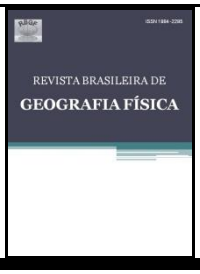
ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Mapeamento da Deterioração Ambiental em Área de Vegetação de Caatinga

Paulo Roberto Megna Francisco[1], George do Nascimento Ribeiro[2],

João Miguel de Moraes Neto[3]

[1] Doutor em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB, Brasil. Email: paulomegna@ig.com.br,
[2] Prof. Msc. da Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, PB, Brasil. Email: george@ccta.ufcg.edu.br
[3] Prof. Dr. da UFCG, Campina Grande, PB, Brasil. Email: moraes@deag.ufcg.edu.br

Artigo recebido em 07/11/2013 e aceito em 08/04/2014.

R E S U M O

O uso e o manejo inadequado das terras têm degradado os solos, acelerando o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente, particularmente nas regiões semiáridas e o conhecimento integrado da paisagem e dos processos atuantes é importante para interpretar o meio ambiente numa perspectiva que admite inter-relações dos vários atributos do terreno. Este trabalho objetivou o mapeamento da deterioração ambiental do município de Sumé-PB utilizando o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas para a realização de diagnósticos através de técnicas de geoprocessamento. No mapeamento foi estimada a erodibilidade dos solos, a cobertura vegetal e a declividade utilizando a linguagem algébrica do SPRING para o cruzamento das informações. Observou-se que as terras da área em estudo são predominantemente planas à suave onduladas, com declividades inferiores a 6%. A classe de erodibilidade Alta é representada pelos Neossolos Litólicos e os Luvissolos Crômicos. A classe muito alta e alta devido a mais baixa proteção do solo pela vegetação totalizam 6,34% da área. Os resultados demonstram que os níveis alto e muito alto de deterioração das terras estão associados à alta erodibilidade dos Luvissolos Crômicos vérticos e ao baixo nível de proteção da vegetação do solo da área.

Palavras-chave: Degradação Ambiental, Modelagem, Geoprocessamento.

Mapping of Environmental Deterioration in Vegetation Caatinga Area

A B S T R A C T

The inappropriate use and management of lands have degraded soils, accelerating the impact of human activities on the environment, particularly in semi-arid regions and integrated knowledge of the landscape and acting processes is important to interpret the environment in a perspective that admits interrelationships the various attributes of the land. This study aimed at mapping the environmental deterioration of the municipality of Sumé-PB using the Index Deterioration of semiarid lands to perform diagnoses using GIS techniques. In the mapping we estimated the erodibility of soils, land cover and slope using the algebraic language for the SPRING crossing information. It was observed that the lands of the study area is predominantly flat to mild wavy, with slopes less than 6%. The class is represented by High erodibility Entisols and chromic Luvisols. The very high and high class due to lower soil protection by vegetation totaling 6.34% of the area. The results demonstrate that the high and very high levels of deterioration of land are associated with high erodibility of chromic Luvisols vertics and the low level of protection of ground vegetation of the area.

Keywords: Degradation, Modeling, Geoprocessing.

Introdução

A degradação ambiental pode ser vista como um dos resultados da pressão excessiva do uso das terras e envolve componentes espaciais e temporais, resultando na redução da produtividade de biomassa e da biodiversidade, em mudanças na qualidade e disponibilidade de água e na diminuição da viabilidade econômica. Se os processos que atuam nesta área tiverem magnitude e duração suficientes, os efeitos podem atingir um tamanho grau de severidade que podem se tornar irreversíveis (KAZMIERCZAK, 1996).

Conforme Chaves *et al.* (2010), o uso e o manejo inadequado das terras têm degradado os solos, acelerando o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente, particularmente nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro onde a vulnerabilidade ambiental é acentuada pelos limites restritivos dos atributos dos solos e a intensidade das variáveis climáticas. Tricart (1977) afirma que o conhecimento integrado da paisagem e dos processos atuantes é importante para interpretar o meio ambiente numa perspectiva que admite inter-relações dos vários atributos do terreno.

