivo anuais em caatinga raleada podem alcançar 63,6 kg/ha com bovinos, 61,7 kg/ha com caprinos e 76,4 kg/ha com ovinos. Vale salientar que a queda dos parâmetros da produção animal na caatinga raleada, em anos de seca, tem sido de somente 22%. Isso se deve, provavelmente, ao fato da presença significativa das gramíneas e de que o aumento da produção de fitomassa do estrato

herbáceo, nos anos normais, não signifique incremento na produção de forragem, uma vez que este ocorre somente em termos de dicotiledôneas herbáceas anuais, que são, em sua maioria, não forrageiras.

Tabela 18. Produção anual média de fitomassa (Pfito), disponibilidade de forragem (Dfor), capacidade de suporte (CSup), ganho de peso diário (GPD) na recria e produção de peso vivo (PPV) em uma caatinga raleada

Espécie	Pfito (kg/ha)	Dfor (kg/ha/ano)	CSup (ha/cab/ano)	GPD (g)		PPV (kg/ha/ano)
				Inverno	Verão	
Bovino	4.000	2.400	3,5	621,0	-11,5	63,6
Caprino	4.000	2.400	0,5	57,7	26,8	61,7
Ovino	4.000	2.400	0,5	77,9	32,0	76,4

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002a).

Comparando-se o desempenho animal e da pastagem em áreas raleadas com a observada em caatinga nativa, na época das chuvas (Tabelas 14 e 16), os incrementos foram elevados, mas diferenciados para as diferentes espécies de ruminantes domésticos. Em termos de ganho de peso diário, os aumentos foram de 77% para bovinos, 65,4% para ovinos e 59,8% para caprinos. No que tange ao ganho de peso por hectare, os bovinos tiveram um aumento de 695%, os ovinos de 576% e os caprinos de 563%.

Do ponto de vista econômico, análises de custo e receita mostraram que a operação raleamento só passa a ser rentável quando a produção de peso vivo animal ultrapassar os 30 kg por hectare anualmente. Em operações de recria esse patamar é sempre superado. Todavia, em operações de cria, a não ser que sejam adotados sistemas de acasalamento com base em três partos a cada dois anos, e que resultem em uma produção anual por matriz de, pelo menos, 1,5 cordeiros desmamados, o raleamento não alcançará rendimentos economicamente compensadores.

ENRIQUECIMENTO

Nos domínios da caatinga são encontradas extensas áreas, cuja vegetação, em consequência do uso indiscriminado, quer pelas práticas ambientalmente agressivas da agricultura itinerante, quer pelo sobrepastejo e extração de lenha, já perdeu a diversidade florística que lhe é peculiar e teve sua produção de forragem reduzida a valores incompatíveis com uma exploração pastoril economicamente rentável.

Nessas condições, a recuperação ecológica e econômica da pastagem pode ser obtida pela introdução e ressemeio de forrageiras nativas e/ou exóticas adaptadas às condições de sítio ecológico. No entanto, as práticas em uso pelos criadores no Semiárido nordestino são por demais agressivas e carecem das características de sustentabilidade, uma vez que se baseiam na destruição total da vegetação original e no estabelecimento de uma monocultura de gramíneas.

Para reduzir o impacto ambiental, a introdução de novas forrageiras na pastagem deve ser feita pela técnica do cultivo mínimo, tendo-se em vista a preservação do estrato herbáceo nativo, rico em leguminosas forrageiras, em alguns sítios mais comuns no sertão.

A caatinga deve ser raleada, preservando-se até 200 árvores por hectare, resultando no estabelecimento de uma pastagem arborizada de adequada produtividade e elevada sustentabilidade, estabilidade e resiliência (Figura 40). Acrescente-se a manutenção da mata ciliar dos cursos d'água existentes na área. O enriquecimento pode ser feito no estrato herbáceo ou lenhoso.



Figura 40. Caatinga enriquecida: estações úmida e seca.
Fotos: J. A. Araújo Filho.

Seleção de forrageiras para o enriquecimento da caatinga

Diversas forrageiras exóticas estão sendo utilizadas na recomposição da vegetação de pastagens degradadas e enriquecimento na região da caatinga, destacando-se o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), o capim-gramão (*Cynodon dactylon* cv. Callie), o

capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*), o capim-andropogon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina), a leucena (*Leucaena leucocephala*) e a gliricídia (*Gliricidia sepium*).

Originário da África, o capim-buffel pode desenvolver-se em áreas com pluviosidade de 350 a 700 mm, sobrevivendo e produzindo mesmo nas secas verdes características do domínio da caatinga. Com exceção dos solos do tipo planossolo háplico e de alguns tipos de latossolo, o capim buffel desenvolve-se bem nos demais solos encontrados no Semiárido nordestino. Tem crescimento ereto, formando touceiras, que podem alcançar acima de 1 m de altura, com sistema radicular fasciculado e profundo. Produz forragem com boa palatabilidade mesmo quando em dormência na época seca, com bom valor nutritivo e digestibilidade. Resiste ao pastejo intenso e se recupera rapidamente. Diversas variedades desse capim têm sido utilizadas pelos pecuaristas regionais, com destaque para o buffel aridus, o biloela, o gayndah, o molopo e o americano. Destas, o buffel aridus, selecionado na Embrapa Caprinos e Ovinos em Sobral, Ceará, é o que melhor se presta a pastejo de caprinos e ovinos e para a produção de feno.

Proveniente da África, o capim-gramão foi selecionado nos Estados Unidos. Resistente à seca, e adaptado a todos os tipos de solo do Semiárido nordestino, esta gramínea é uma das melhores opções para se obter forragem de qualidade na região da caatinga. Apresenta excelentes características de resistência à seca, ao pastejo intenso e a pragas e doenças. É de fácil e de rápido estabelecimento, por meio de mudas, tem elevada competição com o estrato herbáceo nativo, graças aos estolhos característicos que lhe permitem uma rápida cobertura do solo. Possui boa palatabilidade e valor nutritivo, mesmo quando em dormência na época seca, prestando-se à produção de feno de elevada qualidade.

Rústico e adaptado a regiões secas com precipitação acima de 600 mm/ano, o capim corrente é proveniente da África, e apresenta uma moderada resistência à seca, adaptando-se à maioria dos solos da região da caatinga, preferencialmente os que podem reter umidade por maior período. O capim corrente tem hábito de crescimento variável, podendo apresentar estolões ou pequenos rizomas. Seus colmos podem alcançar até 1 m de altura e seu sistema radicular é pivotante e profundo. Não é muito exigente em fertilidade de solo, sendo mais indicado do que o capim-buffel para os solos arenosos e pobres em matéria orgânica que ocorrem em algumas áreas da

caatinga do Nordeste. É bastante palatável, cobre bem o solo, mas é menos produtivo que os cultivares de buffel encontrados no Brasil.

O capim-andropogon, forrageira perene, entouceirada, alcançando até 3 m de altura, com sistema radicular fasciculado e profundo, foi introduzido no Brasil proveniente da África. Amplamente distribuído na maioria dos cerrados tropicais, em áreas com estação seca bem prolongada, esta gramínea encontrou adequadas condições de crescimento na região da caatinga, onde apresentou boa adaptação ao clima e aos solos. Com boa adaptação a períodos secos prolongados, o capim andropogon consegue manter sua atividade fotossintética e metabólica sob condições de estresse hídrico e rebrota rapidamente com as primeiras chuvas. Multiplica-se por sementes, ocupando a área semeada com grande rapidez, podendo tornar-se uma espécie invasora muito agressiva. Possui bom valor nutritivo e apetecibilidade nas fases iniciais de crescimento, tornando-se de baixo valor forrageiro após a floração.

Entre as leguminosas exóticas que se prestam à recuperação e ao enriquecimento de pastagens nativas degradadas, sobressaem-se a leucena e a gliricídia. A leucena é uma leguminosa perene, originada da América Central. Apresenta sistema radicular profundo e pivotante, caule lenhoso, folhas bipinadas com 15 a 20 cm de comprimento, flores brancas redondas e vagens deiscentes. Multiplica-se por sementes, com plantio direto, por mudas ou, vegetativamente, com porções do caule. Resistente à seca, desenvolve-se na maioria dos solos predominantes no domínio da caatinga, com exceção dos planossolos háplicos. Tem boa apetecibilidade para ovinos, caprinos e bovinos. Pode ser utilizada tanto para pastejo direto como para corte e para produção de feno.

A gliricídia é uma leguminosa perene, originada da América Central. Tem caule lenhoso, folhas pinadas com 15 a 20 cm de comprimento, flores róseas e vagens deiscentes. É resistente à seca e tem boa apetecibilidade para ovinos, caprinos e bovinos. Excelente para formação de banco de proteína, cercas-vivas, quebra-vento, e fornece madeira para usos diversos. Adapta-se a todos os tipos de solo encontrados na região da caatinga, desenvolvendo-se bem nos planossolos háplicos e sobrevivendo às secas verdes periódicas da região. Presta-se também à confecção de feno para suplementação nos períodos de carência alimentar, bem como é muito utilizada em sistemas agroflorestais.

Procedimentos e preservação de árvores nativas para o enriquecimento

A aplicação do método inicia-se na estação seca com o raleamento da vegetação lenhosa, preservando-se 150 a 200 árvores por hectare, o que corresponderá a uma cobertura de 15% a 20%. Esse percentual de sombreamento não interferirá no crescimento e desenvolvimento das espécies exóticas ou nativas de elevada produtividade a serem introduzidas. O plantio da forrageira dar-se-á no período das chuvas. Com o objetivo de cobrir parcialmente os custos, no primeiro ano pode-se associar o plantio da forrageira com o cultivo de uma cultura alimentar (milho, sorgo, feijão, mandioca, etc.). Capinas e roços deverão ser efetuados sempre que necessários. Como o fósforo (P) tende a ser o nutriente de maior deficiência na maioria dos solos da caatinga, recomenda-se uma adubação fosfatada, à base de fosfato natural de rocha, em nível de 100 kg/ha de P.

Áreas de caatinga enriquecidas principalmente com leguminosas constituem, na realidade, bancos de proteína para uso na estação seca. O banco de proteínas pode ser formado na maioria dos solos do sertão. As espécies apontadas têm se mostrado bem adaptadas às condições ecológicas do sertão, mantendo-se verdes e produtivas, mesmo durante o período seco, oferecendo, assim, forragem nutritiva aos animais no período crítico do ano. Por outro lado, deve ser um pasto de manejo mais intenso, requerendo cuidados extras, tais como controle de espécies espontâneas, recuperações periódicas do estande, rebaixamento ou retirada da macega ao fim da estação e combate a possíveis pragas.

Há várias opções de manejo de um banco de proteína. Como energia e proteína constituem os macronutrientes mais limitantes na época seca, recomenda-se a associação da leguminosa com sorgo, milho ou milheto. O grão será usado para consumo pela família, suplementação dos animais na época seca e para a comercialização. A ideia é estabelecer-se um sistema agropastoril. Assim, os dois primeiros cortes da leguminosa no inverno, efetuados com intervalo de 50 dias serão usados como adubo verde, para manutenção da fertilidade do solo. Ao final da época das chuvas, um novo corte será dado e a forragem obtida será conservada sob a forma de feno. No início do verão, cerca de 60 dias após o último corte, a leguminosa estará pronta para ser ramoneada, por um período de 40 dias. Após esse período, o banco será vedado. Cerca de 80 dias após o primeiro ramoneio, o banco estará pronto para um novo repasse de 40 dias, sendo fechado em seguida.

Capacidade de suporte e produção animal na caatinga enriquecida

Os dados da Tabela 19 mostram os índices de produção de forragem, a capacidade de suporte e a produção animal na caatinga enriquecida com gramínea. A introdução da gramínea eleva a produção de fitomassa para 8.000 kg/ha/ano com a disponibilidade de forragem alcançando cerca de 6.400 kg/ha/ano. Observa-se, então, um vigoroso aumento da capacidade de suporte, que alcança 1,1 cab/ha/ano com bovinos e 10 cab/ha/ano com caprinos e ovinos, considerando matrizes adultas. Os ganhos diários de peso vivo por cabeça ficam semelhantes aos obtidos em caatinga raleada, com somente uma diferença, o incremento de peso dos bovinos na época seca. Vale salientar que os ganhos de peso diário dos bovinos, ovinos e caprinos variam muito pouco para os diferentes modelos de manejo da caatinga quando observada a capacidade de suporte. A oferta de forragem, portanto, é muito semelhante entre a caatinga nativa, a rebaixada, a raleada e a enriquecida. Há, sim, uma acentuada diferença na qualidade da forragem e na capacidade de suporte. Dada a maior capacidade de suporte da pastagem, a produção de peso vivo anual alcança os mais elevados valores para áreas de caatinga manipulada, atingindo em torno de 172 kg/ha com bovinos, 120 kg/ha com caprinos e 180 kg/ha com ovinos.

Os valores de produção animal (kg/ha/ano) expressam o potencial da caatinga melhorada via enriquecimento e adubação fosfatada, para condições de sequeiro, em solos dos tipos argissolos e luvisolos.

Tabela 19. Produção anual média de fitomassa (Pfito), disponibilidade de forragem (Dfor), capacidade de suporte (CSup), ganho de peso diário (GPD) e produção de peso vivo (PPV) em uma caatinga enriquecida com capim gramão, com adubação fosfatada

Espécie animal	Pfito (kg/ha)	Dfor (kg/ha/ano)	CSup (cab/ha/ano)	GPD (g)		PPV (kg/ha/ano)
				Inverno	Verão	
Bovino	8.000	4.800	1,1	650,0	25,0	172,0
Caprino	8.000	4.800	10,0	47,0	18,0	120,0
Ovino	8.000	4.800	10,0	69,0	29,0	180,0

Fonte: ARAÚJO FILHO et al. (2002b).

No Quadro 3 é apresentado um protocolo com práticas para o enriquecimento da caatinga.

