

A MODELAGEM DE DADOS TEMÁTICOS GEOESPACIALIZADOS NA IDENTIFICAÇÃO DOS DIFERENTES NÍVEIS DE SUSCEPTIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO

ANA LUCIA COSTA DE OLIVEIRA-GALVÃO¹

CARLOS HIROO SAITO²

¹Centro de Sensoriamento Remoto – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
SAIN - Av. L4 Norte, Ed. Sede do IBAMA
70818-900 - Brasília - DF, Brasil
galvao@csr.ibama.gov.br

²Departamento de Ecologia – Universidade de Brasília,
Caixa Postal 04457, 70919-970 - Brasília – DF, Brasil
saito@unb.br

Abstract. This work intends to provide spatialized and georeferenced information related to the susceptibility of the Brazilian lands to desertification. Environmental indicators were divided in two groups. The first group was composed by human activities that could cause desertification (cattle raising, agriculture, irrigation, forest resource exploitation, urbanization and mining). The second group was composed by environmental degradation processes more directly related to the development of desertification phenomenon (erosion, salinization and loss of biodiversity). The integration of the georeferenced data, related to these indicators, allowed the identification of five different levels of susceptibility to desertification (very high, high, moderate, low and very low) and the geographic domain of each class.

Keywords: desertification, geographic information system, environmental indicators.

1. Introdução

A Desertificação constitui um conjunto de processos que promovem o desequilíbrio dos meios físico, químico, biológico e sócio-econômico, via de regra, desencadeados pela ação antrópica, que atua de forma conjunta com as limitações climáticas impostas a ambientes ecologicamente frágeis. Portanto, ao contrário do que o termo “Desertificação” possa induzir a crer, ela não constitui a formação ou ampliação de desertos. A Desertificação atua direcionando o ambiente a condições de paisagem tipo desértica, determinando perda dos solos, escassez dos recursos hídricos, retrogressão biótica, improdutividade agrícola e abandono das terras. A ocorrência da Desertificação é convencionalmente considerada como sendo restrita aos ambientes áridos, semi-áridos e subúmidos secos, que naturalmente apresentam fragilidade ambiental e limitadas condições de autocontrole ou autorecuperação, frente à instalação de processos transformadores. Seu desenvolvimento encontra-se associado às atividades de agricultura de sequeiro, pecuária extensiva, irrigação, mineração, exploração dos recursos florestais e urbanização, à margem da adoção de técnicas de manejo adequadas, promovendo processos de erosão dos solos, salinização das terras e redução da biodiversidade.

As terras que se encontram sujeitas à Desertificação no Brasil, distribuem-se entre todos os Estados da Região Nordeste, à exceção do Maranhão, além de incluir a porção norte do Estado de Minas Gerais. Vários levantamentos e estudos regionais já foram realizados em busca do mapeamento das áreas de ocorrência e de susceptibilidade à Desertificação no Brasil. Porém, os mapeamentos já realizados, ora se basearam em estudos monotemáticos (dados climáticos), tais como: Nimer (1980), Rodrigues *et al.* (1993) e BRASIL (1997b), ora

trabalharam com unidades de mapeamento (microrregiões homogêneas) que determinaram acentuadas generalizações de resultados, como: Rodrigues *et al.* (1995), Ferreira *et al.* (1996) e BRASIL (1997a). Em virtude destas características restritivas, estes estudos apresentam limitações, ainda que pese seu pioneirismo.

A complexidade do fenômeno da desertificação exige: a) que os diferentes níveis de susceptibilidade à Desertificação devam ser identificados a partir de indicadores geoambientais, obtidos a partir da integração de múltiplas variáveis que se relacionam à predisposição ao desenvolvimento dos processos de degradação; e b) que a cartografia das variações de susceptibilidade à desertificação deva ser realizada a partir da adoção de unidades de mapeamento que correspondam às variações geoespaciais das feições consideradas. O objetivo do presente estudo é apresentar uma modelagem integrada de dados temáticos geoespacializados com apoio em geoprocessamento que conduza a um novo diagnóstico da susceptibilidade à desertificação no semi-árido do nordeste brasileiro.