Candido *et al.* (2002), estudando parte do Seridó Oriental paraibano, utilizaram na avaliação da degradação ambiental, os parâmetros de vegetação, topografia, solo/geologia, ecologia, mecanização, área agrícola, densidade populacional e pecuarização. Alguns pesquisadores têm tratado de características da degradação, como Leite *et al.* (1994; 2003), mapeando a desertificação no Ceará com base em estimativa da cobertura vegetal, vista por satélite incluindo também observações da erosão; no núcleo do Seridó, Costa *et al.* (2002) trazem uma ampla descrição da cobertura vegetal. Chaves *et al.* (2008) afirmam que através do Índice de Biomassa da Vegetação Lenhosa, obtido da descrição da vegetação representativa de uma região fitofisiográfica de estudo, é possível se fazer a estimativa do volume da biomassa da Caatinga e, por comparação, se estimar sua degradação.

Existem vários modelos de avaliação da degradação ambiental quantificando, identificando e analisando os ambientes em função de seus diferentes níveis, como exemplo: o Índice de Degradação (ID) desenvolvido por Lemos (1995) e Lemos (2001) pelo método de análise fatorial; o Índice de Susceptibilidade de Degradação Ambiental (ISDA) desenvolvido por Kazmierczak e Seabra (2007) empregado em áreas do cerrado paulista; o Índice de Degradação Ambiental (IDA) por Brandão (2009), quando foram levados em consideração os elementos do quadro natural e o fator antrópico. Modelos relativamente simples podem descrever com certo grau de confiança os processos de degradação ambiental, facilitando a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais

e das suas relações com as atividades humanas (KAZMIERCZAK e SEABRA, 2007).

Francisco *et al.* (2013), utilizando o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS) propôs o modelo que parte da premissa de que sobre a condição de clima semiárido, quanto menor é o grau de cobertura da vegetação, maior é o risco de erosão, e que o grau de deterioração das terras é diretamente proporcional a erodibilidade do solo e a declividade do terreno. Assim, o IDTS é função inversa do índice de cobertura do solo (IS) e direta da declividade do terreno (ID) e do índice da erodibilidade do solo (IE).

Na atualidade, com o desenvolvimento das tecnologias de sensoriamento remoto e da geoinformática, as ferramentas para a realização de inventários e diagnósticos ambientais são facilmente disponíveis e de baixo custo permitindo auxiliar com agilidade, o monitoramento e a gestão de amplos territórios (FLORENZANO, 2002; NOVO, 2008). Desta forma, este trabalho, fazendo uso dessas novas tecnologias, pretende ser uma contribuição à análise do ambiente semiárido reunindo informações sobre vegetação, relevo e solo, num modelo estimativo da degradação da paisagem.

Portanto este trabalho tem como objetivo o mapeamento da deterioração ambiental do município de Sumé utilizando o modelo paramétrico simplificado IDTS para a realização de diagnósticos através de técnicas de geoprocessamento.

Material e Métodos

A área de estudo compreende o município de Sumé, localizado no Planalto da Borborema, região do Cariri, com uma extensão de 838,6 km² (Figura 1).