Quadro 3 – Protocolo para o enriquecimento da caatinga

1. O enriquecimento é o método de manejo da caatinga apropriado à criação de bovinos, caprinos e/ou ovinos.
2. Cercar a área a ser manejada.
3. Efetuar o corte seletivo da vegetação lenhosa, poupando-se 200 árvores por hectare. Na prática, preservar uma árvore a cada 14 passos. Caso a área esteja degradada, deve ser feita a reposição das 200 árvores.
4. Havendo árvores com vários caules (catingueira, jurema-preta, etc.), proceder ao corte dos caules, preservando-se apenas um por árvore.
5. Retirar a madeira útil para estacas, estacotes, mourões, lenha, etc.
6. Picotar os garranchos no local, a fim de acelerar sua decomposição.
7. Aplicar 100 kg/ha de P_2O_5 na forma de fosfato natural de rocha.
8. No início das chuvas, efetuar o plantio das forrageiras (gramíneas e/ou leguminosas) em espelhos medindo 0,5 x 0,5 m, aproximadamente, e espaçados de acordo com a espécie a ser utilizada.
9. Poderá ser feito o consórcio com culturas alimentares.
10. Proceder às capinas das ervas nos espelhos e ao controle dos rebrotos de árvores e arbustos.
11. O rebanho não deve entrar na área no primeiro ano, mas somente a partir do verão do segundo ano com carga animal leve.
12. Fazer novo roço das rebrotações a cada três anos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades pastoris em andamento na caatinga nordestina nos últimos quatro séculos, caracterizadas por condições de sobrepastejo, podem ser apontadas como um dos fatores preponderantes na determinação dos processos de degradação ambiental e no estabelecimento da desertificação no Semiárido nordestino. A caatinga, desde os primórdios da exploração pelo colonizador, teve sua vocação pautada para a pecuária, que atingiu seu apogeu no século XIX.

A decadência da bovinocultura, já nas últimas décadas daquele século, tornou, pouco a pouco, os estados nordestinos em importadores de carne e corroborou a crença de que a exploração pastoril de bovinos não tem mais vez nos sertões nordestinos. O efetivo bovino nordestino representa cerca de 17% do rebanho nacional, sendo a grande maioria criada na caatinga. A pecuária nordestina ainda tem um longo caminho a percorrer. Por outro lado, o crescimento vertiginoso da ovinocaprino cultura na região desponta como uma opção, não de substituição, mas de complementação da exploração pastoril na caatinga.

O potencial de produção de forragem de qualidade nos sertões ainda é muito significativo, e a recuperação das áreas degradadas, com o consequente aumento da oferta de alimento para os rebanhos, está ao alcance dos criadores. A adoção das tecnologias discutidas, associada ao manejo conservador da pastagem, na certa recolocará a exploração pastoril com sustentabilidade como um dos esteios na geração de renda e melhoria da qualidade de vida do sertanejo.

The background image shows a semi-arid landscape with a large, spreading tree in the center. In the background, three workers wearing hats and carrying tools on their shoulders are visible. The ground is covered with dry, cut branches and some sparse vegetation. The overall scene suggests a rural or agricultural setting in a semi-arid region.

CAPÍTULO 6

SISTEMAS DE PRODUÇÃO
AGROFLORESTAIS
PECUÁRIOS PARA
REGIÕES SEMIÁRIDAS

INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos pela crescente população humana vem intensificando a pressão da exploração dos recursos naturais renováveis, acarretando processos de degradação ambiental em vastas áreas do planeta. Isso se torna particularmente patente nas regiões semiáridas, onde os ecossistemas são naturalmente fragilizados, devido à ocorrência de fatores limitantes, destacando-se os de natureza hídrica. Por outro lado, as práticas agropastoris, quer as tradicionais da agricultura itinerante, caracterizadas pelo desmatamento indiscriminado e pelas queimadas generalizadas, quer as da agricultura moderna, com aplicação intensiva de insumos e custos energéticos elevados, ou as pastoris do sobrepastejo, estão demonstrando carecer dos elementos básicos da sustentabilidade, fator essencial ao bem-estar e à própria sobrevivência dos seres humanos no planeta.

A sustentabilidade na agricultura parece já ter sido praticada no passado, mesmo antes do aparecimento da pressão demográfica, quando era rotineiro o uso do pousio prolongado da terra entre dois cultivos, o que permitia a recuperação da vegetação original e da fertilidade do solo. Daí por que se supõe que as definições da sustentabilidade na agricultura antecederam ao conceito de desenvolvimento sustentável, definido como sendo “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (CMMAD, 1991, p. 46). Isso permite, pois, a produção de bens e serviços para consumo pela sociedade humana em harmonia com a recuperação, melhoria e bem-estar contínuo dos recursos naturais renováveis.

Os métodos e práticas para a agricultura sustentável devem espelhar-se no funcionamento dos ecossistemas naturais. Nesse contexto, a floresta primária pode ser considerada um ecossistema protetório, maduro e equilibrado, enquanto a vegetação secundária se constitui em um ecossistema produtivo, por ser relativamente alterável e instável e estar no processo de acumulação de energia e biomassa, com os ganhos da atividade fotossintética superando as perdas da respiração. Assim, os sistemas de produção agrícolas devem ser enfocados, preferivelmente, como vegetação secundária. Isso se torna particularmente interessante quando se trata de ecossistemas tropicais, onde as perturbações e ajustes desenvolvidos pela mata secundária apontam-na como importante estágio para o manejo da vegetação nos trópicos. Assim, nas regiões

tropicais, a vegetação secundária é bastante utilizada nas atividades de produção de alimentos e na pecuária. Todavia, as práticas adotadas, associadas às variabilidades climáticas, típicas das áreas semiáridas, têm resultado em sinais evidentes de degradação ambiental.

Os sistemas de produção agroflorestais (SAF) foram desenvolvidos em resposta às pressões por produção de alimentos, tanto para a população humana, como para os rebanhos, e integram a exploração de espécies lenhosas florestais perenes associadas às culturas e à pastagem. Esses sistemas podem, desse modo, garantir a estabilidade da produção, elevar a produtividade da terra, diversificar a produção, melhorar a fertilidade do solo e aumentar a oferta de alimentos e forragem de boa qualidade. Esses sistemas de produção estão sendo avaliados e propostos como alternativas ecologicamente sustentáveis de exploração nas regiões tropicais. O uso de espécies arbóreas constitui a garantia de manter ativa a circulação de nutrientes e o aporte significativo de matéria orgânica, condições essenciais para cultivar de maneira continuada os solos tropicais. Nesse sentido, a associação de essências florestais com culturas alimentares, espécies arbóreas nativas e forrageiras herbáceas, árvores frutíferas e o cultivo em aleias constituem algumas das opções apontadas pelos pesquisadores.

A extensa região do Semiárido brasileiro, cuja exploração pelo colonizador teve começo na segunda metade do século XVII, com o avanço da pecuária e da agricultura familiar ao longo do eixo de seus principais rios, encontra-se atualmente atingida por degradação ambiental generalizada, patenteada pela destruição da flora e da fauna, pela erosão acelerada de seus solos e pelo assoreamento de seus mananciais, em razão, principalmente, das práticas agrícolas pastoris e de exploração madeireira em uso pelos agricultores. Com isso, os índices produtivos dessas atividades situam-se muito aquém dos necessários para a geração de renda familiar capaz de manter no campo a população rural, o que agrava o êxodo rural, criando problemas sociais de dimensões avassaladoras nas grandes cidades da região.

Vários fatores contribuem sobremaneira para a intensificação dos processos que estão materializando a desertificação de grandes áreas no Semiárido brasileiro, destacando-se a estrutura fundiária, as secas periódicas e o caráter extrativista e predatório das práticas de exploração dos recursos naturais. Predomina na região a pequena propriedade, com menos de 10 hectares, que pode perfazer até 70% das unidades de produção. Tendo que

tirar o seu sustento de área tão diminuta e de baixo potencial produtivo, e não dispondo de outras tecnologias a não ser as convencionais, que não coadunam com as limitações ambientais, o agricultor familiar não vê outra opção que não seja a de intensificar o uso da terra a patamares muito além de sua capacidade de recuperação. Por seu turno, as secas periódicas, características do Nordeste semiárido, encontram nos ecossistemas ecologicamente fragilizados e degradados – e, portanto, com baixa resiliência – um campo aberto para incremento de seus impactos negativos sobre a produção, sobre a economia e sobre o bem-estar social.

Nesse contexto, a opção pela adoção das tecnologias agroflorestais constitui um dos melhores encaminhamentos no sentido da recuperação ecológica e da viabilização econômica da unidade de produção agrícola do Semiárido nordestino. Convém enfatizar que a agrossilvicultura para regiões semiáridas, ao fundamentar-se na conservação da cobertura arbórea e na defesa do solo contra a erosão, privilegia a proteção, a conservação, a melhoria da qualidade e o uso sustentável dos recursos hídricos, fator por demais escasso nessas áreas.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROFLORESTAIS

Sistemas de produção agroflorestais (SAF) são formas de uso e manejo da terra, nos quais árvores e arbustos são utilizados em associação com cultivos agrícolas e/ou animais, numa mesma área, de maneira simultânea ou numa sequência temporal. Pelo menos uma espécie arbórea ou arbustiva florestal deve ser incluída no SAF. No entanto, observe-se que a utilização de árvores e arbustos cultivados em associação com culturas ou animais não formará um SAF, mas um consórcio agrícola.

Os sistemas agroflorestais procuram simular os ecossistemas naturais e, com isso, buscam produzir em harmonia com a natureza, com base na conservação dos recursos naturais renováveis, resultando em melhoria da produtividade e sustentabilidade da produção. As espécies arbóreas florestais, além de garantir e manter ativa a circulação de nutrientes e o aporte significativo de matéria orgânica, contribuem para o controle do microclima para os demais componentes do sistema e para a conservação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Nesse sentido, a associação de essências florestais com culturas alimentares, arbóreas e forrageiras herbáceas, árvores, cercas-

-vivas, quebra-ventos, mata ciliar, pastagem com árvores para sombra e o cultivo em aleias constituem algumas das opções apontadas pelos pesquisadores.

Os SAFs podem ser classificados com base em critérios estruturais, funcionais, ecológicos e socioeconômicos.

A estrutura do SAF diz respeito ao arranjo espacial e temporal de seus componentes, isto é, das árvores das culturas agrícolas e dos animais. O arranjo espacial refere-se à densidade e distribuição das árvores na área. O plantio das árvores pode ser feito com alta densidade, formando bosquetes, como no modelo taungya e nos pomares domésticos, ou em savana, como no caso da caatinga raleada. Ademais, as árvores podem ser estabelecidas misturadas com os outros componentes vegetais, como no modelo SAF-Sobral, ou no caso de recuperação florestal, ou em blocos. Neste caso, elas podem ser dispostas em fila (plantio em aleias) ou em bosques, formando quebra-vento, banco de proteína e áreas de proteção e conservação do solo nos terraços e nos patamares.

Considerando o critério função, o SAF pode ter seu componente arbóreo com a função principal de produção de bens (forragem, madeira, lenha, serrapilheira, frutos, etc.), ou de serviços, como quebra-ventos, cercas-vivas, conforto térmico, paisagismo, proteção e conservação do solo, etc. Vale salientar que a densidade das árvores deve alcançar valores que resultem em impacto significativo de seu papel no sistema.

As características ecológicas da área devem ser usadas como critério da escolha do modelo de SAF mais apropriado. Por outro lado, as tecnologias utilizadas devem ser de baixo impacto ambiental e identificadas com a sustentabilidade ecológica, com a estabilidade e com a resiliência ante as variações dos fatores ambientais.

Com base nos critérios socioeconômicos, os SAFs podem ser classificados levando-se em conta o nível de utilização de insumos, a escala do manejo e os objetivos comerciais. Nesse contexto, os sistemas agroflorestais podem ser projetados para utilização de diferentes níveis tecnológicos e de manejo, como alto, médio e baixo, e para atender às demandas de alimentação da família ou dos mercados locais e regionais.

MODELOS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os modelos mais comumente em uso combinam árvores com culturas, chamados agrossilviculturais; árvores com animais, denominados silvipastoris; e árvores com animais e culturas, cognominados agrossilvipastoris.

Dentre os modelos agrossilviculturais destacam-se:

Capoeira melhorada – Consiste no plantio de árvores na fase de repouso, continuação da exploração da área com as culturas tradicionais, ou seja, transiciona-se de uma capoeira para um sistema agrossilvicultural. Os bens produzidos consistem nos alimentos para a família e seus animais, madeira, mel e frutos. Já os serviços prestados constam da proteção e recuperação da fertilidade do solo.

Taungya – Destina-se ao estabelecimento de lotes florestais. Para tanto, nos primeiros anos, o plantio de árvores é associado com o de culturas alimentares, a fim de baratear a implantação do lote. Os bens produzidos são alimentos para a família e seus animais, mel e madeira, e os serviços prestados constam da proteção e recuperação da fertilidade do solo.

Cultivo em aleias – Neste modelo, as árvores são plantadas em fileiras regularmente espaçadas, entre as quais são estabelecidas as culturas. Os bens produzidos são alimentos para a família e feno para os animais e mel. Os serviços prestados consistem na recuperação e manutenção da fertilidade do solo, bem como em sua proteção contra a erosão.

Cultivo de árvores em padrão multiestratificado – Neste SAF, espécies arbóreas em plantio aleatório são associadas com outras culturas perenes ou anuais. Os produtos advindos constam de alimentos para a família, frutos, mel e outros produtos agrícolas. O papel mais importante das árvores é o sombreamento, como no caso do plantio de café e cacau, ou suporte, como no caso da pimenta do reino.

Pomares domésticos ou quintais produtivos – Combinação de árvores frutíferas, plantas medicinais, hortaliças e culturas agrícolas em torno da casa. A produção é muito variada e depende das combinações culturais locais. Já os serviços consistem na recuperação da fertilidade e proteção do solo.

Cercas-vivas e quebra-ventos – O sistema envolve o plantio de árvores em torno das culturas, com o objetivo de proteger e de causar mudanças no microclima para melhorar as condições de produção. Os principais produtos são de origem agrícola e madeira. O papel mais importante das árvores é proteção dos cultivos e do solo.

Os modelos de sistemas silvipastoris incluem:

Árvores em pastagens naturais nativas ou introduzidas – Trata-se de pastagens arborizadas. Neste modelo estão inseridos os diferentes métodos de manejo da caatinga, isto é, raleamento, rebaixamento e enriquecimento. Os produtos mais importantes são madei-

ra, mel, carne, pele, leite e esterco. Já os serviços prestados pelo componente arbóreo constam de forragem, conforto térmico, proteção do solo contra a erosão, reposição da matéria orgânica e recuperação da fertilidade do solo e controle das enxurradas.