2. Área de Estudo

O presente trabalho limita a sua área de estudo à porção nordestina do “Trópico semi-árido”, ou seja, às terras secas que se encontram entre os estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí (**Figura 1**).



Figura1. Localização do Trópico Semi-árido (Área de Estudo).

Abrange as terras de clima semi-árido e subúmido seco que, segundo Carvalho (1988) se distribui, preponderantemente, pela zona geográfica do Sertão (área interiorana), estende-se ao Agreste (área de transição com a zona da Mata - litorânea e o Sertão), à zona de Cerrado (sul do Piauí e extremo Oeste Baiano) e a algumas porções da zona Meio Norte (porção relativa ao Estado do Piauí). Apresentam grande diversidade no domínio físico (estrutura geológica, relevo, clima e hidrografia) e no domínio biológico (vegetação e fauna), com grandes variações de paisagens e formas de ocupação do espaço rural (Silva *et al.*, 1993a e 1993b), o que faz apresentarem variados níveis de susceptibilidade a processos de Desertificação.

Do ponto de vista climático, são classificadas em Subequatorial de condição sazonal, cuja pluviosidade é marcada por acentuada irregularidade ao longo do tempo e no espaço, atingindo índices pluviométricos entre 250 e 800 mm anuais, as estações chuvosas estendem-se entre 3 e 5 meses de duração e as secas entre 9 a 7 meses (Fernandes e Bezerra, 1990); e Tropical chuvosa, com a presença de invernos secos e verões chuvosos, pluviosidade entre 800 e 1200 mm anuais, deficiências hídricas entre 300 e 500 mm e excedentes em torno de

100 e 200 mm anuais, com estações secas que estendem-se entre 4 e 6 meses de duração (Ribeiro e Walter, 1998; Santiago Filho *et al.*, 1990). A cobertura vegetal apresenta-se predominantemente xerófila, marcada pelo acentuado escleromorfismo, fortemente adaptada às restrições hídricas e/ou às restrições de fertilidade e profundidade dos solos (Ab'Saber, 1984; Eiten, 1994; Fernandes e Bezerra, 1990).

A drenagem é predominantemente intermitente e sazonal, destacando-se o rio São Francisco como único curso perene a atravessar as regiões mais secas (Ab'Saber, 1984). Assim, os recursos hídricos da região, de modo geral, são insuficientes, mal distribuídos, contaminados ou mal gerenciados (Fernandes, 2001). A maior parte da região constitui-se de rochas do embasamento cristalino, caracterizadas pela ausência de manto de cobertura (solos rasos ou ausentes), com aquíferos fissurais livres de fraca produtividade (Costa, 1994). Poucos locais dispõem-se sobre superfícies sedimentares, com solos predominantemente profundos e reservas hídricas subterrâneas relativamente mais significativas (Ribeiro e Walter, 1998; Santiago Filho *et al.*, 1990). A economia regional está centrada no complexo pecuária extensiva-agricultura de baixo rendimento, com a adoção de práticas de queimadas regulares e periódicas, pastoreio intensivo e derrubada da vegetação, e ainda com grande participação das atividades de garimpo (Leprun e Silva, 1994; Khan e Campos, 1995).

3 . Materiais e Métodos

Para realizar um diagnóstico complexo e integrado envolvendo múltiplas variáveis e sua distribuição espacial de forma contínua, tal que se evite a adoção de unidades de informação agregadoras de dados (com grande variância interna de dados, como aponta Saito e Graebner, 2002), procedeu-se à criação de uma base de dados georreferenciada multitemática, que foi integrada por geoprocessamento.