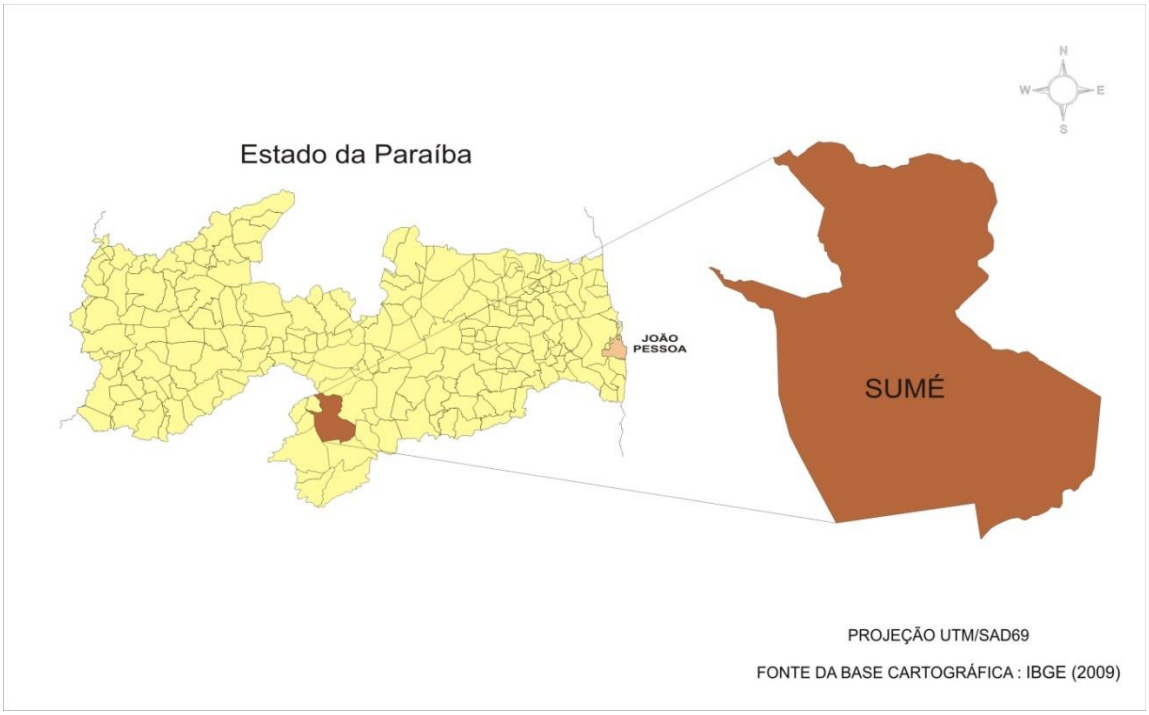


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

A área é aberta com divisa a oeste com o Estado de Pernambuco, está localizada no terço médio do Estado, apresentando relevo suave ondulado (Figura 2), com altitudes predominantemente variando entre 300 a 700 m (FRANCISCO, 2010).