Áreas florestadas associadas a pastejo – Trata-se de implantação de florestas comerciais em que os espaços entre as árvores são ressemeados com forrageiras, para incrementar a renda do empreendimento. Seus principais produtos são madeira, forragem e animais.

Banco de proteína – Plantio intensivo de leguminosas forrageiras arbustivas e arbóreas para suplementação animal nos períodos críticos, via pastejo direto ou produção de feno. Seus produtos mais importantes são forragem e mel.

Os modelos de sistema agrossilvipastoril incluem:

Roçado ecológico – Consiste no consórcio de leguminosas forrageiras plantadas em aleias, culturas diversas e animais. O sistema funciona em uma sequência temporal, ou seja, na época das chuvas é usado para cultivos alimentares, adubo verde e feno, e na época seca é submetido a pastejo controlado. Seus produtos mais importantes são grãos, feno e mel, e os serviços prestados consistem de proteção do solo, deposição de matéria orgânica e manutenção da fertilidade.

Quintais produtivos com animais – Semelhante aos quintais produtivos dos sistemas agrossilviculturais, mas associados com animais, tais como cabras leiteiras, galinhas e patos.

BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os diferentes modelos de SAF podem ser implantados nas mais diversas situações, tanto em áreas que ainda mantêm elevado potencial produtivo, como naquelas em estado de degradação. Nesse sentido, os sistemas agroflorestais proporcionam excelentes alternativas para recuperação ecológica e econômica de ecossistemas degradados. Isso porque a tecnologia do SAF se fundamenta no incremento e na conservação do aporte de matéria orgânica, viabiliza a proteção do solo contra a erosão, incrementa a atividade biológica do solo, além de proporcionar condições para o restabelecimento da circulação de nutrientes.

A arborização característica dos SAFs tem efeito marcante no clima, na conservação dos mananciais e na manutenção da qualidade da água pela retenção dos sedimentos. No primeiro caso, a presença das árvores ameniza a temperatura, purifica o ar e aumenta

a taxa de vapor de água na atmosfera, com efeitos benéficos sobre a ocorrência de chuvas. Nesse sentido, informações dão conta de que na bacia do rio Amazonas, ainda plenamente florestada, até 50% da chuva provém da água transpirada pela própria floresta. Já na bacia do rio Mississipi, quase totalmente desmatada, somente 10% da água da chuva é originária da transpiração da vegetação terrestre.

Com relação aos mananciais, a arborização dos SAFs tanto regula a quantidade quanto a velocidade e a qualidade da água que alcança os corpos de água. Uma área com cobertura arbórea próxima de 100% pode interceptar até 70% da chuva, reduzindo, assim, temporariamente, a quantidade de água disponível para escoamento superficial, controlando, portanto, tanto a erosão do solo, como as enxurradas. Nesse sentido, o SAF, ao manter uma adequada cobertura arbórea e a vegetação ciliar da malha de drenagem, desempenhará importante papel na proteção dos recursos hídricos.

A adoção de sistemas agroflorestais cria uma excelente oportunidade não só para manter a biodiversidade, como para recuperá-la em áreas degradadas. Ao preservar o componente arbóreo da mata ciliar, mantém-se a diversidade da vegetação e proporciona condições para o desenvolvimento dos animais silvestres, pela recuperação de seus habitats.

Por fim, a sustação das queimadas e a arborização conservadora do SAF constituem contribuições ao controle do efeito estufa, primeiro pela redução da emissão e segundo pelo sequestro de gás carbônico.

O uso da tecnologia do SAF é do conhecimento e da prática de alguns setores da agricultura nordestina. São exemplos mais comuns o cultivo do café à sombra de espécies arbóreas nas regiões serranas e a exploração pastoril em áreas de caatinga.

Os sistemas agroflorestais podem vir a ser a melhor opção para a agricultura familiar nos sertões nordestinos, por proporcionar condições para a viabilização econômica da pequena propriedade. São múltiplas as suas vantagens. Considere-se que não há mais como manter as práticas da agricultura migratória na unidade de produção de agricultura familiar, pois, devido ao seu pequeno tamanho, não é possível dar-se à terra o pousio necessário para sua recuperação. Com isso, devido à elevada intensidade de uso, sem reposição da fertilidade, o empobrecimento do solo é patente e o declínio da produção é dramático. Nessas condições, o SAF, cujo custo de implantação é baixo, pois praticamente não envolve a aquisição de insumos externos, substituirá o desmatamento

e a queimada como técnica de produção, permitirá a fixação da agricultura e viabilizará a integração com a criação de animais. Assim, a paisagem da unidade familiar será definitivamente mudada e as parcelas para produção agrícola, pastoril e florestal serão bem definidas e integradas no sistema produtivo.

ALTERNATIVAS DE SISTEMA DE PRODUÇÃO AGROFLORESTAIS SUSTENTÁVEIS

Para o Semiárido brasileiro, o sistema de produção, que poderá ser de um dos modelos silvipastoril e agrossilvipastoril, deve ter por objetivos: fixação da agricultura, adequação do manejo pastoril, racionalização da extração madeireira e forte integração dessas três atividades.

Proposta de um modelo agrossilvicultural para o Semiárido

Destina-se basicamente à agricultura de base familiar do Semiárido, situada em áreas de sequeiro e baseada nas condições de pluviosidade natural. Trata-se do denominado roçado ecológico. A preparação da área consta de um raleamento da vegetação arbórea, devendo ser preservadas cerca de 200 árvores por hectare, o que corresponde a uma cobertura de aproximadamente 20%, que garantirá um aporte anual de matéria orgânica em torno de 1.500 kg/ha, por ocasião da queda das folhas no início da estação seca. Até que haja um bom estabelecimento da leguminosa perene implantada nas aleias, que será a principal fonte de adubo verde, não deve ser praticado o destocamento, pois a rebrotação das espécies nativas constituirá importante fonte de adubação verde, durante o período das chuvas. Após a retirada da madeira útil, cuja venda custeará parte das despesas de implantação, os garranchos são amontoados em cordões perpendiculares ao declive do terreno, e serão espaçados em três metros, para proteção do solo contra a erosão. Os cordões de garrancho deverão ter até 0,40 m de largura e 0,50 m de altura. Procedese, então, ao plantio de uma leguminosa em linhas localizadas em ambos os lados dos cordões, com um espaçamento de 0,50 m entre plantas. Leucena, gliricídia, guandu (*Cajanus cajan*), sabiá e camaratuba são as espécies de melhor desempenho. O plantio deve ser por sementes, mas é importante a preparação de mudas para replantio logo no primeiro ano. A decomposição dos garranchos nos cordões é rápida, durando, no máximo, três anos, quando então a leguminosa perene estará estabelecida e os substituirá no papel de proteção do solo (Figura 41).



Figura 41. Roçado ecológico.

Fotos: J. A. Araújo Filho.

O plantio das culturas tradicionais deve ser realizado nas faixas entre os cordões, com o objetivo de proteção do solo. Adota-se a prática da policultura, pois o uso de várias culturas em sistema de consórcio favorece uma ampliação da biodiversidade dos cultivos, tanto quanto promove uma dieta diversificada para a população humana, e resulta em uma maior geração de renda, estabilidade de produção, diminuição dos riscos, redução da incidência de pragas e doenças, eficiência no uso da mão de obra e aumento do retorno, com baixos níveis de tecnologia.

O aporte contínuo de matéria orgânica ao solo é garantido por cinco fontes distintas. A primeira consta da folhagem das árvores poupadas quando do raleamento, alcançando cerca de 1,5 toneladas por hectare e por ano. A segunda consiste da parte aérea da rebrotação dos tocos, cortada e incorporada ao solo, durante o período das chuvas, atingindo cerca de 2 toneladas por hectare. A terceira origina-se das ervas nativas, que são capinadas ou roçadas e incorporadas ao solo, durante o ciclo das culturas e que podem perfazer até 3 toneladas por hectare. A quarta é formada pelo corte da parte aérea da leguminosa perene estabelecida nos lados dos cordões de garranchos, somando outras 2 toneladas. E, por fim, a quinta e última fonte de matéria orgânica advém do esterco dos animais, que é distribuído a lanço, ao final do período seco e que atinge até 3 toneladas por hectare. Assim, são adicionadas anualmente ao solo cerca de 11 toneladas de matéria orgânica por hectare, na parcela sob agricultura. Após a colheita, a palhada do milho deve ser recolhida e enfardada para uso como suplemento alimentar volumoso, durante a época seca, ou deixada em campo para sua futura incorporação no solo, como fonte de matéria orgânica (Quadro 4).

Quadro 4 – Protocolo para o roçado ecológico

1. Cercar a área a ser cultivado o roçado ecológico.
2. Efetuar o corte seletivo da vegetação lenhosa, poupando-se 200 árvores por hectare. Na prática, preservar uma árvore a cada 14 passos. Caso a área esteja degradada, deve ser feita a reposição das 200 árvores.
3. Havendo árvores com vários caules (catingueira, jurema preta, etc.), proceder ao corte dos caules, preservando-se apenas um por árvore.
4. Retirar a madeira útil para estacas, estacotes, mourões, lenha, etc.
5. Amontoar os garranchos em cordões perpendiculares ao declive do terreno (em curva de nível), com a largura de 30-40 cm e espaçados de 3 m.
6. No início do inverno, estabelecer aleias de leguminosas em ambos os lados dos cordões de garranchos, usando o espaçamento de 0,5 m entre plantas.
7. Efetuar o plantio das culturas na faixa de 3 m entre as aleias, seguindo os espaçamentos apropriados para as culturas escolhidas. Recomenda-se efetuar adubação nas covas, à base de esterco curtido ou composto.
8. Proceder às capinas das ervas e ao controle dos rebrotes de árvores e arbustos.
9. No primeiro ano, as leguminosas das aleias não poderão ser usadas para corte ou pastoreio. É preciso que cresçam e produzam sementes.
10. Realizar a colheita das culturas. Retirar os restolhos culturais e armazená-los para suplementar os animais no período seco.
11. No início do segundo ano, repetir o procedimento 8.
12. Cerca de 70 dias após o início do inverno, proceder ao corte das leguminosas das aleias a uma altura de 20-30 cm e colocar a folhada nos espaços entre as linhas das culturas.
13. Sessenta dias depois, executar novo corte para a produção de feno para suplementação do rebanho no verão.
14. Após a colheita e o recolhimento do restolho cultural, a parcela poderá ser utilizada por 1 hora, diariamente, em pastoreio pela manhã e por um período de 35 a 40 dias, por um rebanho de 2 vacas ou 12 ovelhas ou cabras, para cada hectare do roçado. A segunda entrada do rebanho dar-se-á 84 dias depois, seguindo as mesmas recomendações de manejo.

Propostas de modelos silvipastoris

Há diversos modelos de sistemas de produção silvipastoris para a região da caatinga, podendo ser incluídos nessa categoria os bancos de proteína, a caatinga manipulada e os lotes florestais. Outros modelos são os quebra-ventos e a mata ciliar.

a. *Banco de Proteína* – também chamado de bancos forrageiros, consistem de áreas cultivadas com forrageiras de alto valor nutritivo e produtividade destinadas a fornecer suplementação alimentar, principalmente nas épocas críticas. As espécies botânicas mais utilizadas na formação dos bancos são geralmente leguminosas, destacando-se a leucena, o guandu, a gliricídia, a jurema-preta, o sabiá e a camaratuba. O preparo da área para implantação do banco de proteína consiste no raleamento da vegetação lenhosa preservando-se até 200 árvores por hectare ou o equivalente a 20% de cobertura. O plantio das forrageiras pode ser feito por sementes ou mudas, semeadas no espaçamento de 0,5 m dentro de linhas separadas por 1,5 a 2,5 m, dependendo do tipo de animal que vai utilizá-lo, ou seja, menores espaçamentos para ovinos e caprinos e maiores para bovinos. Sementes de tegumento impermeável requerem um tratamento com água fervente, ácido sulfúrico ou um agente físico para facilitar a germinação. Plantam-se até três sementes por cova, sem necessidade de desbaste após a emergência. Aconselha-se ter sempre à mão mudas para replantio, em número equivalente a cerca de 10% do total de covas plantadas. Após a emergência, capinas periódicas e controle de pragas, principalmente de formigas, constituem os tratos culturais rotineiros. Para redução dos custos de estabelecimento do banco, sugere-se, no primeiro ano, o plantio consorciado de culturas alimentares. Dependendo das condições climáticas, na primeira estação úmida, após o plantio, terá início a fase de utilização do banco de proteína, devendo ser para produção de feno, no período das chuvas, e como área de ramoneio, no período seco. No primeiro caso, é necessário que se disponha de um galpão ou uma lona de plástico para proteção contra a chuva. Poderão ser obtidas duas colheitas de feno na estação das chuvas. A altura de corte deverá ser de 20 a 30 cm acima do solo, a fim de permitir uma numerosa rebrotação a partir da base do caule, protegendo-o, assim, contra o possível anelamento, por ocasião do ramoneio. O uso do feno será integrado com o da forragem do banco, no período seco. Nessa época, o uso da área será por

ramoneio, que se observará diariamente por um período de uma a uma hora e meia, preferencialmente pela manhã. Para se otimizar o uso do banco de proteína, deve-se subdividi-lo em parcelas que resultem no consumo de sua forragem disponível no prazo máximo de 14 dias, protegendo, assim, a rebrotação da forrageira contra a remoção frequente.

b. *Caatinga manipulada* – como já foi detalhada anteriormente, a manipulação da vegetação da caatinga, por meio do rebaixamento, raleamento, enriquecimento ou a combinação dessas práticas, constitui uma excelente opção de incrementar a produção de forragem e adequar a caatinga para a espécie animal a ser explorada e otimizar o uso dos recursos forrageiros nativos.

c. *Lote florestal* – as áreas de exploração florestal podem ser transformadas em sistemas de produção silvipastoris, com a inclusão do pastoreio. Os lotes florestais podem ser formados *in situ* e *ex situ*. A formação do lote *in situ* utiliza áreas de caatinga arbórea com adequado potencial madeireiro. O manejo consistirá em cortes rasos de faixas da mata feitos anualmente, interessando 1/10 da parcela, pois será de aproximadamente 10 anos o tempo de pousio necessário para o restabelecimento da mata. Os cortes serão praticados durante o período seco. Na estação úmida subsequente, proceder-se-á ao controle dos arbustos, seguindo-se a admissão dos animais no lote. O manejo das rebrotas será feito ao fim da segunda estação seca, preservando-se até três rebrotas por toco.