O geoprocessamento se destaca como instrumento de apoio à decisão, propiciando a obtenção de informações de interesse, a partir da integração geoespacial dos dados, modelagem de suas interrelações. Todos os procedimentos foram executados através dos programas de geoprocessamento e de processamento de imagens digitais ArcView© e IDRISI©. Para compor a base de dados, três conjuntos de materiais foram utilizados: 1) os dados disponíveis na cartografia sistemática (1:1.000.000): altimetria – formas de relevo, núcleos populacionais, malha viária, hidrografia perene; 2) os mapeamentos temáticos em escala regional (entre 1:5.000.000 e 1:500.000), tais como: pluviosidade, classificação climática, potencial hidrogeológico, lineamentos estruturais, resistência litológica, garimpo, tipos de solo, classe das terras para irrigação, poços de água subterrâneos, ocorrência mineral, sistemas de produção agrícola, sistemas pecuários, salinização dos solos; 3) dados obtidos de processamentos digitais de dados de sensores remotos orbitais (imagens sensor “Vegetation” do satélite SPOT), tais como: níveis de cobertura do solo e classes de fragmentação da cobertura vegetal. As variáveis ambientais relacionam-se à potencialidade e ao risco ao desenvolvimento de processos que mais diretamente se associam ao desenvolvimento da desertificação no semi-árido brasileiro, podendo ser agrupadas em: potencial (à irrigação, mineração, exploração dos recursos florestais e mineração), potencial e uso (pecuário e agrícola), risco (à erosão e à perda da biodiversidade), risco e ocorrência de salinização dos solos (**Figura 2**). Em cada variável, as classes de informação são analisadas individualmente diante do seu favorecimento ao processo em análise, sendo convertidas a uma escala ordinal de mensuração tal que cada variável se constitua num eixo ordenador (Xavier-da-Silva, 1992). Cada classe temática de uma variável é associada a um valor numérico, constante de uma escala pré-determinada, onde os valores inteiros de 1 a 5 refletem, ordenadamente, Muito baixo, baixo, moderado, elevado e muito elevado favorecimento à variável ambiental que o tema se associa.

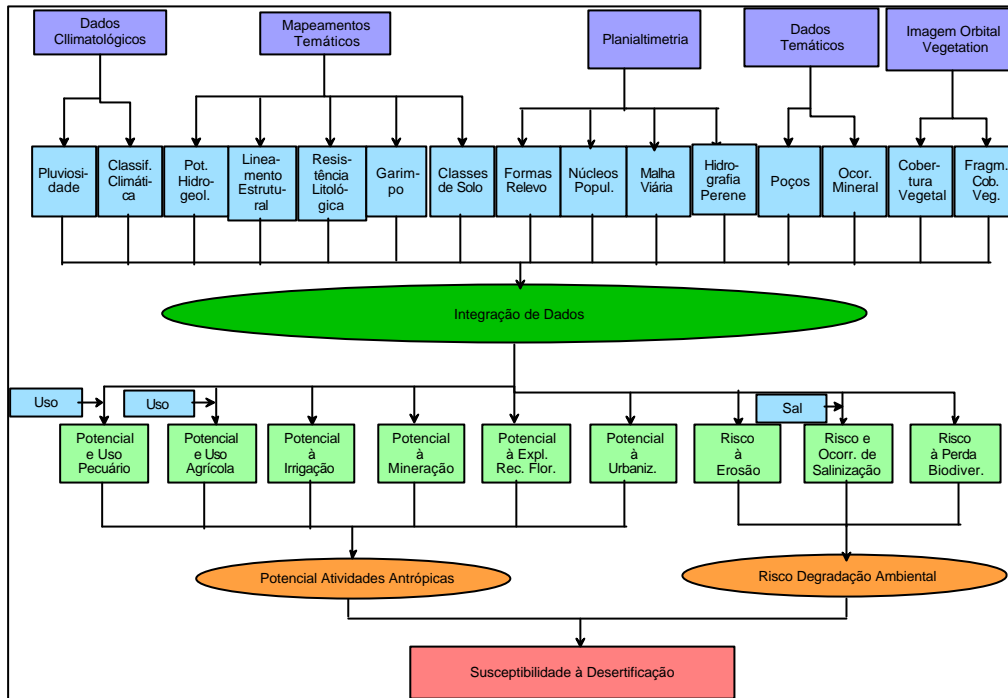


Figura 2. Fluxograma dos dados e informações.