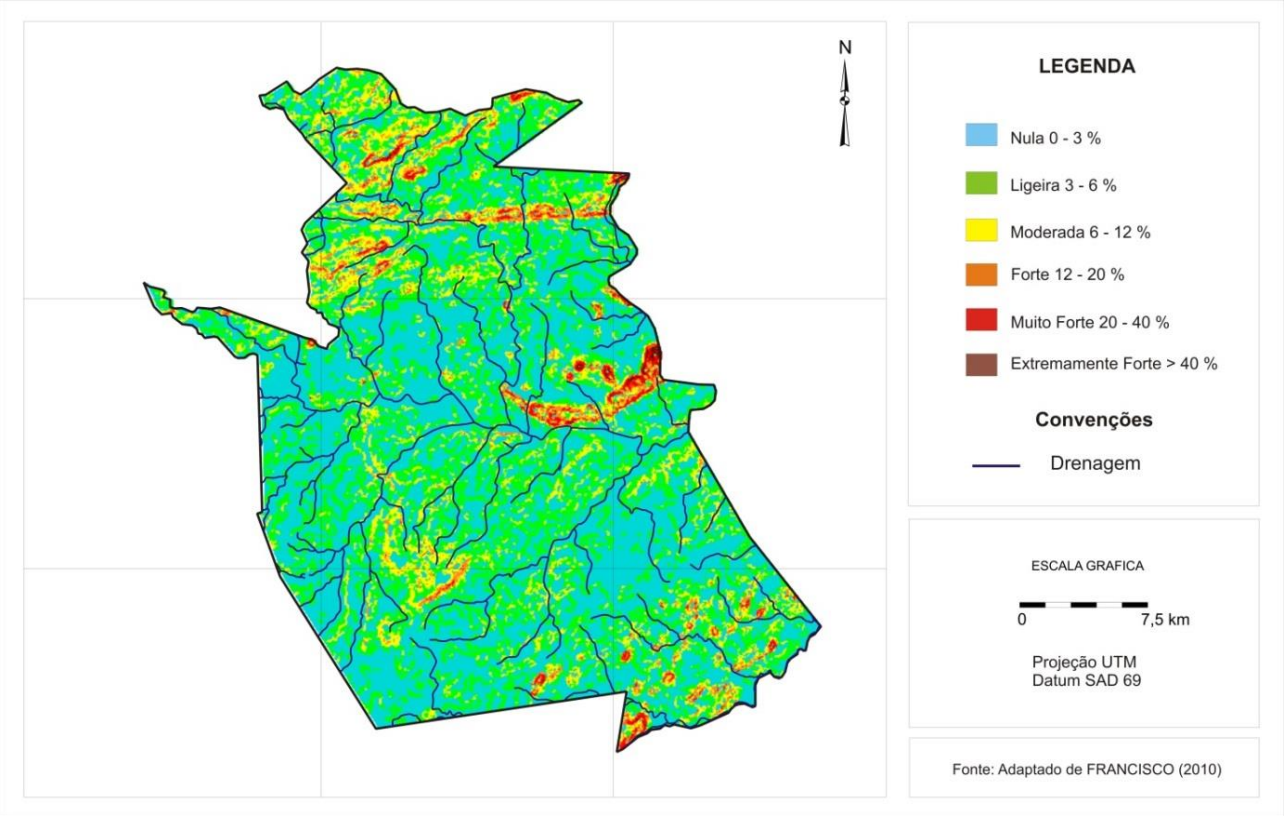


Figura 2. Declividade da área de estudo. Fonte: Adaptado de Francisco (2010).

O clima é do tipo Bsh (semiárido quente), com chuvas apresentando uma forte variação na distribuição espacial, temporal e interanual, e uma estação seca que pode atingir 11 meses (VAREJÃO-SILVA *et al.*, 1984). A temperatura média anual está entre 26^{o}C e a precipitação média anual superior a 600mm (FRANCISCO, 2010).

Na área ocorrem os Neossolos Litólicos Eutróficos, fase pedregosa substrato gnaisse e granito, e os Vertissolos apresentando relevo suave ondulado e ondulado, predominantemente nas partes mais baixas no entorno da drenagem, e os Planossolos Nátricos, relevo plano e suave ondulado, e a predominância de solos Luvissolos Crômicos bem desenvolvidos, em relevo suave ondulado (Figura 3). A área de estudo apresenta vegetação do tipo caatinga hiperxerófila e pelas limitações climáticas apresenta o sistema de exploração agrícola, pecuária e agricultura de subsistência (FRANCISCO, 2010).