A formação de lotes florestais *ex situ* constitui uma excelente alternativa para incrementar a produção madeireira e forrageira de áreas com bom potencial, além de recuperar áreas degradadas. Para tanto, as espécies arbóreas devem ser selecionadas em função de seu potencial para produção simultânea de madeira para diversos fins e forragem. Diversas espécies da caatinga se prestam à formação de lotes florestais, destacando-se o sabiá (estacas, lenha e forragem), a jurema-preta (lenha e forragem), o pau-branco (madeira e forragem), o mororó (estaca e forragem), a aroeira (madeira, estacas, lenha e forragem) e a catingueira (lenha e forragem). A implantação poderá ser feita diretamente por sementes ou por mudas. O espaçamento variará de acordo com o porte da planta, a finalidade do plantio, devendo-se utilizar preferencialmente espaçamentos mais abertos para que haja condições de produção de forragem pelo

estrato herbáceo por um período de anos mais prolongado. É também aconselhável o consórcio com culturas alimentares no ano do plantio. Os animais só passarão a utilizar a área para ramoneio a partir do segundo ano. A época do primeiro corte para colheita de madeira ou lenha dependerá da espécie arbórea, do potencial da área e das condições climáticas. Após o primeiro corte, as práticas de manejo deverão ser as mesmas adotadas para os lotes florestais *in situ*.

Proposta de um modelo agrossilvipastoril

O sistema baseia-se na associação de essências florestais, cultivos e animais. O SAF-Sobral constitui um modelo exitoso de sistema agrossilvipastoril. Na realidade, o modelo integra três SAFs: um agrossilvicultural e dois silvipastoris. O animal (bovino, caprino e/ou ovino) integra os três sistemas, via pastejo e redistribuição de nutrientes pela produção de urina e esterco.

O cerne do sistema é a divisão da área em três parcelas de dimensões variáveis. A primeira, que corresponde a 20% da área, formará o sistema agrossilvicultural, chamada área agrícola; a segunda, de 60% da área, funcionará como um sistema silvipastoril, denominada área pastoril; e a terceira, de 20% da área, será outro sistema silvipastoril, nomeada de reserva legal. O sistema é proposto para unidades produtivas com áreas a partir de três hectares. Os resultados sugerem que de oito a nove hectares seria o tamanho da propriedade que permitiria a obtenção de até dois salários mínimos mensais como renda bruta. É de fundamental importância a integração entre os subsistemas, com o animal desempenhando o relevante papel na redistribuição de nutrientes. Quanto às práticas a serem adotadas, são as mesmas já descritas para os sistemas até agora apresentados. A área agrícola, ou sistema agrossilvicultural, seguirá os procedimentos descritos para o modelo agrossilvicultural acima descrito. Todavia, o último corte da leguminosa perene estabelecida ao lado dos cordões de garranchos será destinado à confecção de feno. Após a colheita, a parcela passará a funcionar como banco de proteína, sendo utilizada por cerca de 40 dias no início do período seco, seguindo um repouso de 80 dias, findo o qual, será novamente pastejada por mais 40 dias. A parcela pastoril constará de uma caatinga raleada ou enriquecida, onde o rebanho será mantido. A terceira área, outro sistema silvipastoril, poderá ser manejada como um lote florestal e/ou sediar um apiário.

Manejo do rebanho no SAF-Sobral

Um aspecto importante é o manejo do rebanho, que poderá ser composto preferencialmente por ovinos, caprinos ou a combinação destas duas espécies. Em um sistema SAF-Sobral de 8 hectares, podem ser criadas 20 matrizes ovinas ou caprinas, se a área pastoril for uma caatinga raleada, e 50 animais se for uma caatinga enriquecida. A rotação do rebanho nas três parcelas deverá obedecer ao esquema a seguir apresentado. No início da estação das chuvas, o rebanho será mantido na área de reserva legal, por um período de 35 a 40 dias, para aproveitar a rebrotação das espécies arbóreas e arbustivas forrageiras e permitir o crescimento das forrageiras herbáceas da área pastoril (Figura 42). Findo o período inicial de 30 dias, o rebanho será introduzido na parcela pastoril, onde permanecerá pelo resto da estação (Figura 43).

No início das chuvas, enquanto as culturas e as pastagens se estabelecem, o rebanho passa 30 dias na área de reserva legal. Nesta área também pode ser instalado um apiário.



Figura 42. Manejo do rebanho – início da época úmida.

Fonte: Elaboração própria (2009).

Na mesma época, têm início na parcela agrícola o plantio das culturas alimentares, seguindo-se as atividades de cultivo, capinas, corte e colocação sobre o solo dos ramos da leguminosa e das rebrotações dos tocos.

Após 30 dias, o rebanho é levado para a área pastoril, onde permanecerá por toda a época chuvosa.

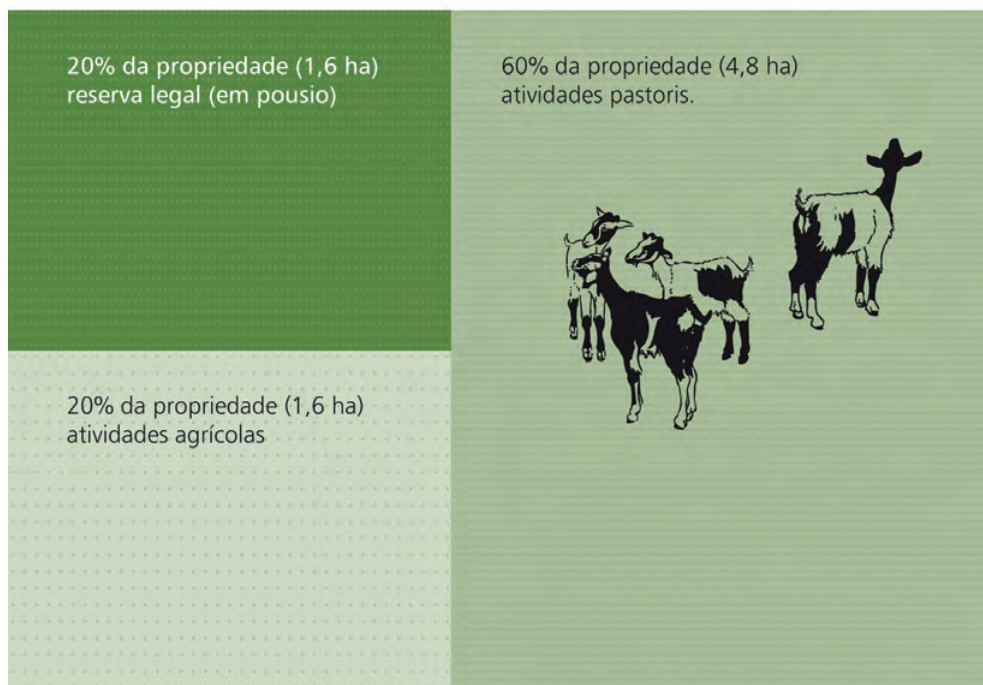


Figura 43. Manejo do rebanho no restante da época úmida.

Fonte: Elaboração própria (2009).

Ao fim do período das chuvas e início da estação seca, o rebanho é deslocado novamente para a área de reserva legal, para aproveitar a folhada recém-caída das espécies caducifólias, permanecendo lá por um período de 30 dias (Figura 44).

No início da estação seca o rebanho é levado para a área de reserva legal, por um período de 30 dias



Figura 44. Manejo do rebanho no início da época seca.

Fonte: Elaboração própria (2009).

Na parcela agrícola é feita a colheita das culturas (milho, feijão, mandioca e outras) e é dado o último corte na parte aérea da leguminosa, que será utilizada na confecção de feno. Então, o rebanho passa para a área agrícola e, por um tempo aproximado de 40 dias, utilizará a área como um banco de proteína. Para tanto, todos os dias o rebanho permanecerá na parcela agrícola por um período de 1 hora e meia para ramoneio das rebrotações da leguminosa, dos rebrotes dos tocos e dos restolhos culturais. Findo o período de 40 dias, o rebanho permanecerá pelo resto da época seca na área pastoril e à tarde, quando for recolhido ao aprisco, cada matriz receberá uma suplementação constante de 300 g de feno de leguminosa e 300 g de rolão de milho (espiga triturada com grão e sabugo). Finalmente, ao término da

estação seca, a área agrícola será novamente utilizada como banco de proteína por um período de 30 a 40 dias (Figura 45).

Após este período, os animais são levados à parcela pastoril, mas, utilizando a agrícola como banco de proteína, para aproveitar os restos culturais e as leguminosas.

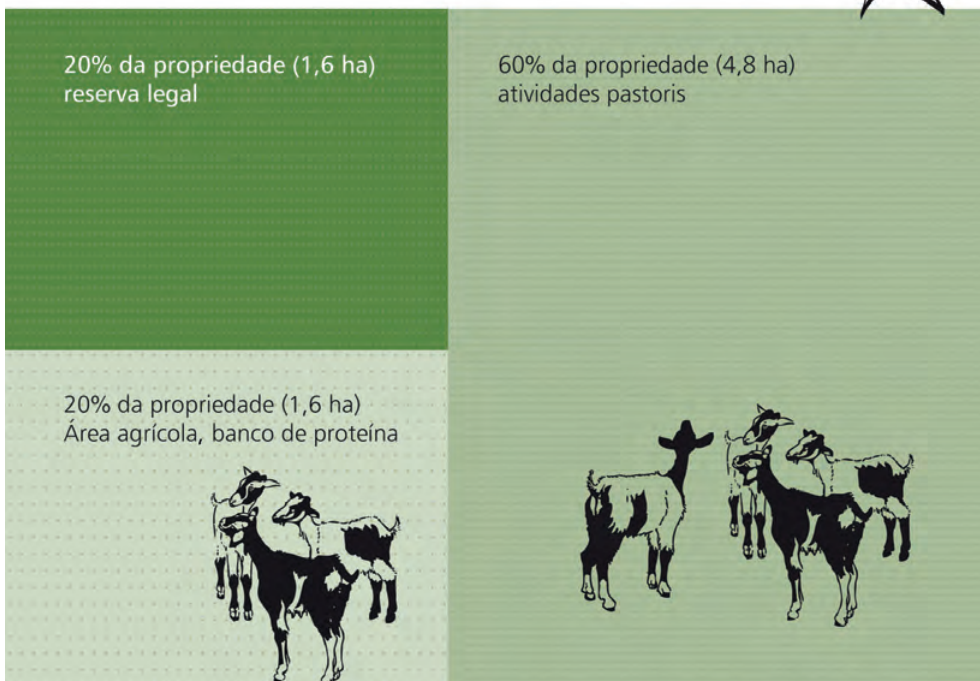


Figura 45. Área agrícola/banco de proteína/área pastoril.

Fonte: Elaboração própria (2009).

Vantagens do sistema de produção agrossilvipastoril

A adoção das tecnologias do SAF-Sobral deverá resultar em muitas vantagens, tanto para as pessoas quanto para os animais e para os agroecossistemas. Em primeiro lugar, o sistema garante a segurança alimentar, incrementando e estabilizando a produção de alimentos para a família, tanto de origem animal quanto de origem vegetal. A segurança alimentar é também estendida aos rebanhos, pois o uso da tecnologia incrementa a produção e melhora a qualidade da forragem, garantindo a suplementação alimentar

nas épocas de carência, via feno, restolho cultural e grãos. Por fim, há a promoção do aumento da renda familiar pela venda do excesso da produção agrícola, do mel e demais produtos de origem animal, contribuindo, assim, para a qualidade de vida das populações camponesas, com impactos positivos sobre o controle do êxodo rural.

A segurança ambiental é também outra grande vantagem do SAF-Sobral, pois as tecnologias usadas são baseadas em princípios agroecológicos. Assim, com respeito à vegetação nativa, o sistema enfatiza a preservação das árvores em densidade adequada a conservar a circulação de nutrientes, incrementando a deposição de matéria orgânica, além da manutenção da biodiversidade, o que garante a resiliência demonstrada nas pesquisas da estação experimental. A manta orgânica da serrapilheira e a cobertura arbórea garantem a proteção do solo contra a erosão hídrica, na época das chuvas, e eólica, no período seco. Ademais, a constante adição de restolhos culturais forma um *mulch* que aumenta a atividade biológica dos micro-organismos e da mesofauna do solo, com efeitos positivos sobre a decomposição da matéria orgânica e disponibilização dos nutrientes para as culturas. Por seu turno, os recursos hídricos são beneficiados pela preservação da mata ciliar às margens dos cursos de água e mananciais, bem como pela redução da erosão do solo e conseqüente carreamento de sedimentos e sais, e pela significativa diminuição das perdas de água. Por fim, a fauna nativa poderá desfrutar dos corredores ecológicos da mata ciliar, da sustação das queimadas de efeitos funestos sobre a destruição de seus habitats, da eliminação do uso de agrotóxico e do restabelecimento das cadeias alimentares.

A photograph showing a person's hand, wearing a ring, touching a metal frame on a ground covered with dry leaves and twigs. The image is overlaid with a semi-transparent green filter. The text is positioned in the upper left and center of the image.

CAPÍTULO 7

AVALIAÇÃO DAS
PASTAGENS NATIVAS

INTRODUÇÃO

Há dois aspectos fundamentais e específicos que devem ser levados em consideração para a geração e aplicação de técnicas ou práticas de manejo de pastagem nativa: a complexidade da comunidade vegetal e o caráter ecológico do manejo. A primeira determina o segundo, uma vez que as relações mútuas entre os componentes da comunidade vegetal, tais como a competição e a sucessão, constituem fenômenos de natureza ecológica prontamente afetados e manipulados pelo manejo. Portanto, é fácil concluir que as respostas do ecossistema da pastagem às práticas de manejo devem ser buscadas inicialmente nas mudanças observadas nos componentes da vegetação, tanto individualmente, quanto no âmbito da comunidade.