Já, para a integração das variáveis ambientais, é realizada uma junção ponderada de todas as informações, sendo que, a cada variável é atribuído um peso específico (Tabelas 1 a 9), obtidos a partir da técnica de apoio à decisão “Processo de Análise Hierárquica – AHP” (Saaty, 1977). De posse dos valores a serem atribuídos a cada classe de legenda e dos pesos (ou contribuições relativas) correspondentes a cada variável ambiental, procede-se a junção de dados via Sistema de Informação Geográfica, gerando um hiperespaço classificatório (Xavier-da-Silva, 1992). Gerou-se, assim, 9 diferentes mapas temáticos intermediários, relativos às potencialidades e riscos das terras frente ao desenvolvimento de atividades humanas e de processos degenerativos que se associam à desertificação. Em dispondo-se de informações adicionais sobre os sistemas agropecuários adotados e a ocorrência de processos de salinização dos solos, acresce-se a análise dados de uso real, ponderados em 40% para os mapas de potencial e de risco, e 60% para os de Uso (pecuário e agrícola) e de Ocorrência (de salinização).

Tabela 1. Contribuição relativa de cada tema para geração do indicador “Potencial à Pecuária”

Tema	Contribuição (%)
Proximidade da hidrografia perene	35
Proximidade de poços	29
Tipos de solo	20
Formas de relevo	9
Potencial hidrogeológico	7

Tabela 2. Contribuição relativa de cada tema para geração do indicador “Potencial à Agricultura de Sequeiro”

Tema	Contribuição (%)
Formas de Relevo	39
Tipos de Clima	24
Proximidade de Núcleos Urbanos	18
Tipos de Solo	14
Proximidade de Vias	5

Tabela 3. Contribuição relativa de cada tema para geração do indicador “Potencial à Irrigação”

Tema	Contribuição (%)
Formas de Relevo	30
Proximidade de Rios	23
Proximidade de Poços	19
Classes de Terra	14
Tipos de Solo	9
Potencial Hidrogeológico	5

Tabela 4. Contribuição relativa de cada tema para geração do indicador “Potencial à Mineração”

Tema	Contribuição (%)
Garimpo	49
Ocorrência e Depósitos Minerais	31
Garimpos, Depósitos e Reservas de Ouro	20

Tabela 5. Contribuição relativa de cada tema para geração do indicador “Potencial à Exploração dos Recursos Florestais”

Tema	Contribuição (%)
Cobertura Vegetal	44
Proximidade de Núcleos Urbanos	28
Proximidade de Vias	20
Formas de Relevo	8

Tabela 6. Contribuição relativa de cada tema para geração do indicador “Potencial à Urbanização”

Temas	Contribuição (%)
Proximidade de Núcleos Urbanos	47
Proximidade de Hidrografia Perene	26
Proximidade de Vias	14
Proximidade de Poços	6
Formas de Relevo	4
Potencial Hidrogeológico	3

Tabela 7. Contribuição relativa de cada tema para geração do indicador “Risco à Erosão”

Tema	Contribuição (%)
Formas de Relevo	34
Lineamentos	24
Pluviosidade	21
Tipos de solo	11
Cobertura Vegetal	7
Litologia	3

Tabela 8. Contribuição relativa de cada tema para geração do indicador “Risco à Salinização dos Solos”

Tema	Contribuição (%)
Clima	39
Cobertura Vegetal	27
Tipos de Solo	20
Substrato Geológico	14