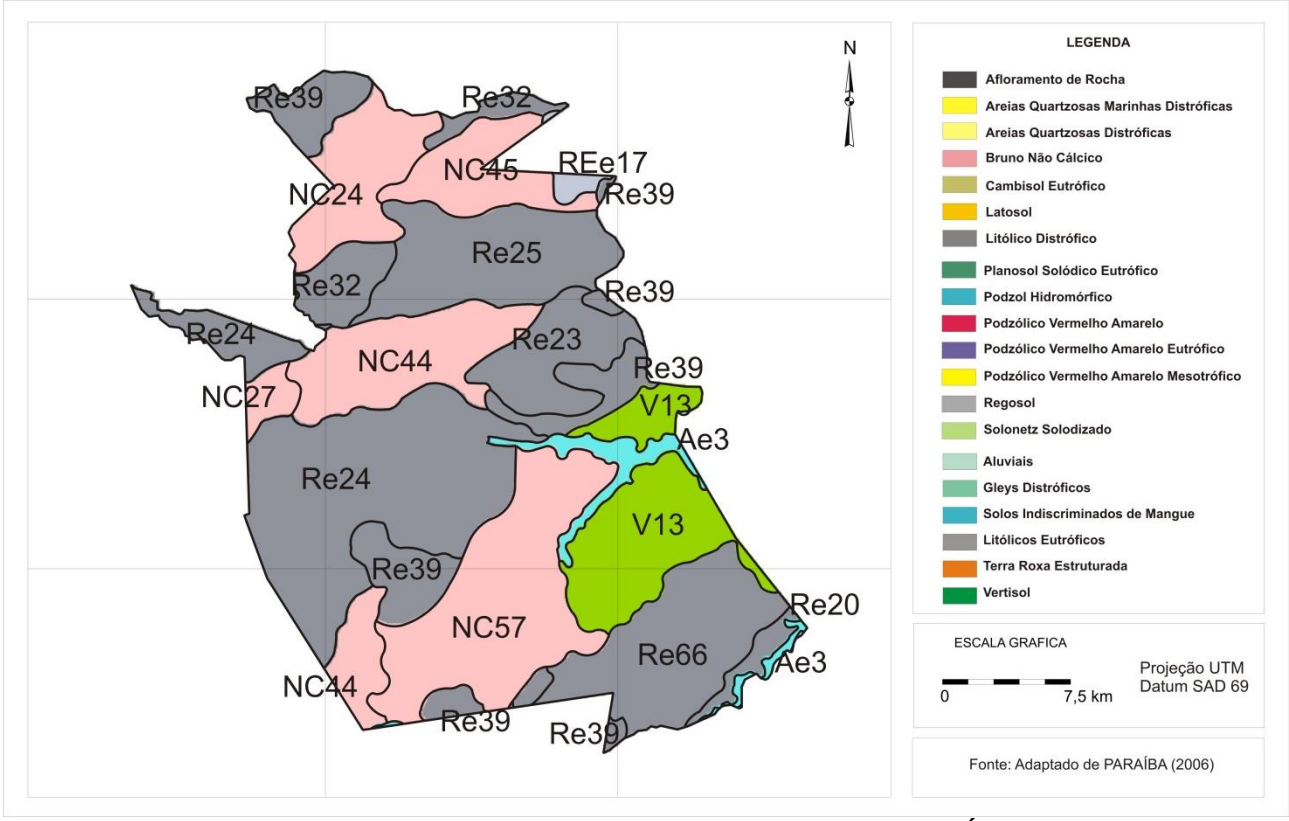


Figura 3. Solos da área de estudo. Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006).

Para a realização deste trabalho foi utilizado o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS), modelo proposto por Francisco *et al.* (2013), que é representado pela Equação 1.

$$IDTS = IS * ID * IE \quad (1)$$

Onde: índice de cobertura do solo (IS); declividade do terreno (ID); e erodibilidade do solo (IE).

Utilizando o Google Earth online foram pré-selecionados os alvos terrestres representativos dos diferentes tipos de vegetação e realizada visitas ao campo para georreferenciar, fotografar e descrever em caderneta de campo.

Foram utilizadas imagens do sensor TM LANDSAT-5, órbita 215, ponto 65 de 28/10/2009 adquiridas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. As imagens foram tratadas utilizando o software ERDAS 8.5, onde foi executada a correção radiométrica e obtidas as imagens de radiância e reflectância, de acordo com Silva *et al.* (2005a).

As etapas seguintes correspondentes ao cômputo do índice de vegetação estão bem descritas em Silva *et al.* (2005b). Para a obtenção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi utilizada a Equação 2:

$$NDVI=(NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (2)$$

Onde: NIR e RED correspondem às reflectâncias das bandas 4 e 3 do TM.

Nesta etapa foi realizada a importação das imagens-índice para o módulo IMPIMA e transformadas do formato GEOTIFF para o formato GRIB e salvas em arquivo. Foi criada

uma base de dados no SPRING 5.2.2, na projeção UTM/SAD69, na escala de 1:200.000, importando a imagem-índice de vegetação, realizando o recorte dos limites do município pelo arquivo fornecido pelo IBGE (2009). Para auxiliar o georreferenciamento foi importando um arquivo da drenagem obtido na AESA (2011) e como referencia neste trabalho foi importado também um mapa de solos do estado da Paraíba (PARAÍBA, 2006) e realizado o recorte pelos limites da área do município.

Com o objetivo de gerar o índice de cobertura do solo e mapear, a imagem NDVI foi classificada com o uso do programa LEGAL, utilizando-se a metodologia adaptada de Francisco *et al.* (2012a; 2013a), de acordo com as classes estabelecidas na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de vegetação

Classes de Risco	Valores de NDVI	Índice da Classe
Muito Baixa	>0,315	1
Baixa	0,265-0,315	3
Média	0,195-0,265	5
Alta	0,150-0,195	7
Muito Alta	0-0,150	9

Fonte: Adaptado de Francisco *et al.* (2012a; 2013a).

Para a geração do índice de declividade e seu mapeamento, foi utilizado o mosaico digital do SRTM fornecido pela NASA (2002), do quadrante SB-24-ZD da área de estudo e geradas as curvas de nível com equidistância de 10 metros. Para gerar a grade triangular foi utilizado o programa SPRING e as curvas de nível como base de dados. Em seguida foi realizado o fatiamento da grade triangular com o estabelecimento dos limites de classes de declive, procedendo-se o mapeamento em cinco classes conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de declividade

Classes de Risco	Limites de Classe (%)	Classes de Declividade	Índice da Classe
Muito Baixo	0-3	Plano	1
Baixo	3-6	Suave Ondulado	3
Médio	6-12	Moderadamente Ondulado	5
Alto	12-20	Ondulado	7
Muito Alto	>20	Forte Ondulado/Montanhoso	9

Fonte: Francisco (2013).

