

Processos de desertificação no Semiárido brasileiro



Capítulo 4

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

Introdução

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

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

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

O conceito de desertificação

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

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

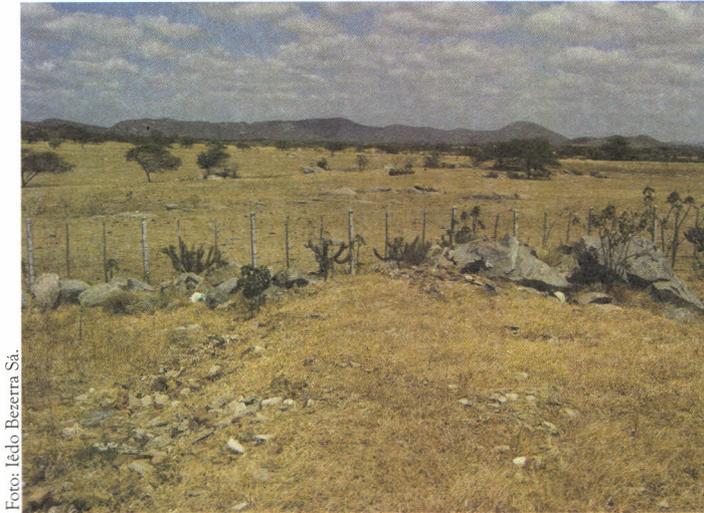


Foto: Iêdo Bezerra Sá.

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

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



Figura 2. Representação esquemática dos efeitos das mudanças climáticas.

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

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

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

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

Atividades produtivas versus desertificação

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

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

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

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

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

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

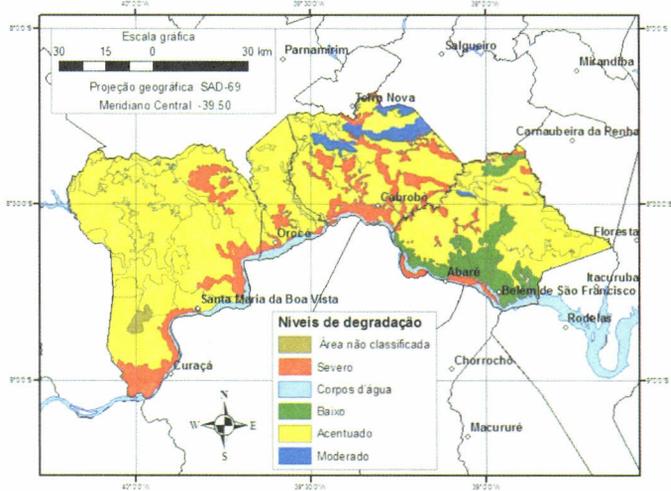


Figura 3. Áreas em processo de desertificação na região de Cabrobó.
Fonte: Sá et al., 2006.

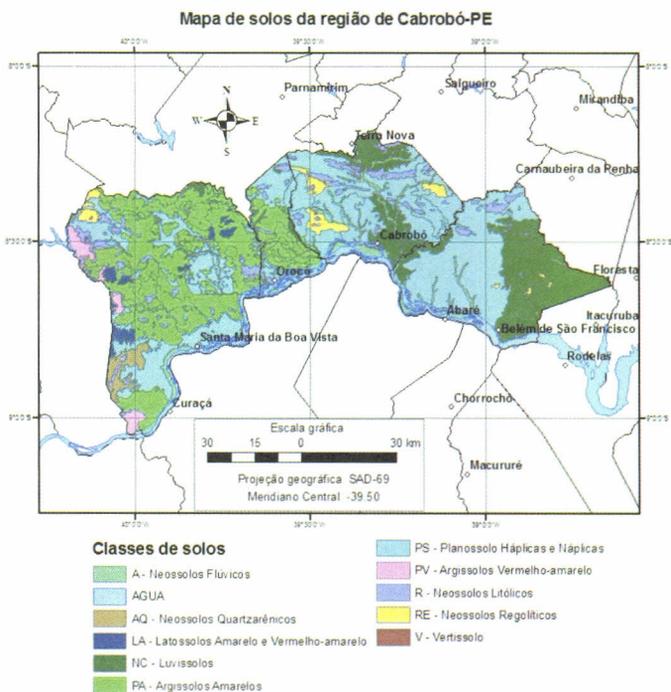


Figura 4. Mapa de solos da região de Cabrobó.
Fonte: Embrapa Solos (2001).