As avaliações das pastagens nativas, também chamadas de inventário, podem ser de caráter generalizado ou detalhado. Estas avaliações reúnem um conjunto de métodos que devem ser escolhidos em função dos objetivos específicos, e podem abranger as seguintes etapas: classificação ecológica, levantamento da vegetação, determinação da utilização e análise da condição e da tendência. Essas avaliações baseiam-se no fato de que as interações entre os componentes abióticos e bióticos do ecossistema podem ser quantificadas e, assim, tiradas as conclusões, formuladas teorias e derivadas recomendações confiáveis para o manejo racional da pastagem.

CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DA PASTAGEM NATIVA

A primeira fase da avaliação da pastagem nativa consiste na identificação e caracterização do sítio ecológico. Este é considerado o menor ecossistema funcional da pastagem, ou seja, uma unidade da pastagem com uma comunidade vegetal clímax característica e associada a fatores uniformes de clima, solo e topografia. A diferenciação entre dois sítios ecológicos distintos consiste nas espécies botânicas, composição florística e potencial de produção da comunidade vegetal.

A validade da hierarquização do ecossistema em unidades padrões, com objetivo de uma melhor compreensão e interpretação, é contestável. Argumenta-se, no entanto, que não há invalidação da divisão da vegetação em entidades arbitrárias, por conveniência prática de manejo. Por outro lado, essas unidades têm recebido vários nomes e concei-

tos, tais como: associação, unidade básica, *nodum*, tipo de vegetação, tipo de hábitat, unidade taxonômica, unidade solo-vegetação, sítio ecológico, elemento da terra, facie e unidade de paisagem.

Os procedimentos para coleta de dados do campo incluem o uso de imagens de satélite e/ou fotografias aéreas para a localização dos pontos de amostragem ou estações. As observações em cada ponto amostral são obtidas a partir de macroparcelas com dimensões arbitrariamente definidas ou dimensionadas em função de diferenciações naturais e facilmente observáveis, coincidindo com os limites do sítio ecológico. As variáveis medidas ou avaliadas por reconhecimento ocular constam de características do solo, topografia, posição na vertente, fisionomia e estratificação da vegetação. Por outro lado, a densidade, a frequência e o índice de abundância das espécies botânicas, a cobertura do solo e a produção de fitomassa são obtidas a partir de microparcelas estabelecidas nas macroparcelas. O tratamento estatístico dos dados inclui, inicialmente, o desenvolvimento de uma matriz baseada nos coeficientes de similaridade entre cada par de amostras, a aplicação dos métodos de análise de grupos (*Cluster analysis*) e a ordenação polar das amostras. Os resultados são apresentados geralmente na forma de um dendrograma, no qual, a partir de um percentual de similaridade preestabelecido, obtém-se o agrupamento das amostras em possíveis sítios ecológicos ou unidades de classificação utilizadas.

LEVANTAMENTO DA VEGETAÇÃO

Entre os objetivos desta fase de avaliação estão incluídos a caracterização botânica sistemática da vegetação, o monitoramento a médio e a longo prazos das mudanças da cobertura florística induzidas pelo uso, a determinação do potencial de produção de forragem e a capacidade de suporte. Para que tais objetivos sejam alcançados, a quantificação dos parâmetros da vegetação é fundamental. Características quantitativas são utilizadas para determinar a estrutura da comunidade vegetal e suas possíveis modificações ao longo do tempo. A estrutura da comunidade florística é definida pelo número e pela distribuição dos indivíduos que a compõem, volume expresso pela cobertura e produção de fitomassa.

O número de indivíduos, quando expresso por unidade de área, constitui a densidade. A densidade pode ser total, quando todos os indivíduos são considerados em

conjunto; específica, quando avaliada cada espécie botânica; e relativa, expressando a densidade específica em porcentagem da densidade total. As medidas da densidade são utilizadas no acompanhamento da reocupação das pastagens por plantas perenes colonizadoras ou espontâneas; na determinação do volume da madeira; na ecologia de plantas anuais, quando seu número não é exageradamente elevado; e no cálculo da cobertura do solo pela vegetação. As mais sérias limitações ao uso da densidade estão na dificuldade de identificação do indivíduo a ser contado, principalmente nas espécies que se multiplicam vegetativamente, e em não levar em conta o tamanho de cada indivíduo.

A frequência é a característica quantitativa utilizada na avaliação da distribuição ou dispersão das espécies botânicas na área da comunidade vegetal. Ela mede o grau de uniformidade com que os membros de uma espécie vegetal estão distribuídos na área da comunidade. Sendo a frequência uma medida da probabilidade de se encontrar uma espécie vegetal na área, esta se torna função do tamanho da parcela amostral e da dispersão natural dos indivíduos. Por outro lado, a frequência constitui o único parâmetro fitossociológico afetado diretamente pelas dimensões da parcela. Nos demais, a determinação do tamanho adequado é mais um compromisso entre a precisão desejada, o número de amostras a ser colhido e os custos envolvidos. Portanto, como duas espécies dificilmente terão a mesma probabilidade de ocorrência, parcelas muito grandes podem resultar em um elevado número de espécies com frequências iguais a 100%, não permitindo, portanto, sua correta avaliação. Outrossim, parcelas muito pequenas podem não registrar a ocorrência de um número elevado de espécies pouco frequentes. Assume-se, pois, para solução do problema, um compromisso no que tange à dimensão da parcela, permitindo-se que um número de espécies, o mais reduzido possível, possa ter valor de frequência máxima (100%); ganhando-se, com isso, a avaliação de um maior número de componentes da vegetação. A determinação da frequência é rápida, objetiva e não destrutiva, e seus resultados podem expressar com segurança o grau de adaptação dos componentes florísticos às condições ambientais e ao manejo. No caso de vegetação anual, a frequência parece ser o parâmetro mais apropriado para o monitoramento de suas respostas ao manejo da pastagem.

O volume ocupado pela vegetação, indicativo do tamanho dos indivíduos, é expresso pela quantidade de solo coberto ou sombreado. Esse parâmetro, chamado de cobertura, é a medida da dominância entre outros componentes da comunidade. Entende-se,

portanto, como dominantes, aquelas espécies cuja remoção resulta em desequilíbrio na composição da vegetação, desencadeando o processo de sucessão secundária e reajuste do ecossistema. Os dominantes são os indivíduos de maior desenvolvimento e que controlam diversos fatores ambientais, principalmente a luz, por meio de um percentual de sombreamento mais elevado. Esse parâmetro pode ser expresso pela cobertura basal, cobertura da copa e cobertura da folhagem. No âmbito do manejo de pastagem nativa, a cobertura basal e a cobertura da copa são as mais utilizadas. Enquanto a primeira pode caracterizar as respostas de gramíneas perenes aos efeitos do pastoreio, a segunda é usada no monitoramento da invasão de pastagens herbáceas por espécies lenhosas e para determinação da intensidade adequada de manipulação da vegetação lenhosa para incremento da produção de forragem pelo estrato herbáceo. A área basal de gramíneas cespitosas pode ser obtida pela medição do perímetro das touceiras ao nível do solo.

A produção de fitomassa, indicada pelo peso da parte aérea das plantas, é um dos aspectos mais importantes das forrageiras, e constitui a melhor medida de crescimento. Expressa também o vigor da vegetação, a adequação das condições climáticas e é altamente correlacionada com a cobertura da copa. Para uma melhor interpretação ecológica, a produção de fitomassa deve ser compartimentada em dois componentes básicos, isto é, fitomassa em pé e restolho ou serrapilheira.

A fitomassa em pé, na qual se inclui a maior parte do que constitui a forragem, é subdividida em herbácea e lenhosa. A fitomassa da vegetação herbácea pode ser dividida em grupos de espécies, gramíneas, leguminosas e outras dicotiledôneas. Um maior detalhamento seria expressar a fitomassa em pé para cada espécie botânica, resultando, assim, na determinação da composição florística. A produção de forragem da vegetação lenhosa inclui folhas e ponteiros das espécies arbustivas e arbóreas até uma altura máxima de 1,6 m, dependendo da espécie animal que irá utilizar a pastagem. A fitomassa lenhosa também pode ser medida ao nível das espécies botânicas e expressa a composição florística daquele estrato da vegetação.

A serrapilheira, que em algumas épocas do ano é componente importante da forragem disponível, consiste em folhas de árvores e arbustos e talos e folhas de espécies herbáceas, soltas no solo, produzidas no ano em curso e facilmente identificáveis. Nas condições climáticas da caatinga, a degradação do restolho é rápida. A acumulação se dá nos primeiros meses da estação seca, observando-se perdas substanciais ao longo do período e desa-

parecimento quase total ao meio da estação úmida. Para muitas áreas de pastagem nativa a serrapilheira constitui o componente básico de proteção do solo e mantenedor de matéria orgânica e fertilidade. Por fim, pode-se considerar a composição florística (listagem das espécies), a densidade, a frequência, a cobertura, a cobertura basal e a produção de fitomassa como os parâmetros mais usados na análise da vegetação de uma área.

AMOSTRAGEM

É uma técnica de pesquisa na qual um sistema preestabelecido de amostras é considerado idôneo para representar o universo pesquisado, ou uma população, com margem de erro aceitável. Os métodos de amostragem podem ser classificados como aleatórios e não aleatórios. Na amostragem aleatória cada unidade amostral tem igual chance de ser selecionada. Na não aleatória, as unidades amostrais são selecionadas de acordo com critérios preestabelecidos. Uma vantagem da amostragem aleatória é que o erro, ou seja, a diferença entre o valor da amostra e o da população, pode ser calculado.

População é um conjunto cujos membros são do mesmo tipo ou natureza. Já a amostra é uma porção representativa da população, a partir da qual se inferem os valores da população ou universo amostral. Unidade amostral, por sua vez, é cada um dos componentes da amostra, constituindo-se de um objeto ou agregado de objetos perfeitamente distinguíveis.

Em se tratando de pastagem nativa, podem ser distinguidos dois universos: o *universo discreto*, no qual as unidades amostrais são naturais, distintas, reconhecíveis, de número finito, sendo necessário definir-se apenas o número e o método de seleção; e o *universo contínuo*, no qual as unidades amostrais são agregadas arbitrariamente delimitadas, teoricamente de número infinito, definindo-se tamanho, forma, número e método de seleção. No primeiro caso, a variância é afetada somente pelo número de unidades amostrais e, no segundo, pelo tamanho e forma do quadro e pelo número de unidades amostrais. Ao se trabalhar com o estrato arbóreo, tem-se um universo discreto, porém, no caso do estrato herbáceo, tem-se um universo contínuo.

Considerando a forma da unidade amostral, são utilizados o ponto, a linha e o polígono. O ponto não é uma parcela, pois não tem dimensão nem forma. As técnicas que utilizam o

ponto são usadas na avaliação da densidade, frequência e cobertura, destacando-se o método dos quadrantes (*point-quarter technique*) e o da armação de pinos. O primeiro é usado para o estrato arbóreo-arbustivo, e o segundo para o estrato herbáceo. Na aplicação do método dos quadrantes para a determinação da densidade, podem ser adotados os passos a seguir:

1. Localizar o ponto amostral (A).
2. Tendo o ponto amostral como o centro de uma circunferência, marcar quatro quadrantes com duas varetas cruzadas perpendicularmente.
3. Medir, em cada quadrante, a distância da árvore mais próxima ao centro. No exemplo da figura 46, tomar as distâncias das árvores “e”, no quadrante 1; “h”, no quadrante 2; “g”, no quadrante 3; e “b”, no quadrante 4.

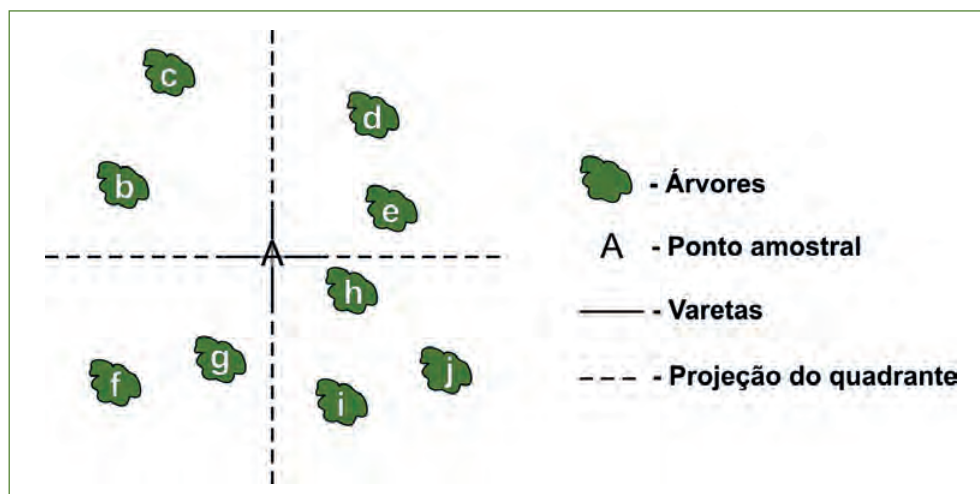


Figura 46. Método dos quadrantes.

Fonte: Elaboração própria (2010).

4. Quanto maior o número de pontos amostrados, maior a precisão da amostragem. A média das distâncias elevada ao quadrado $(Dist/n)^2$, em que n é o número total de plantas cujas distâncias foram medidas, dará a área ocupada por cada planta.
5. Em seguida, divide-se a área de 1 hectare (10.000 m^2) pela distância média ao quadrado por planta e tem-se a densidade total (Dt).

$$Dt = \frac{10.000}{\sum \left(\frac{Dist}{n} \right)^2}$$

6. Divide-se, então, o número de plantas de cada espécie pelo número total de plantas amostradas e tem-se a densidade relativa (Dr).
7. O produto da densidade relativa de cada espécie pela densidade total resulta na densidade específica (De):

$$De = Dr \cdot Dt$$

Segue abaixo um exemplo da aplicação do método dos quadrantes. Foi feita uma amostragem de cinco pontos que resultou em 20 medidas (5 pontos amostrais x 4 quadrantes por ponto). A Tabela 20 apresenta os dados de campo. Observação: o número de plantas amostradas é igual ao número de medidas anotadas.