Para gerar o índice de erodibilidade e seu respectivo mapa, foi criada uma planilha onde cada polígono de solo da área de estudo, baseado nas informações contidas nos perfis representativos do Boletim do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba

(PARAÍBA, 1978), teve calculado sua erodibilidade, baseada na metodologia utilizada por Francisco (2013) (Equação 3).

$$K = 0{,}00000797\ (M) + 0{,}0029283\ (P) \quad (r^2 = 0{,}9561) \quad (3)$$

Onde: parâmetro granulométrico (M); classes de permeabilidade (P) dos perfis dos solos.

Os valores da erodibilidade foram agrupados em cinco classes de risco, de acordo com os dados da Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros de erodibilidade

Classe de Risco	Erodibilidade (Mg mm MJ^{-1} ha^{-1})	Índice da Classe
Muito Baixa	<0,01	1
Baixa	0,01-0,02	3
Média	0,02-0,03	5
Alta	0,03-0,04	7
Muito Alta	>0,04	9

Fonte: Francisco (2013).

Utilizando-se a linguagem algébrica (LEGAL) do SPRING foi montada a equação para estimativa do IDTS (Eq. 1) procedendo-se o cruzamento dos subíndices temáticos para geração do mapa de deterioração das terras.

Tabela 4. Parâmetros para estimativa das classes de deterioração das terras

Classes de Risco	Cobertura Vegetal (NDVI)	Índice Classe	Declividade (%)	Índice Classe	Erodibilidade ($MgmmMJ^{-1}ha^{-1}$)	Índice Classe	Intervalo Classe	Grau de Risco
Muito Baixa	>0,315	1	0-3	1	<0,01	1	0-3	1
Baixa	0,265-0,315	3	3-6	3	0,01-0,02	3	3-15	27
Média	0,195-0,265	5	6-12	5	0,02-0,03	5	15-45	125
Alta	0,150-0,195	7	12-20	7	0,03-0,04	7	45-175	343
Muito Alta	0-0,150	9	>20	9	>0,04	9	>175	729

Fonte: Adaptado de Francisco (2013).

Resultados e discussão

A Figura 4 apresenta a distribuição das classes de cobertura do solo pela vegetação. Pode-se observar que as áreas da classe de risco Muito Alta devido a mais baixa proteção do solo pela vegetação, abrange uma área de 8,64 km^2. A área ocupada pela classe Alta de risco é de 44,54 km^2 perfazendo, ambas, o total de 6,34% da área total.

Observa-se que as classes Alta e Muito Alta ocupam, em grande parte, a região sudeste e de alguma forma, essa distribuição da vegetação Subarbustiva rala a aberta nas proximidades da drenagem. As áreas da classe de risco Média, Baixa e Muito Baixa devido a mais baixa proteção do solo pela vegetação, abrange uma área de 304,11 km^2, 261,54 km^2, 146,09 km^2 respectivamente, e estão distribuídas por toda a área.