Tabela 9. Contribuições relativas de cada tema para geração do indicador “Risco à Perda da Biodiversidade”

Tema	Contribuição (%)
Fragmentação da Vegetação	49
Proximidade de Núcleos Urbanos	31
Proximidade de Vias	20

Após a geração de seis mapas temáticos referentes à potencialidade (e potencialidade e uso) ao desenvolvimento de atividades humanas, os dados são agregados tomando como base uma ponderação igualitária para todas as variáveis consideradas, gerando o mapa de “Potencial ao Desenvolvimento de Atividades Humanas”. De forma semelhante, realiza-se a junção dos mapas de risco (e risco e ocorrência) de processos degenerativos, para geração do mapa de “Risco ao Desenvolvimento dos Processos de Degradação”. Considerou-se que, na susceptibilidade à desertificação, os riscos ao desenvolvimento de processos degenerativos atuam de forma mais determinante do que as potencialidades ao desenvolvimento de atividades humanas (cujo caráter degenerativo depende mais da adoção de práticas indevidas do que da atividade em si). Assim, estas variáveis foram ponderadas, da seguinte forma: 60% para os dados constantes do mapa de “Risco ao Desenvolvimento dos Processos de Degradação” e 40% para os dados do “Potencial ao Desenvolvimento de Atividades Humanas” na geração do mapa final de Susceptibilidade à Desertificação (**Figura 2**).

4. Resultados

O resultado obtido a partir dos procedimentos adotados permitiu a geração do Mapa de Susceptibilidade ao Desenvolvimento dos Processos de Desertificação (**Figura 3**), onde se destacam 5 classes temáticas que representam progressivos níveis de susceptibilidade: muito baixa, baixa, moderada, elevada, e muito elevada. Cabe ainda considerar que todo o semi-árido nordestino encontra-se, de qualquer forma, potencialmente sujeito ao desenvolvimento de processos de Desertificação. As principais características de cada classe de susceptibilidade a processos de desertificação podem assim ser sintetizadas:

Susceptibilidade “Muito baixa” – ocupa aproximadamente 1% da área de estudo e encontra-se espacialmente restrita aos Estados da Bahia, do Piauí e de Alagoas. Tem maior representatividade sobre as áreas de clima subúmido, limita-se entre altimetrias de 500 a 800 metros e formas de relevo plano e suave-ondulado, distribui-se preponderantemente entre solos profundos e pobres (Latossolos e Solos Areno-quartzosos profundos) e sua cobertura vegetal é representada por formas de cerrado, transição entre cerrado e caatinga (carrasco) e

caatinga hipoxerófitas. Ainda que suas terras não sejam alvo prioritário de processos que conduzam à Desertificação, elas encontram-se passíveis de desenvolvimento desses processos ambientais degenerativos e, merecendo atenção quanto à aplicação de técnicas adequadas de manejo e no controle e monitoramento das formas de ocupação e uso de seus recursos naturais, visando à prevenção ao desenvolvimento dos processos de Desertificação.