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

**- APTIDÃO FLORESTAL PARA REGIÃO ARARIPE PERNAMBUCANO -
- 2008 -**

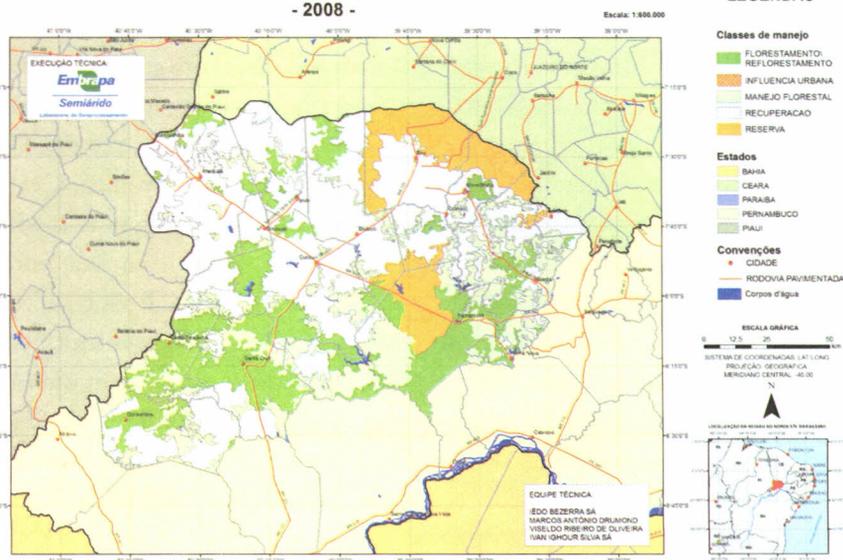


Figura 5. Aptidão florestal da região do Araripe pernambucano.

Fonte: Sá et al. (2009).

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

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

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

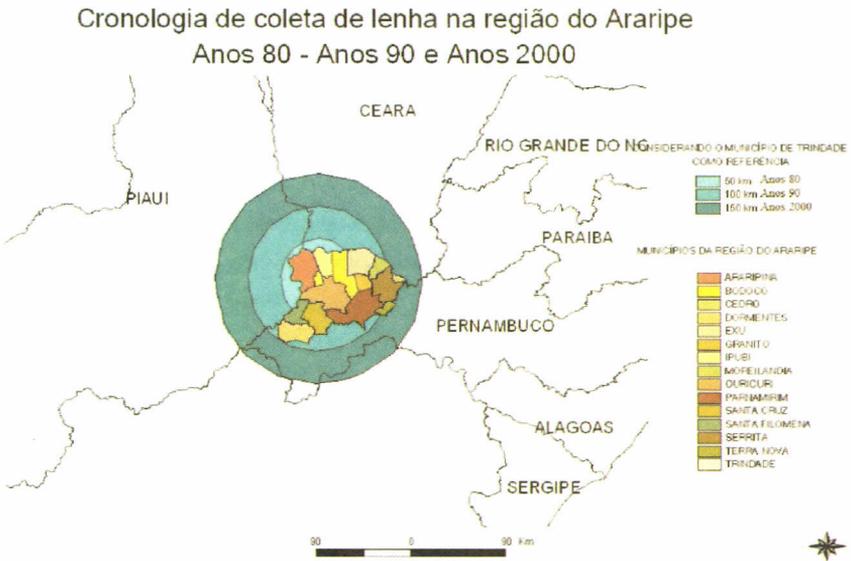


Figura 6. Expansão temporal e espacial da coleta de lenha no entorno do polo gesseiro do Araripe.

Fonte: Laboratório de Geoprocessamento Embrapa Semiárido.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mudança do uso da terra

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fonte : Brasil (2008).

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

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

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

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

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

Produção de biomassa

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

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

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

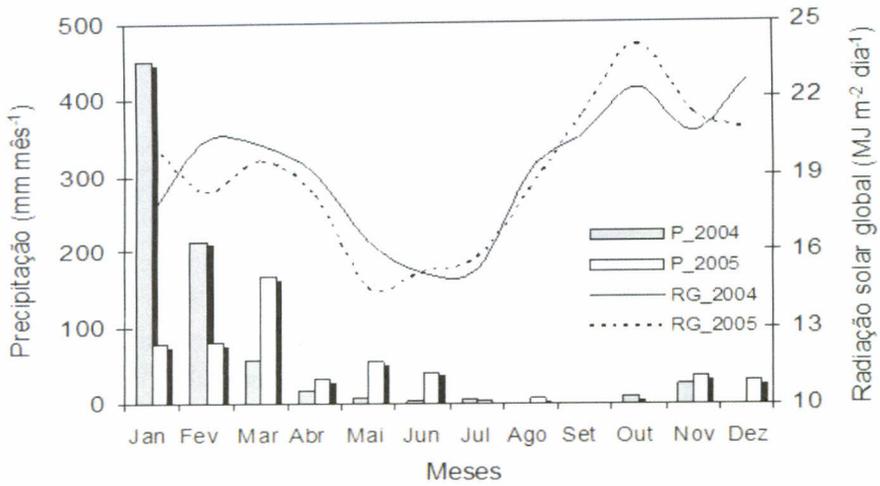


Figura 7. Valores médios diários da radiação solar global incidente (RG) e totais mensais da precipitação (P) nos anos de 2004 e 2005, em Petrolina, PE, Brasil.