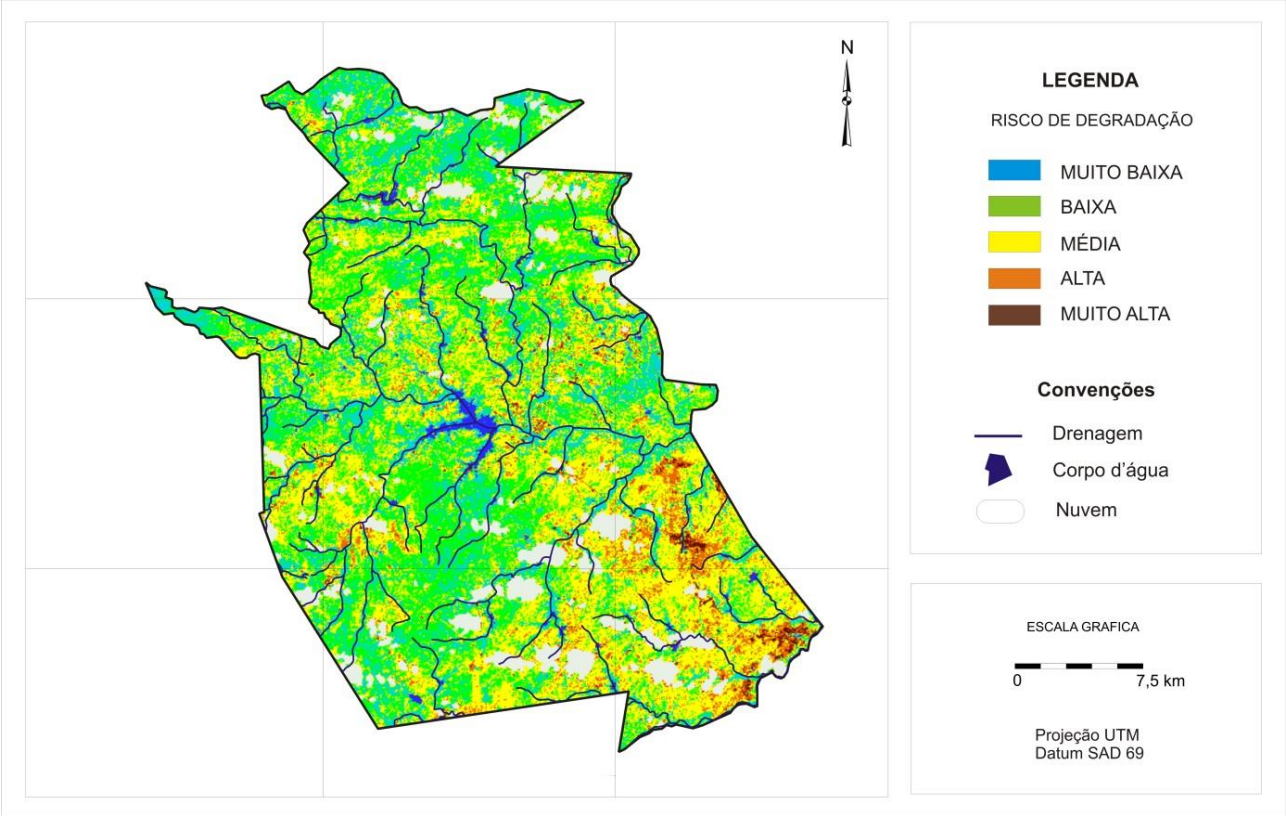


Figura 4. Risco de degradação conforme a cobertura do solo.

Tabela 5. Áreas de abrangência para classes de risco a deterioração das terras

Classes	Erodibilidade	Declividade	Cobertura do solo	Deterioração
		(km^2)		
Muito Baixa	-	439,55	146,09	-
Baixa	-	254,59	261,54	117,40
Média	168,91	104,36	304,11	331,99
Alta	614,72	26,53	44,54	265,40
Muito Alta	54,97	13,57	8,64	50,13
Corpo d'água	-	-	8,56	8,56
Nuvem	-	-	65,12	65,12
Total	838,60	838,60	838,60	838,60

Francisco *et al.* (2013) estudando a bacia hidrográfica do rio Taperoá, área contigua, observou que as áreas da classe de risco Muito Alta devido a mais baixa proteção do solo pela vegetação, e área ocupada pela classe Alta de risco, perfazendo, ambas, o total de 59,1% da área total da bacia. Analisando esses dados, observa-se que, a área do município de Sumé, mesmo apresentando uma menor degradação da cobertura vegetacional do solo, apresenta 53,18% de sua área com perda vegetacional.

Pelos dados apresentados na Figura 5 e na Tabela 5, pode se observar que pela

metodologia utilizada, 439,55 km^2 das terras, apresentam relevo plano, ou seja, está na classe de risco muito baixa, 0 a 3% de declividade. Somando-se a classe baixa, 3 a 6% de declividade, a área chega a 694,14 km^2. Pelo exposto, pode se afirmar que as terras da área em estudo são predominantemente planas à suave onduladas, com declividades inferiores a 6%. Francisco (2013a) estudando área da bacia hidrográfica do rio Taperoá, vizinha a área de estudo, encontrou resultado similar.