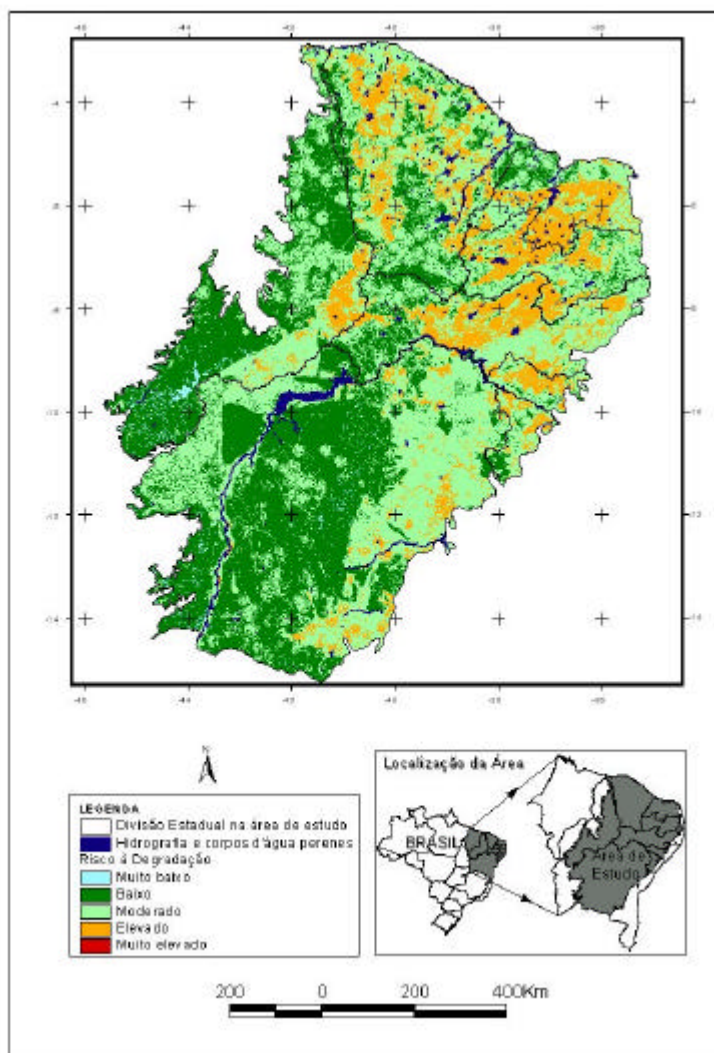


Figura 3. Mapa de Susceptibilidade ao Desenvolvimento de Processos de Desertificação.

Susceptibilidade “Baixa” – ocupa cerca de 37% da região estudada e ocorre em todos os Estados considerados, com predomínio na Bahia e no Ceará, e com modestas representações em Alagoas e Sergipe. Estende-se por diferentes condições climáticas, níveis altimétricos, formas de relevo, tipos de solo e de cobertura vegetal. Reflete as áreas que apresentam maiores potencialidades de uso e/ou riscos ambientais e conseqüentemente, merecedoras de cuidados relativamente mais intensos e ainda voltados à prevenção aos processos de Desertificação, em comparação à classe anteriormente citada.

Susceptibilidade “Moderada” – ocupa cerca de 49% da área de estudo, com ampla distribuição por todos os Estados, nas mais diversas condições climáticas, níveis altimétricos, formas de relevo, tipos de solo e de cobertura vegetal. Agrega áreas que, ora apresentam apenas potencialidade ao desenvolvimento de processos de Desertificação, ora refletem processos de degradação ambiental mais acentuados. Portanto, ora requerem a adoção de práticas preventivas, ora, de procedimentos de controle e combate à Desertificação e, em situações específicas, da adoção de técnicas de recuperação de áreas degradadas.

Susceptibilidade “Elevada” – ocupa aproximadamente 13% da região estudada, tem representação em todos os Estados envolvidos, com predomínio na Paraíba e no Rio Grande do Norte. Concentra-se nas terras de clima semi-árido, restringe-se a altimetrias inferiores a 800 metros, ocupa formas de relevo planas, suave-onduladas e onduladas, agrega os mais diferentes tipos de solo e abrange áreas de cobertura vegetal xerófila. Abrange áreas que, via de regra, apresentam forte potencial para o desenvolvimento de processos de Desertificação, exigindo ações voltadas ao controle da Desertificação e/ou à recuperação das áreas degradadas, além do fomento ao desenvolvimento de atividades produtivas alternativas.