Fonte: Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

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

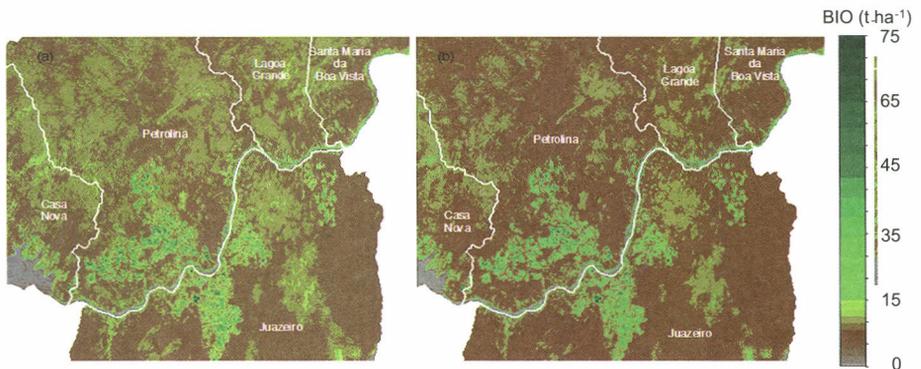


Figura 8. Produção anual de biomassa para 2004 (a) e para 2005 (b) em área do Submédio do Vale do São Francisco, Semiárido do Nordeste brasileiro.

Elaboradas no Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

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

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

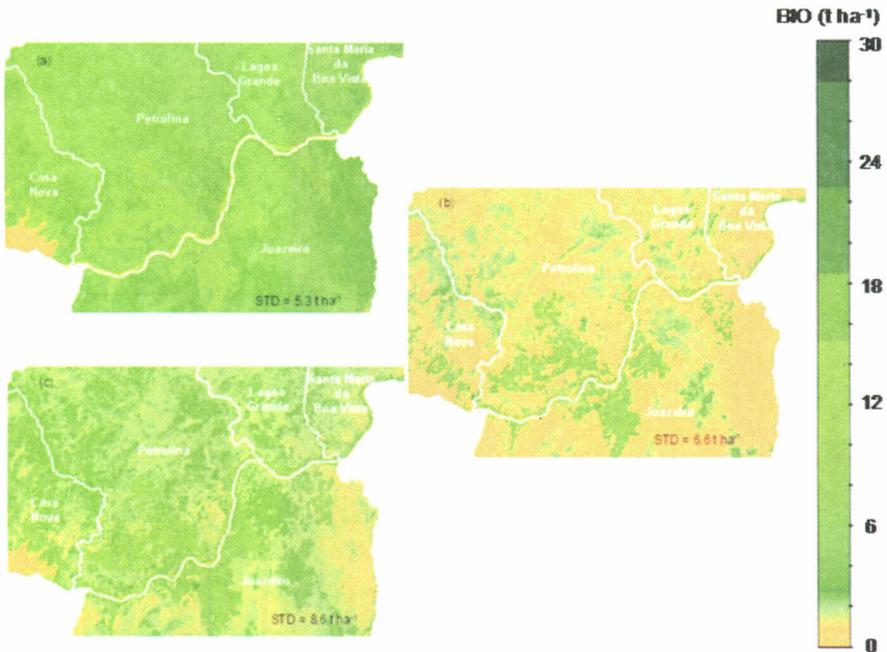


Figura 9. Produção quadrimestral média de biomassa na região semiárida do Nordeste do Brasil, utilizando-se os anos de 2004 e 2005. (a): para o período de janeiro a abril; (b): para o período de maio a agosto, e (c): setembro a dezembro.