Tabela 20. Método dos quadrantes: espécies arbóreas, distâncias e número de plantas amostradas

Espécies amostradas	Distâncias (m)	Número de plantas
Catingueira	0,7; 1,2; 3,6; 2,0; 1,8; 2,4; 3,0; 4,5	8
Aroeira	3,0; 5,0; 3,5; 4,5	4
Jucá	4,0; 6,0; 5,0	3
Pereiro	3,4; 4,2; 2,9; 1,9; 3,0	5

Cálculo da Densidade total (Dt):

$$\sum Dist = 0,7 + 1,2 + 3,6 + 2,0 + 1,8 + \dots + 3,0 = 65,6 \therefore \sum \frac{Dist}{n} = \frac{65,6}{20} = 3,28 m$$

$$\text{Assim: } Dt = \frac{10.000}{3,28^2} = \frac{10.000}{10,76} = 929 \text{ plantas/ha}$$

Cálculo da densidade relativa (Dr):

Tabela 21. Densidade relativa (Dr) e densidade específica (De) das espécies amostradas

Espécies amostradas	De (%)	Dr
Catingueira	$(8/20) \times 100 = 40$	$929 \times 0,40 = 372$
Aroeira	$(4/20) \times 100 = 20$	$929 \times 0,20 = 186$
Jucá	$(3/20) \times 100 = 15$	$929 \times 0,15 = 139$
Pereiro	$(5/20) \times 100 = 25$	$929 \times 0,25 = 232$

A frequência pode ser obtida dividindo-se o número de unidades amostrais em que a espécie foi detectada (ocorrência) pelo número total de unidades amostrais e expressando o resultado em porcentagem.

$$F(\%) = \frac{\text{ocorrência}}{\text{Total}_{\text{pontos}}} \cdot 100$$

Observa-se, abaixo, um exemplo da aplicação do método da armação de pinos. Foram coletadas em uma comunidade vegetal 80 unidades amostrais (quadros de 0,25 x 1,00 m), esta é a dimensão mais adequada, conforme será descrito mais adiante, obtendo-se os seguintes resultados (Tabela 22):

Tabela 22. Cálculo da frequência de quatro espécies arbóreas

Espécies amostradas	Ocorrência	Frequência (%)
Catingueira	60	$(60/80) \times 100 = 75,0$
Aroeira	30	$(30/80) \times 100 = 37,5$
Jucá	20	$(20/80) \times 100 = 25,0$
Pereiro	40	$(40/80) \times 100 = 50,0$

Observação: a soma das frequências obtidas não igualará necessariamente a 100%.

O transecto de interceptação linear constitui a técnica que usa a linha e mede a cobertura do solo pela vegetação arbórea e arbustiva (Figura 47). O método consiste na tomada de medidas lineares horizontais das interceptações das copas das plantas, verificadas ao longo do curso de uma linha, cujo objetivo é determinar a cobertura de copa

e a composição florística com base na cobertura. O método é mais adequado para uso onde os limites do crescimento vegetal são bem definidos, podendo ser adaptado para amostragem em tipos de vegetação de densidades variáveis.

O comprimento do transecto é uma decisão de campo e fundamenta-se na densidade e na homogeneidade de vegetação, ou seja, quanto mais densa a vegetação, menor deverá ser o comprimento do transecto.

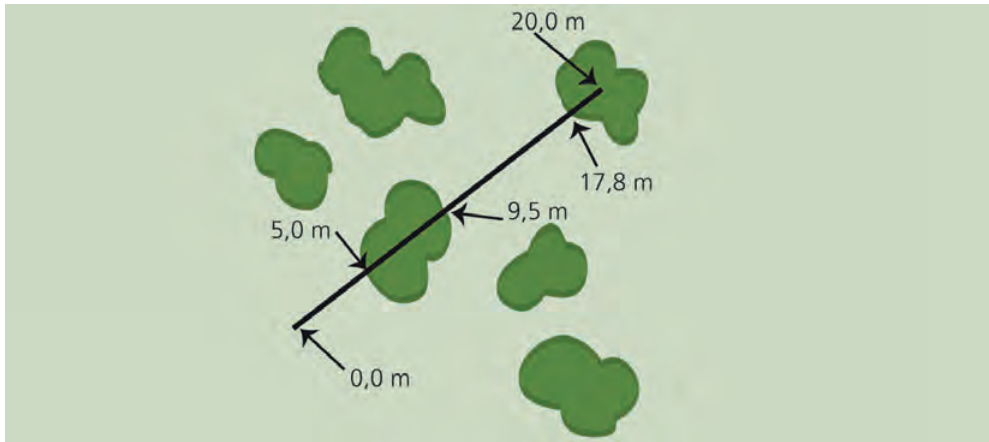


Figura 47. Transecto de interceptação linear.

Fonte: Elaboração própria (2011).

A cobertura específica (C_e) é determinada pela fórmula:

$$C_e(\%) = \frac{\frac{Int}{esp}}{Lt} \cdot 100$$

em que:

C_e = cobertura específica em percentagem;

Int/esp = interceptação média por espécie;

Lt = comprimento do transecto.

Segue um exemplo. Foram tomados cinco transectos com 20 m de comprimento cada. As interceptações estão expostas na Tabela 23.

Observação: para o jucá foram utilizadas as intercepções da Figura 47 ($9,5 - 5,0 = 4,5$ e $20,0 - 17,8 = 2,2$).

Para a catingueira a cobertura seria:

$$\text{Média das intercepções: } \frac{25,2}{6} = 4,2$$

$$\text{Cobertura: } \left(\frac{4,2}{20} \right) \cdot 100 = 21,0\%$$

A mesma sequência de cálculos seria feita para as demais espécies, usando os dados da Tabela 23.

Tabela 23. Cálculo da cobertura arbórea, específica e total

Espécies amostradas	Intercepções (m)	Cobertura (%)
Catingueira	$3,6 + 5,4 + 2,3 + 5,6 + 3,8 + 4,5 = 25,2$	21,0
Aroeira	$6,8 + 5,9 + 3,8 = 16,5$	27,5
Jucá	$4,5 + 2,2 = 6,7$	16,7
Pereiro	$5,4 + 6,1 + 4,9 + 7,8 = 24,2$	30,2
Cobertura total	-	95,4

As formas poligonais vêm sendo utilizadas desde 1848. Inicialmente eram predominantemente quadradas. Presentemente são usadas formas circulares e retangulares. As últimas parecem fornecer maior precisão e eficiência. Em condições do estrato herbáceo de uma caatinga raleada, os retângulos oferecem maior eficiência que os quadrados, considerando a mesma área amostral. Araújo Filho et al. (1986) mostraram que a forma retangular, com dimensões de 0,25 m x 1,00 m ($A = 0,25 \text{ m}^2$) foi a melhor forma, com índice de eficiência de 2,9, quando comparada à forma quadrada de 0,50 x 0,50 m, cujo índice foi 1,0.

No que se refere ao número de unidades amostrais, com exceção das medidas de frequência, ou quando são utilizados métodos de avaliação ocular, há fórmulas que permitem defini-lo em função da precisão desejada. Para determinações da frequência, a quantidade deve ser elevada (acima de 50), a fim de se obter o menor intervalo possível entre os percentuais da frequência e diluir o erro inerente ao processo de avaliação. Nos demais casos, a fórmula, que foi derivada da utilizada no cálculo do teste de t, é a seguinte:

$$N = \frac{t^2 s^2}{L^2}$$

em que:

N = número de unidades amostrais;

t^2 = valor do t elevado ao quadrado com teste bicaudal a 5% de significância e o número de grau de liberdade;

s^2 = variância determinada por uma amostragem prévia;

L = intervalo de confiança desejado, expresso como percentagem da média da amostragem prévia. O valor de L é calculado a partir da variação que se deseja detectar.

Todavia, para aplicação da fórmula, é necessária a coleta de cerca de 20 unidades amostrais para se obter estimativas da média e da variância.

Segue um exemplo. Considerando que em uma amostragem prévia de 20 unidades amostrais, para determinar a produção de fitomassa de uma pastagem, foram obtidos os seguintes resultados:

Média = 1.250 kg/ha

Variância = 62.500

$t = 2,093$ (valor de tabela de t-student com $P < 0,05$, teste bicaudal)

$L = 10\%$ da média = $1.250 \cdot 0,10 = 125$

$$N = \frac{(2,093)^2 \cdot 62.500}{(125)^2} \cong 17,5$$

Portanto, seriam necessárias 17 unidades amostrais, ou seja, três unidades a menos que o da amostragem prévia.

As técnicas de seleção de amostras podem ser divididas em dois grupos: não aleatórias e aleatórias.

No primeiro grupo estão a amostragem sistemática e a orientada ou preferencial.

A amostragem sistemática consiste na alocação das unidades amostrais com distâncias constantes entre elas de acordo com um padrão preestabelecido. Suas principais vantagens é que ela permite uma distribuição das unidades amostrais uniformemente na área; é de aplicação rápida e fácil; pode ser, em muitas situações, mais eficiente que a amostragem aleatória; e, quando combinada com métodos apropriados de casualização, pode ser tratada como uma amostragem aleatória - passível, portanto, de tratamento estatístico.

A amostragem orientada ou preferencial é muito usada em monitoramento de grandes áreas de pastagens ou vegetação nativa. Nesse método, as áreas são selecionadas de acordo com um critério definido de antemão ou como representativas de áreas maiores, por exemplo, uma pastagem, um lote florestal, etc. A coleta da amostra, dentro da área selecionada, pode ser obtida com métodos aleatórios e tratadas estatisticamente.

A amostragem aleatória é uma tentativa de se obter amostras estatisticamente não tendenciosas. Fundamenta-se em duas premissas:

1. a população a ser mensurada tem seus parâmetros fixos no tempo da amostragem e,
2. as amostras selecionadas ao acaso são representativas da população.

Os dois modelos mais comuns de amostragem aleatória são a casualização simples e a estratificada.

A técnica da casualização simples é a base de todos os outros métodos de seleção casualizada de amostras. Para a validade do método, dois critérios devem ser rigorosamente seguidos: 1) cada unidade amostral tem a mesma chance de ser escolhida; 2) a seleção de uma unidade amostral não influencia a escolha de nenhuma das outras. Suas principais vantagens são a facilidade de implementação e o tratamento estatístico feito por fórmulas bem conhecidas: média, variância, coeficiente de variação, erro padrão da média e intervalo de confiança. Suas desvantagens mais importantes são o custo financeiro, o tempo consumido e a possibilidade de uma distribuição das unidades amostrais, fortemente concentrada em partes da área amostral.

A amostragem estratificada consiste na divisão da área amostral em parcelas de acordo com características locais (solos, por exemplo), a fim de se obterem áreas uniformes. O propósito da estratificação é evitar o confundimento estatístico, ou seja, quando mais de um fator pode afetar a variável que se quer medir.

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FITOMASSA EM PASTAGEM NATIVA

Para a avaliação da produção de fitomassa em área de pastagem nativa, devem-se considerar três compartimentos: estrato herbáceo, estrato lenhoso (árvores e arbustos) e serrapilheira (restolho). Para a alocação das unidades amostrais no terreno, segundo a amostragem aleatória, pode-se adotar a técnica do transecto em zigue-zague ou a das coordenadas.

Para o primeiro caso, sorteiam-se antes de ir para o campo as distâncias entre as amostras. Tomando o ponto médio em uma das cercas perimetrais, sorteia-se a direção e, com uma trena ou com passadas uniformes em linha reta, localiza-se o primeiro ponto sorteado. Apoiando-se o quadro no bico do sapato, tomba-se o quadro na mesma direção do caminhar. O quadro (Figura 48) deve ser, preferencialmente, um retângulo medindo 0,25 m de largura por 1,00 m de comprimento, feito de ferro chato (ARAÚJO FILHO et al., 1986).



Figura 48. Modelo de quadro de ferro chato.

Foto: Arquivo PDHC

Faz-se, em seguida, a estimativa da cobertura do solo pela vegetação herbácea, elabora-se a lista das espécies presentes, corta-se e coloca-se em sacos, pesando-se separadamente as gramíneas, as leguminosas, outras ervas e a serrapilheira. Usando a mesma alocação, colocam-se duas varetas cruzadas e aplica-se o método dos quadrantes, conforme descrito acima para obtenção da densidade, frequência e cobertura das espécies arbóreas e arbustivas. Em seguida, coleta-se e pesa-se todo o material foliar situado até a altura de 1,60 m da espécie lenhosa medida em cada quadrante. Coletam-se ao fim do trabalho amostras de gramíneas, de leguminosas, de outras ervas e de folhas das diferentes espécies de lenhosas amostradas, para determinações laboratoriais de matéria seca, proteína, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), resíduo mineral e digestibilidade. A produção de fitomassa dos componentes do estrato herbáceo em kg/ha é obtida multiplicando-se o peso médio da matéria seca das amostras, em gramas, por 40. Já a produção das espécies lenhosas é obtida multiplicando o peso médio da matéria seca da amostra da folhagem de cada espécie amostrada pela sua densidade.

UTILIZAÇÃO DA FORRAGEM NA PASTAGEM NATIVA

A utilização da fitomassa do estrato herbáceo de uma pastagem é definida como o percentual da produção anual da forragem removida estacionalmente ou anualmente pelos animais. Sua mensuração é indispensável ao manejo racional da pastagem nativa, pois propicia condições de ajuste adequado da carga animal, evitando problemas de superpastejo e de subpastejo. Salienta-se que a utilização da forragem em pastagem nativa deve situar-se em torno de 60%. Diversos métodos têm sido empregados na avaliação da utilização. A medida, na maioria dos métodos, é geralmente obtida em qualquer época do período de pastejo, propiciando meios de se avaliar a adequação da carga animal e outras práticas de manejo. Além do mais, a complexidade da avaliação aumenta quando feita durante a estação de crescimento. As técnicas presentemente empregadas podem ser agrupadas em duas categorias: as de medida direta e as de medida indireta.

No primeiro grupo estão incluídos métodos baseados nas diferenças de peso da forragem disponível antes e depois do uso. Destacam-se os métodos do “antes e do depois” e o das gaiolas de utilização. Ambas as técnicas produzem melhores resultados quando a utilização é avaliada durante ou ao fim da estação de dormência. A elevada frequência

de corte praticada ao se mensurar a utilização durante a estação de crescimento, devido à ocorrência das rebrotas das forrageiras, pode tornar ambos os métodos impraticáveis. Em outras palavras, a única maneira de se tirar o efeito da rebrota é estabelecendo períodos de amostragem curtos entre as duas medidas. Por outro lado, em áreas de baixa produção de forragem, é necessária uma elevação substancial da carga animal, a fim de que as diferenças de disponibilidade possam ser detectadas com um número de unidades amostrais razoável. O cálculo da percentagem de utilização é dado pela fórmula:

$$Utilização(\%) = \frac{A - D}{A} \cdot 100, \text{ onde:}$$

A = disponibilidade de forragem antes de os animais entrarem;

D = disponibilidade de forragem depois de os animais saírem.