Susceptibilidade “Muito elevada” – atinge menos de 1% da área mapeada e restringe seus domínios à feições pontuais nos Estados do Rio Grande do Norte (Acari, Angicos, Carnaúba dos Dantas, Cruzeta e São Vicente), Paraíba (Passagem e São José do Bonfim), Pernambuco (Belém de São Francisco e Serra Talhada) e Bahia (Curaçá e Juazeiro). Limita-se às porções mais secas da região, ocupando cotas de 100 e 500 metros de altitude, áreas de relevo plano a suave-ondulado e de solos predominantemente rasos a pouco profundos, mal drenados, pedregosos e/ou com problemas de sais (Bruno não-Cálcicos e Solonetz Solodizados). Sua cobertura vegetal é caracterizada como caatinga hiperxerófila. Reflete as regiões que necessitam de atenção especial, pois, dado o tempo de ocupação do semi-árido e as características dos sistemas produtivos naquela região, a Desertificação muito provavelmente pode encontrar-se em curso e em fase avançada. Portanto, estas áreas necessitam de estudos de avaliação *in loco* e medidas para recuperação das áreas eventualmente degradadas.

5 – Conclusões e Recomendações

Os resultados obtidos permitem que sejam destacadas as seguintes conclusões:

- A criação dos indicadores ambientais que se associam à Desertificação é viabilizada a partir da integração ponderada de dados temáticos geoespacializados através de SIG.
- A Análise Ambiental realizada através de integração de dados, com a explicitação da contribuição relativa (ponderação de cada variável na modelagem do espaço classificatório), abre caminho para o desenvolvimento de pesquisas no campo da Inteligência Artificial em pesquisa e gestão ambiental, com a aplicação de conceitos como a heurística e redes neurais.
- Ainda que todo o semi-árido do Nordeste brasileiro apresente alguma susceptibilidade aos processos de Desertificação, as características ambientais inerentes a cada área atuam de forma determinante à gradação do nível de susceptibilidade apresentado.

A partir das observações realizadas no decorrer dos trabalhos e diante das análises feitas sobre os resultados obtidos, destacam-se as seguintes recomendações:

- A inclusão de informações sobre a predisposição e/ou susceptibilidade à Desertificação nos Estudos de Impacto Ambiental e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), realizados para o licenciamento de projetos a serem desenvolvidos no semi-árido brasileiro.
- Ênfase na avaliação quanto ao emprego imediato de técnicas de recuperação de áreas degradadas nas áreas classificadas como de susceptibilidade “Muito elevada” e “Elevada”.
- Atenção na adoção de técnicas de manejo dos recursos naturais, na ocupação e uso das terras classificadas como de “Moderada” susceptibilidade ao desenvolvimento de Processos de Desertificação.
- A inserção do tema Desertificação nas discussões relativas às políticas públicas a serem adotadas no semi-árido.

Referências

Ab'Saber, A. N. Ecossistemas continentais. SEMA. *Relatório da qualidade do meio ambiente*; sinopse. Brasília, 1984. p. 171 – 218.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Plano Nacional de Combate à Desertificação (MMA/PNCD). *Mapa de ocorrência de desertificação e áreas de atenção especial no Brasil*. Brasília, 1997a. 1 mapa. Escala 1:10.000.000.

_____. *Mapa de susceptibilidade à desertificação no Brasil*. Brasília, 1997b. 1 mapa. Escala 1:10.000.000.

Carvalho, O. de. *A economia política do Nordeste; secas, irrigação e desenvolvimento*. Brasília, Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988. p. 63 - 104.

Costa, W. D. **Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino**. Brasília, Projeto Áridas, 1994. 53p. GT. II – Recursos Hídricos.

Eiten, G. Vegetação do Cerrado. PINTO, M. N. (Coord.) *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. Brasília, UnB/SEMATEC, 1994. p. 9 – 65.

Fernandes, A.; Bezerra, P. *Estudo fitogeográfico do Brasil*. Fortaleza, Stylus Comunicação, 1990. p. 122 - 184.