Fonte: Elaborado no Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

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

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

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

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

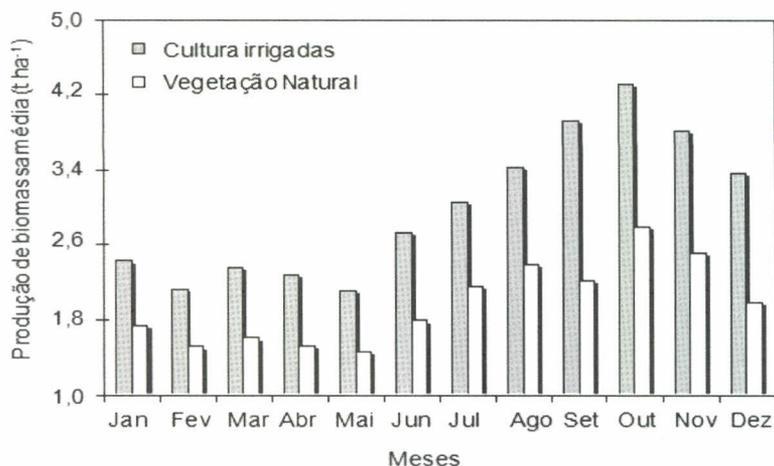


Figura 10. Variação mensal da produção média de biomassa para áreas irrigadas e de vegetação natural em uma área do Submédio do Vale do São Francisco, Semiárido do Nordeste do Brasil.

Fonte: Elaborado no Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

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

Evapotranspiração incremental

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

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

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

Município	A _T (ha)	A _I (ha)	A _{VN} (ha)	ET _I (km ³ .ano ⁻¹)	ET _{VN} (km ³ .ano ⁻¹)
Petrolina-PE	455.854	39.094	416.770	0,23	1,07
Lagoa Grande-PE	185.219	4.363	180.856	0,02	0,54
Santa Maria da Boa Vista-PE	297.780	4.793	292.987	0,03	0,88
Juazeiro-BA	638.962	39.906	599.056	0,18	1,37
Casa Nova-BA	965.751	7.831	965.751	0,04	2,30

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

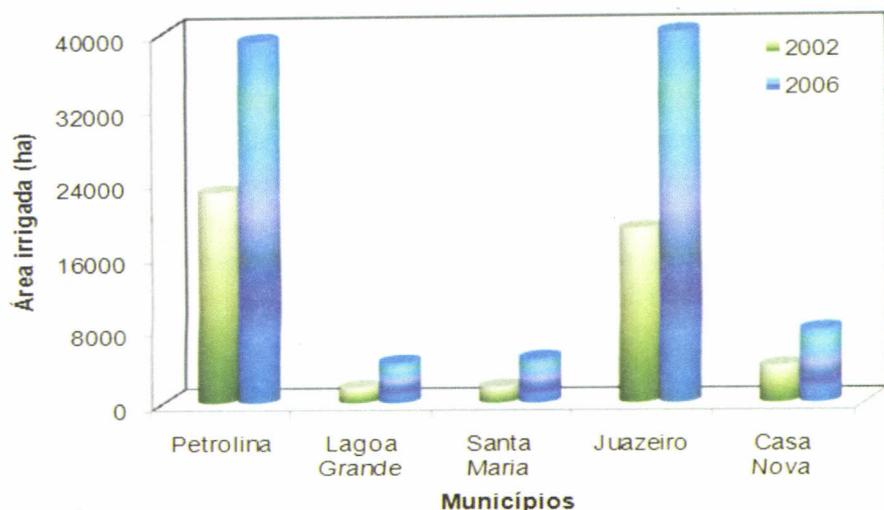


Figura 11. Evolução das áreas irrigadas nos municípios produtores de frutas na região semiárida do Nordeste do Brasil no período de 2002 a 2006.

Fonte: Elaborado no Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido.

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

Suscetibilidade dos solos do Semiárido aos processos de desertificação

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

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

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



Foto: Tony Jarbas F. Cunha

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Foto: Tony Jarbas F. Cunha

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

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

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



Foto: Tony Jarbas F. Cunha.

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

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

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

Desafios para a pesquisa agropecuária da Embrapa Semiárido frente à desertificação

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Referências

- BRASIL. **Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste. Natal, 2008.
- CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 60 p. il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 211). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATSA-2009-09/40027/1/SDC211.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2010
- DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; TAVARES, J. A. ; SÁ, I. B.; MESQUITA FILHO, A. L. de; RIBASKI, J. Efeito do espaçamento sobre o desenvolvimento inicial de híbridos de Eucalyptus na Chapada do Araripe, Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE FLORESTAS ENERGÉTICAS, 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos 178).
- EMBRAPA SOLOS. **Zoneamento Agroecológico: Pernambuco crescendo por inteiro**. Recife: Embrapa Solos - UEP Recife: Governo do Estado de Pernambuco, 2001. 1 CD-ROM.
- FAO. **Land and water development: science and technology for sustainable development: part 2**. Roma, 1996.
- FAO. Data sets indicators and methods to assess land degradation in drylands. **World Soil Resources Reports**, Rome, n. 100, p. 122, 2003. Disponível em: <<http://www>

fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y4609E/Y4609EOO.HTM>.
Acesso em: 5 jan. 2009.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATSA/37099/1/OPB1642.pdf> >
Acesso em: 15. mar. 2009.

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

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

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

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

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

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

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

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

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