Segue um exemplo. Uma pastagem apresentava 2.500 kg/ha de forragem disponível. Após 180 dias, o rebanho foi retirado, e foi constatada a disponibilidade de 1.000 kg/ha. Determinar a utilização da forragem no período.

$$Utilização(\%) = \frac{2.500 - 1.000}{2.500} \cdot 100 = 60\%$$

As técnicas de medidas indiretas baseiam-se na correlação entre algumas características das plantas e a quantidade de forragem removida pelo animal. Os métodos mais comumente usados são a redução da altura das plantas e a contagem de touceiras toçadas. São métodos não destrutivos aplicados em qualquer época de pastejo e precisos, na medida em que permitem diluir o erro com elevada quantidade de unidades amostrais, possível de ser obtido com dispêndio mínimo de tempo e de mão de obra.

O método que relaciona altura x peso foi aperfeiçoado pelo desenvolvimento do método das guias fotográficas. A técnica tenta corrigir as variações de altura das plantas, oriundas dos efeitos do ano, do sítio ecológico e do pastejo sobre o crescimento. O método baseia-se no princípio das espécies-chave e das áreas-chave, que assume que, quando as espécies forrageiras mais importantes estiverem adequadamente utilizadas, a pastagem estará adequadamente usada. Tecnicamente, prepara-se uma cartela com seis

fotografias de plantas representativas da espécie sob seis classes de uso, isto é: 0, 10, 30, 50, 70 e 90%. De posse da cartela, vai-se à pastagem e, tomando um percurso de passos em zigue-zague, anota-se a classe de uso de uma quantidade adequada de plantas sorteadas ao acaso. Quanto mais elevado o número, mais preciso o resultado. Em seguida, a utilização da pastagem é estimada por uma média ponderal entre as classes de uso e o percentual de plantas amostradas em cada classe. O método foi adaptado para o capim buffel. Dada a sua facilidade, rapidez e precisão, a técnica pode ser adaptada para a maioria das gramíneas atualmente usadas no melhoramento e na formação das pastagens.

A aplicação da utilização para ajuste de carga animal em uma pastagem pode ser ilustrada com um exemplo. Suponhamos que 200 bovinos tenham sido admitidos na pastagem no início de julho, onde deverão ficar por 180 dias, ou até o fim do ano. O percentual de uso adequado para uso sustentável da pastagem deve ser de 50%. Ao fim de 90 dias foi feita uma avaliação e a utilização foi estimada em 35%. Pergunta-se: Quantos dias de pastejo restariam para a carga animal atual? Quantos animais devem ser mantidos na pastagem até o final do período planejado (31 de dezembro)?

Considerando-se que ainda faltam 15% ($50 - 35 = 15$) de uso para que se atinja a utilização planejada, usa-se regra de três simples.

$$\begin{array}{l} \text{Se } 35\% \text{ _____ } 90 \text{ dias} \\ 15\% \text{ _____ } X \text{ dias} \end{array}$$

Portanto, $X = 39$ dias, ou seja, com a presente carga animal, ainda restam 39 dias de pastejo. Para o ajuste da carga, a fim de que o rebanho possa permanecer na pastagem por todo o período programado, usa-se uma regra de três composta:

$$\begin{array}{l} \text{Se } 35\% \text{ _____ } 200 \text{ animais _____ } 90 \text{ dias} \\ 15\% \text{ _____ } X \text{ animais _____ } 90 \text{ dias} \end{array}$$

$$X = \frac{15 \cdot 200 \cdot 90}{35 \cdot 90} \rightarrow X = 86 \text{ animais}$$

Portanto, somente 86 animais deverão permanecer na pastagem pelos restantes 90 dias, para que a utilização da forragem alcance o percentual planejado.

CAPACIDADE DE SUPORTE

Um dos princípios da sustentabilidade de uma pastagem nativa diz respeito ao número adequado de animais que deve utilizá-la. Esse número, além de garantir o bem-estar contínuo dos recursos naturais renováveis da pastagem – solo, água, vegetação e fauna –, proporcionará a produção ótima de bens e serviços por tempo indeterminado.

Antes de prosseguir, alguns termos técnicos devem ser definidos:

1. *Carga animal* ou *taxa de lotação* são definidas como simplesmente o número de animais na pastagem.
2. *Pressão de pastejo* refere-se à forragem disponível por kg de peso vivo animal na pastagem (exemplo: kg matéria seca/100 kg de peso vivo animal).
3. *Capacidade de suporte* é o número máximo de animais que a pastagem pode manter por um determinado período de tempo, sem se degradar; a taxa de lotação no ótimo da pressão de pastejo.
4. *Capacidade de pastejo* é o número máximo de animais que a pastagem pode manter por tempo indeterminado. Recomenda-se ser igual a 90% da média plurianual da capacidade de suporte.

Os parâmetros acima descritos podem ser apresentados como UA/ha (unidade animal por hectare), ha/UA (hectare por unidade animal), cab/ha (cabeça por hectare), ha/cab (hectare por cabeça), ani/ha (animal por hectare) e ha/ani (hectare por animal).

A Figura 49 expressa a relação que existe entre carga animal, ganho de peso animal em quilograma e produção animal na pastagem em quilogramas por hectare. Assim, com uma baixa carga animal (taxa de lotação mínima), o ganho por animal é máximo, limitado apenas pelo valor nutritivo da forragem e pelo patrimônio genético do animal. Todavia, a pastagem está em condição de subpastejo e o ganho de peso por área é mínimo. Por outro lado, à medida que a taxa de lotação aumenta, o ganho de peso animal diminui e a produção animal na pastagem aumenta, até atingir o valor máximo, coincidindo com a taxa de lotação ótima ou capacidade de suporte.

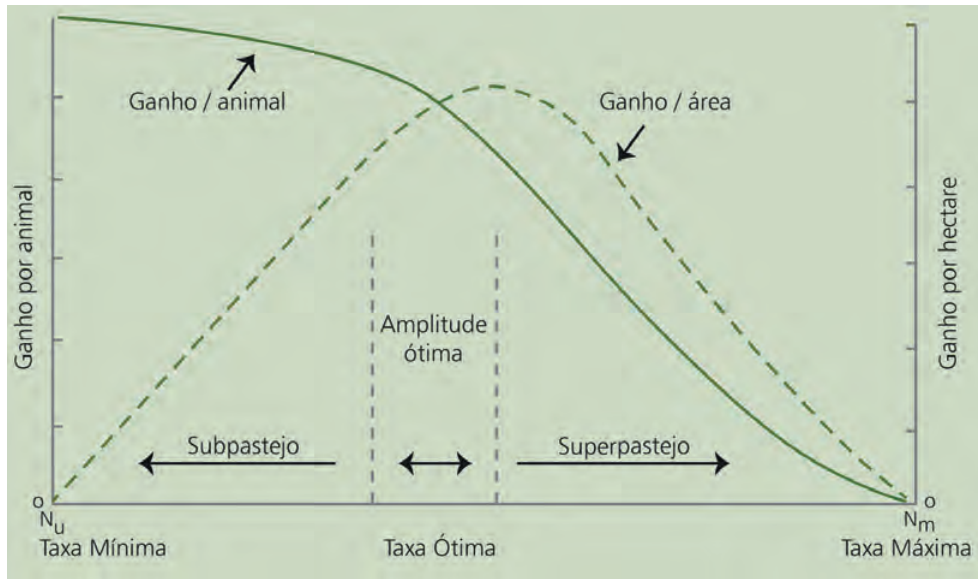


Figura 49. Relação entre carga animal e produção da pastagem.

Fonte: Adaptado de MOTT (1960).

A partir de então, se a carga animal continuar crescendo, o ganho de peso animal e a produção animal passam a cair, e a pastagem estará em condição de sobrepastejo.

A equivalência entre as diferentes espécies de ruminantes domésticos pode ser obtida pela comparação de seus pesos metabólicos (P.M.). Vale salientar que essa equivalência se refere tão somente ao consumo de forragem (kg), sem levar em consideração as diferenças na composição da dieta. Peso metabólico é expresso por:

$$PM = PV^{\frac{3}{4}}$$

em que P.V. é o peso vivo do animal. O cálculo é muito simples. Basta elevar-se o peso vivo ao cubo e extrair duas vezes consecutivas a raiz quadrada. Assim, para se obter a equivalência entre bovinos e ovinos, calcula-se o peso metabólico da unidade animal bovina (a); em seguida, determina-se o peso metabólico com base no peso vivo adulto do ovino (b) e divide-se (a)/(b):

$$PM(UA)_{bov} = 450^{\frac{3}{4}} = 97,70$$

$$P_{movi} = 30^{\frac{3}{4}} = 12,82$$

$$\frac{97,70}{12,82} = 7,6 \approx 8$$

Para o cálculo acima, tomou-se por base o peso médio do ovino adulto da raça Morada Nova no Ceará, que é de cerca de 30 kg, semelhante ao peso adulto dos caprinos sem raça definida (SRD). Pode-se, pois, obter a unidade animal equivalente ovina, multiplicando-se o P.V. médio do ovino pelo número de ovinos que equivale uma unidade animal bovina:

$$UA_{ov} = 30 \cdot 8$$

$$UA_{ov} = 240 \text{ Kg}$$

A interpretação é que 450 kg de P.V. bovino consumiriam aproximadamente a mesma quantidade de forragem que 240 kg de P.V. ovino. O consumo diário de feno, conforme a literatura, é em média de 3,0% para bovinos e 4,5% para ovinos e caprinos, com pequenas variações.

A capacidade de suporte é obtida dividindo-se sempre o consumo pela forragem disponível ou vice-versa. Para se calcular a capacidade de suporte de pastagem nativa, existem duas maneiras: pelo consumo recomendado de 60% ou pelas composições florísticas da vegetação da pastagem ou da dieta. O primeiro modo pode ser aplicado somente no período seco ou em condições de vegetações oligofíticas, o que reduz a seletividade e equipara as composições das dietas das diferentes espécies de ruminantes. Pode-se exemplificar com um problema:

Qual a capacidade de suporte para bovinos de uma pastagem de 750 ha, durante o período seco, onde existe um acumulado de 1.500 kg de feno em pé por hectare? Qual o tamanho do rebanho que essa pastagem suportaria?

Considerando-se o peso da UA de 450 kg e que o período seria de 180 dias, tem-se:

1. Consumo diário por UA:	$450,0 \cdot 0,03 = 13,5 \text{ Kg}$
2. Consumo no período:	$13,5 \cdot 180 = 2.430 \text{ Kg}$
3. Quantidade de forragem disponível:	$1.500 \cdot 0,60 = 900 \text{ Kg}$
4. Capacidade de suporte:	$\frac{2.430}{900} = 2,7 \text{ ha/UA}$
5. Tamanho do rebanho:	$\frac{750}{2,7} = 278 \text{ UAs}$

Para se determinar a capacidade de suporte de uma pastagem nativa com base na composição botânica, é necessário que esta seja conhecida tanto para a pastagem como para a dieta. Embora haja diferenças entre as espécies de ruminantes, a composição botânica da dieta é influenciada pela da vegetação da pastagem, conforme demonstra a Tabela 24.

Tabela 24. Composição média da dieta de bovinos, caprinos e ovinos em pastejo de caatinga dos tipos arbórea ou arbórea-arbustiva e em caatinga raleada ou do tipo savana

Composição botânica da dieta em caatinga nativa (%)			
Espécie animal	Gramínea	Ervas	Lenhosa
Bovinos	12	18	70
Caprinos	3	10	87
Ovinos	9	13	78
Composição botânica da dieta em caatinga raleada (%)			
Espécie animal	Gramínea	Ervas	Lenhosa
Bovinos	75	18	7
Caprinos	18	15	67
Ovinos	34	52	14

Fonte: adaptado de Kirmse (1984), Nascimento (1988), Souza (1991) e Peter (1992).

O problema a seguir servirá de exemplo: há uma caatinga raleada (CR) com a seguinte composição florística: gramíneas 30%, ervas 60% e lenhosas 10%. Determinar a

capacidade de suporte para ovinos com peso vivo médio de 40 kg, considerando um período de 180 dias, uma produção de 1.200 kg/ha de fitomassa da parte aérea. Calcular também quantos ovinos podem ser criados em 300 ha dessa pastagem.

Tabela 25. Cálculo da forragem disponível

Componentes	CR (%)	Dieta (%)	Produção (kg)	Disponibilidade (kg) (CR/100)x(Dieta/100)x(Produção)
Gramíneas	30	34	1.200	122,4
Ervas	60	52	1.200	374,4
Lenhosas	10	14	1.200	16,8
Total				513,6

1. Consumo diário por cabeça (cab):	$40 \cdot 0,045 = 1,8 \text{ Kg}$
2. Consumo no período:	$1,8 \cdot 180 = 324 \text{ Kg}$
3. Quantidade de forragem disponível:	513 Kg
4. Capacidade de suporte:	$\frac{513}{324} = 1,6 \text{ cab/ha}$
5. Tamanho do rebanho:	$300 \cdot 1,6 = 480 \text{ cab}$

A determinação da capacidade de suporte utilizando a composição botânica da dieta e da vegetação da pastagem é a mais adequada para pastagem nativa, dada a complexidade de sua vegetação, e permite que se defina o uso da pastagem por mais de uma espécie de ruminante simultaneamente, isto é, o pastoreio combinado.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J.A. **Carbohydrate storage in roots, underground stems and stem bases of Guinea Grass (*Panicum maximum*, Jacq.) as affected by interval of cutting.** 1968. 68f. Thesis (Master in Range Management)—College of Agriculture, University of Arizona, Tucson, 1968.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. **Desenvolvimento sustentável da caatinga.** Sobral, CE: Embrapa, 1997. 19p.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C.; SILVA, N. L. Fenología y valor nutritivo de follajes de algunas especies forrajeras de la caatinga. **Agroforestería en las Américas**, Turrialba, Costa Rica, v. 9, n. 33-34, p. 33-37, 2002a.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; GADELHA, J.A.; CRISPIM, S.M.A. et al. Pastoreio misto em caatinga manipulada no sertão do Ceará. **Revista Científica da Produção Animal**, v. 4, n. 1-2, p. 9-21, 2002b.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; VALE, L.V.; ARAUJO NETO, R. et al. Dimensões de parcelas para amostragem do estrato herbáceo da caatinga raleada. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 23., 1968, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 1986, p. 268.
- ARRUDA, G.P. **Aspectos etológicos da cochonilha da palma forrageira *Diaspis echinocacti* (Bouch.,1833) (Homoptera, Diaspididae).** 1983. 122f. Dissertação (Mestrado Agronomia)—Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1983.
- BRAGA, R. **História da comissão científica de exploração.** Fortaleza, Ceará: Imprensa Universitária do Ceará, 1962. 405p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semi-árido brasileiro.** Brasília: MI, 2005. 35p.
- CARVALHO, F.C. **Flutuações dos níveis de carboidratos de reserva disponíveis nas raízes e no caule do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.) ao longo de dife-**

rentes estádios fenológicos. 1994. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Escola de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994.