Fernandes, J. I. C. Água no semi-árido nordestino – realidade, gerenciamento e experiências de sucesso. In: DIÁLOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS, 4. Foz do Iguaçu, 2–6 set. 2001. *Anais*. Brasília, MMA, 2001. 1CD.

Ferreira, D. G.; Melo, H. P.; Rodrigues Neto, F. R.; Nascimento, P. J. S. dos. Avaliação do quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: diagnósticos e perspectivas. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DA DESERTIFICAÇÃO. Fortaleza, 7-9 mar 1994. *Anais*. Brasília, Fund. Grupo Esquel Brasil, 1996. p.7-56.

Khan, A. S.; Campos, R. T. Efeitos das secas no setor agrícola do Nordeste. In: GOMES, G. M.; SOUZA, H. R. de; Magalhães, A. R. (org.) *Desenvolvimento sustentável no Nordeste*. Brasília, IPEA, 1995. p. 175 - 194.

Leprun, J. C.; Silva, F. B. R. e. Avaliação das perdas de solo e água por erosão no Nordeste semi-árido. In: SILVA, F. B. R. e. (Coord.) **Condições do uso e perspectiva de uso sustentável dos geoambientes do Semi-árido**. Brasília, Projeto Áridas, 1994. p. 67-76. GT1 – Recursos Naturais e Meio Ambiente.

Nimer, E. Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). *Rev. Bras. Geografia*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 612-637, 1980.

Ribeiro, J. F. ; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. Sano, S. M. & Almeida, S. P. de. (edit.) *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, EMBRAPA, 1998. p. 87 – 166.

Rodrigues, V., Matallo Junior, H., Linhares, M. C., Oliveira-Galvão, A. L. C. de, Gorgônio, A de S. Avaliação do quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas. In: Gomes, G. M.; Souza, H. R., Magalhães, A. R. (orgs). *Desenvolvimento sustentável no Nordeste*. Brasília, IPEA, 1995. p. 263-303.

Rodrigues, V., Oliveira-Galvão, A. L. C. de, Galvão, W. S. *Identificação de áreas susceptíveis ao processo de Desertificação na Região Nordeste brasileira*; segundo critérios de classificação de níveis de aridez. Brasília, IBAMA, 1993. 23p.

Saaty, T. I. A scalling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, New York, v. 15, p. 234-281, 1977.

Saito, C.H. & Graebner, I. T. Breves considerações teórico-metodológicas acerca da identificação de ocorrências de desertificação no submédio São Francisco. In: Theodoro, S.H. (org.). *Conflitos e Uso Sustentável dos Recursos Naturais*. Rio de Janeiro, Garamond, 2002. p.137-149.

Santiago Filho; A. L.; Araujo, A. P. de; Gatto, C. M. P. P.; Oliveira, F. C.; Pinto, G. C. V. C.; Gatto, L. C. S.; Froes, M. C. de F. C.; Lima, M. das G. C. da F.; Corrêa, P. R. S.; Reis, V. A.; Ramos, V. L. de S. *Zoneamento ecológico da Região Nordeste*; nota explicativa. Salvador, IBGE, 1990. 89p.

Silva, F. B. R. e; Riche, G. R.; Tonneau, J. P.; Sousa Neto, N. C. de; Brito, L. T. de L.; Correia, R. C.; Cavalcanti, A. C.; Silva, F. H. B. da; Silva, A. B. da; Silva, J. C. de A. *Zoneamento agroecológico do Nordeste; diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico*: Caracterização das grandes Unidades de Paisagem. Distribuição das grandes Unidades de Paisagem e das Unidades Geoambientais. Brasília, EMBRAPA, 1993a. v.1. 89p.

_____. *Zoneamento agroecológico do Nordeste; diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico*: Caracterização das Unidades Ambientais. Brasília, EMBRAPA, 1993b. v.2. 387p.

Xavier-da-Silva, J. Geoprocessamento e Análise Ambiental. *Rev. Bras. Geografia* 54(3):47-61, 1992.