CARVALHO FILHO, O. M. **Sistema integrado leucena, milho e feijão para pequenas propriedades da região semiárida.** Petrolina, PE: Embrapa, 1994. 18p.

CNPC – Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos e Ovinos. **Tecnologias de baixo custo para a recuperação ecológica e econômica de áreas degradadas.** Sobral, 2006.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

DOMINGUES, O. **Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste.** Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, 1963. 76p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário.** Rio de Janeiro, 2010 (Produção pecuária municipal).

JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V.; FONTES, M.P.F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e desenvolvimento sustentável.** Viçosa, MG: SBCS/UFV-DS, 1996. p. 95-111.

KIRMSE, R.D. **Effects of clearcutting on forage production, quality and decomposition in the caatinga woodland of Northeast Brazil:** implications to goat and sheep nutrition. 1984. 150f. Dissertation (PhD in Range Management)–Utah State University, Logan, 1984.

MOTT, G.O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8., 1960, England. **Proceedings...** England, 1960. p. 606-611.

NASCIMENTO, A.E. **Influência da raça na seleção da dieta por caprino e ovino em caatinga nativa e raleada no sertão central cearense.** 1988. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Escola de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

PETER, A.M.B. **Composição botânica e química da dieta de bovinos, caprinos e ovinos em pastejo associativo na caatinga nativa do semi-árido de Pernambuco.** 1992. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1992.

SILVA, F.B.R.; RICHE, G.R.; TONNEAU, J.P. et al. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e agro-socioeconômico. Petrolina, PE: Embrapa, 1993. v.1. 387p.

SOUZA, P.Z. **Flutuações estacionais da dieta de caprinos e ovinos em pastoreio combinado na região dos Inhamuns**. 1991. 98f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALTIERI, M.A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. 2. ed. Boulder, Colorado: Westview Press, 1995. 433p.

ANDRADE-LIMA, D. **Um pouco de ecologia para o nordeste**. Recife: Fundação Guimarães Duque, 1972. 76p. (Coleção Mossoroense, 232).

ANDRADE-LIMA, D. Vegetation of Brazil. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 9., 1966, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, Departamento de Produção Animal, 1966. p. 29-38.

ARAÚJO FILHO, J.A. et al. **Estudo de pastagem nativa do Ceará**. Fortaleza, Ceará: BNB, 1982. 75p.

ARAÚJO FILHO, J.A.; GADELHA, J.A.; LEITE, E.R. et al. Composição botânica e dieta de ovinos e caprinos em pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 3, p. 383-395, 1996.

ARAÚJO FILHO, J.A.; HOLANDA JUNIOR, E.V.; LAIMA DA SILVA, N. et al. Sistema agrossilvipastoril Embrapa Caprinos. In: LIMA, G.F.C.; HOLANDA JUNIOR, E.V.; MACIEL, F.; BARROS, N.N.; AMORIM, M.V.; CONFESSOR JUNIOR, A.A. (Ed.). **Criação familiar de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte**. Natal, RN: Emater-RN; EMPARN, 2006. 426p.

ARAÚJO FILHO, J.A.; LEITE, E.R.; SILVA, N.L. Contribution of woody species to the diet composition of goat and sheep in caatinga vegetation. **Pasturas Tropicales**, v. 20, n. 2, p. 41-45, 1998.

ATELIER INTERNATIONAL SUR LA CULTURE EM COULOIRS DANS LES TROPIQUES HUMIDES ET SUBHUMIDES. 1986, Ibadan, Nigéria. Compte rendu. Ottawa: CRDI, 1990. 271p.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 4. ed. Natal, RN: ESAM, s.d. 540p.

BUCK, L.E.; LAOSSIE, J.P.; FERNANDES, E.C.M. (Ed.). **Agroforestry in sustainable agriculture systems**. Boca Raton, California: Lewis Publishers, 1998. 416p.

CARVALHO, F.C.; ARAÚJO FILHO, J.A.; GARCIA, R. et al. Efeito do corte da parte aérea na sobrevivência do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 930-934, 2001.

COX, G.W. **Laboratory manual of general ecology**. Debuque, Iowa: WCB, 1967. 165p.

DEL AMO, R.S.; RAMOS, P.J. Use and management of secondary vegetation in a humid tropical area. **Agroforestry Systems**, v. 21, p. 27-42, 1993.

DUQUE, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3. ed. Mossoró, RN: Esam, 1980. 316p.

DUQUE, G. **Solo e água no polígono das secas**. 5. ed. Mossoró, RN: Esam, 1980. 273p.

HARDESTY, L.H. **Brush management on semi-arid tropical rangelands: implications for improved caatinga management**. Sobral, CE: Embrapa, 1982. 35p.

HEADY, H.F.; CHILD, R.D. **Rangeland ecology and management**. Boulder, Colorado: Westview Press, 1994. 519p.

LEITE, E.R.; MESQUITA, R.C.M. **Fatores morfológicos que interferem na seleção de forrageiras pelos herbívoros**. Sobral, CE: Embrapa, 1988. 21p.

MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A. da S.; AGUIAR, M. I. et al. Sistemas agroflorestais no trópico semi-árido cearense. In: MENDONÇA, E. de S.; XAVIER, F.A. da S.; LIBARDI, P.L.; ASSIS JÚNIOR, R.N. de; OLIVEIRA, T.S. de (Coord.). **Solo e água: aspectos de uso e manejo com ênfase no semi-árido nordestino**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2004. p. 105-131.

MILLER, A. **Meteorology**. 2. ed. Columbia: Charles E. Merrill Publishing Company, 1971. 154p.

PEREIRA FILHO, J.M.; ARAÚJO FILHO, J.A.; REGO, M.C.; CARVALHO, F.C. Variações plurianuais da composição florística do estrato herbáceo de uma caatinga raleada submetida ao pastejo alternado ovino-caprino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 2, p. 234-239, 1997.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SAMPAIO, Y.; ARAÚJO, T.V.S.B. et al. **Desertificação no Brasil**. Recife: UFPE, 2003. 202p.

SOUSA, F.B.; CARVALHO, F.C.; ARAÚJO FILHO, J.A. **Capim-gramão: uma opção para o Nordeste brasileiro**. Sobral, CE: Embrapa, 1998. 16p.

ZAKIA, M.J.B.; PAREYN, G.F.; BURKART, R.N.; ISAIA, E.M.B.I. **Incremento das matas nativas do Seridó do Rio Grande do Norte**. Natal: Ibama, 1991. 6p.

SOBRE O AUTOR

João Ambrósio possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará (1965), mestrado (1968) e doutorado (1975) em Range Management – University of Arizona e pós-doutorado pela University of Reading, Inglaterra (1996). Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Melhoramento e Manejo de Pastagem Nativa, Manejo de Ecossistemas de Áreas Semiáridas, Agrossilvicultura para Regiões Semiáridas e Recuperação de Áreas Degradadas. Sua produção científica totaliza cerca de 230 publicações.

Recebeu diversos prêmios e comendas, com destaque para Medalha do Mérito Rural Professor Prisco Bezerra, Federação da Agricultura e Pecuária do Ceará (2007), Prêmio Joaquim Feitosa, Ambientalista do Ano, Governo do Estado do Ceará (2004), Mérito Científico, Universidade Federal do Ceará (2003), Honra ao Mérito Pesquisa Recursos Naturais Semiárido, Embrapa Caprinos (1998), Prêmio por Excelência – Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (1996).

Foi professor adjunto da Universidade Federal do Ceará (1970-1984), da Universidade Vale do Acaraú (1994-2011), Pesquisador da Embrapa (1984-2006), Membro do Comitê de Zootecnia e Medicina Veterinária (1990-1992), Membro do Governing Board do Icrisat (International Crop Research Institute for Semiarid Tropics) (Índia, 2001-2003).

SOBRE OS PARCEIROS

PROJETO DOM HELDER CAMARA (PDHC):

É uma ação descentralizada da Secretaria de Desenvolvimento Territorial do Ministério do Desenvolvimento Agrário, cujo objetivo é o combate à pobreza e o apoio ao desenvolvimento rural sustentável no Nordeste Semiárido. É implementado com recursos do Governo Federal, do Fundo Internacional para o Desenvolvimento da Agricultura (FIDA) e do Global Environment Facility (GEF).

O PDHC tem como perspectiva o desenvolvimento humano sustentável integrado nas dimensões social, econômica, política, ambiental, cultural, tecnológica, institucional, tendo as famílias agricultoras de comunidades rurais e assentamentos de reforma agrária como protagonistas desse processo.

A execução deste trabalho rompe paradigmas e estabelece novas referências para uma assessoria técnica permanente, participativa e inovadora, superando o conceito clássico de extensão rural como ação unidirecional de transferência de tecnologia. Para tanto, o Projeto articula sinergias com setores dinâmicos da sociedade civil, do setor privado e das esferas públicas federal, estaduais e municipais.

O Projeto Dom Helder atua diretamente com 15.021 famílias, distribuídas em 360 assentamentos rurais, comunidades de agricultura familiar e tradicionais, 77 municípios e 8 Territórios da Cidadania de 6 estados da Região Nordeste.

PROGRAMA SEMEAR – GESTÃO DO CONHECIMENTO EM ZONAS SEMIÁRIDAS DO NORDESTE BRASILEIRO:

O Semear é um programa do Fundo Internacional para o Desenvolvimento Agrícola (FIDA), implementado pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), com o apoio da Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (AECID). Tem como objetivo contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população rural e para o desenvolvimento sustentável e equitativo do Semiárido nordestino brasileiro, por meio da facilitação do acesso a conhecimentos, inovações e práticas contextualizadas para a convivência com a região.

Para alcançar seus objetivos, o Programa Semear atua no fortalecimento de redes de colaboração e de aprendizagem entre diferentes atores sociais e na disseminação de conhecimentos e experiências que possam ser utilizados e replicados pela população rural, especialmente agricultoras e agricultores. Nesse sentido, articula e promove iniciativas de gestão do conhecimento em três áreas temáticas estratégicas: inovações produtivas e tecnológicas; recursos naturais e adaptação às mudanças climáticas; e negócios rurais.

As atividades desenvolvidas no âmbito do Programa incluem a produção e a publicação de sistematizações de experiências e de estudos temáticos, assim como a realização de intercâmbios, estágios, oficinas, seminários, feiras de saberes e outras atividades formativas e de disseminação. Tem como área de abrangência os estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Piauí, Pernambuco e Sergipe.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGROECOLOGIA (ABA-AGROECOLOGIA):

Sociedade científica que reúne profissionais e estudantes das mais diversas áreas do conhecimento. Os esforços da ABA-Agroecologia têm sido no sentido de apoiar e organizar eventos de socialização de conhecimentos; estimular a participação de profissionais que se dedicam a esse enfoque; manter publicações para a divulgação científica e técnica; dialogar com a sociedade para despertar o interesse por questões de caráter socioambiental; analisar e propor políticas públicas coerentes com os desafios contemporâneos; e defender a proteção da biodiversidade como condição indispensável para o alcance de agroecossistemas sustentáveis.

A ABA-Agroecologia também participa de importantes espaços de debate público, como a Articulação Nacional de Agroecologia (ANA), o Fórum de Agroecologia da Embrapa, o Comitê de Agroecologia do Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural (Condraf), a Comissão Nacional de Sistemas Orgânicos de Produção, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), a Comissão Nacional da Política de Agroecologia e Produção Orgânica (Cnapo), além de ser parceria da Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecologia (Socla).

Para a Associação, a Agroecologia é entendida como um enfoque científico, teórico, prático e metodológico, com base em diversas áreas do conhecimento, que se propõe a estudar processos de desenvolvimento sob uma perspectiva ecológica e sociocultural e, com base em um enfoque sistêmico, apoiar a transição dos modelos convencionais de agricultura e de desenvolvimento rural para estilos de agricultura e de desenvolvimento rural sustentáveis.





VI ENCONTRO ESTADUAL DA ASAAP

Ouro Preto - PE, Outubro de 2008



Agricultura e agricultura familiar: Pensamentos, desafios, caminhos e novas relações sociais no sertão

Este livro reúne importantes informações sobre o manejo pastoril sustentável da caatinga, considerando as peculiaridades da região do Semiárido brasileiro, no que diz respeito aos solos, clima, hidrologia, flora e fauna, bem como as dinâmicas de produção econômica regionais, com seus diferentes sistemas de produção. Apresenta as tecnologias de manejo pastoril da caatinga, os sistemas de produção agroflorestais pecuários e importantes elementos de avaliação e manejo das pastagens nativas. Para tanto, dialoga com diversas áreas do conhecimento, nas quais se destacam a fisiologia vegetal, a ecologia, a edafologia, a meteorologia, a nutrição animal, a economia e a sociologia.

REALIZAÇÃO:



PROJETO
DOM HELDER
CÂMARA



associação brasileira
de agroecologia

APOIO:



FIDA
FUNDO
INTERNACIONAL PARA
O DESENVOLVIMENTO
DA AGRICULTURA



Secretaria de
Desenvolvimento Territorial
Ministério do
Desenvolvimento Agrário



Agência Brasileira do ISBN



9 788564 154049