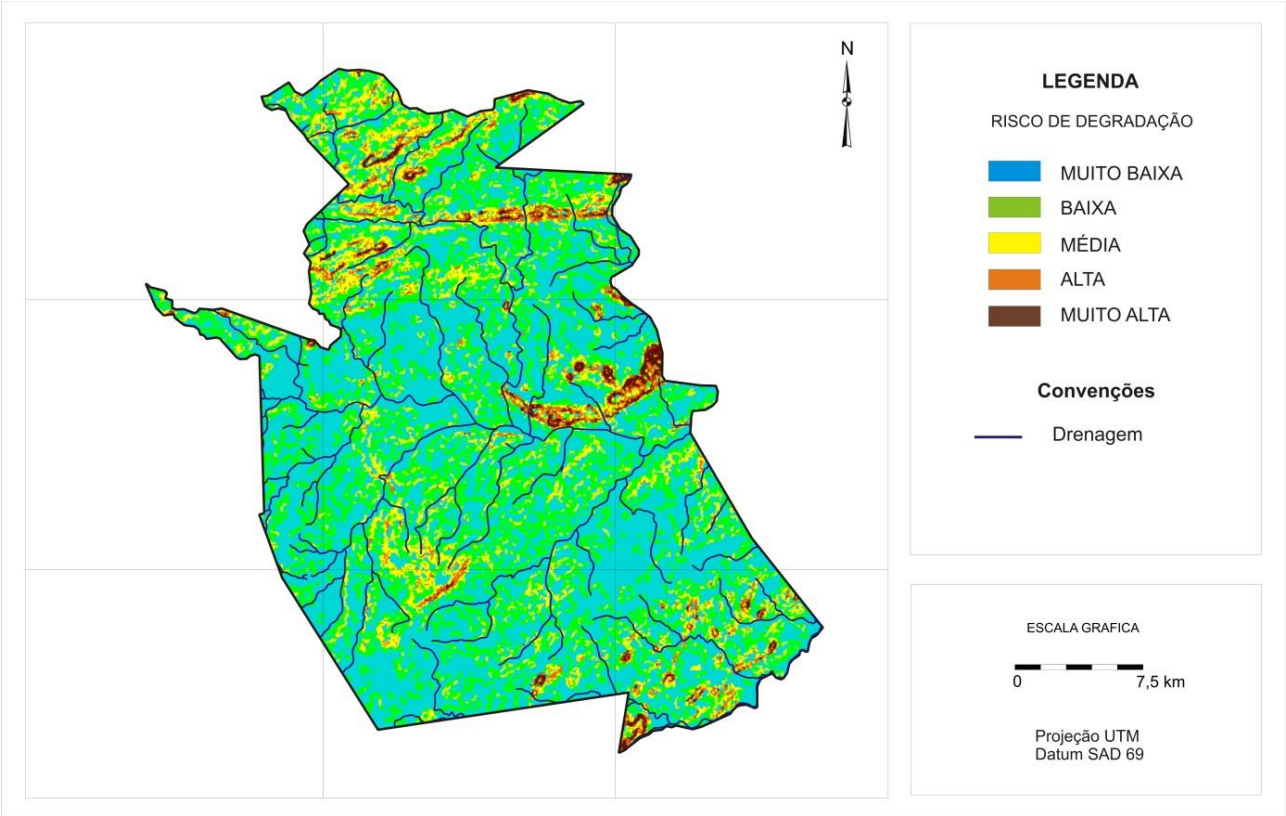


Figura 5. Risco de degradação conforme a declividade.

Observa-se que, a distribuição das áreas mais planas, da classe muito baixa e baixa de declividade, está associada, predominantemente, aos solos Luvissolos e Vertissolos. As áreas mais declivosas das classes alta e muito alta, estão relacionadas aos solos Neossolos Litólicos.

A classe muito alta, representando áreas com declividades superiores a 20%, ocupam 13,57 km^2. A classe alta, normalmente ocorrendo associada à classe muito alta, ocupa uma área de 26,53 km^2. A classe média de declive, com terras entre 6% e 12% de declividade, com uma área de 104,36 km^2 representa área já com forte restrição ao uso com agricultura, requerendo o uso intensivo de práticas conservacionistas. Estas terras ocorrem de forma difusa em toda a área. No terço mais baixo da drenagem estão fortemente associadas aos Luvissolos Crômicos, e no terço mais alto, aos Neossolos Litólicos. Resultado similar também encontrado por Francisco (2013a) em área contígua.

Conforme Francisco *et al.* (2012), a declividade é uma característica marcante da paisagem, pois define níveis de estabilidade dos seus componentes físico-químicos e biodinâmicos, podendo servir de referência para separar ambientes. Este mesmo autor afirma que as terras do Estado da Paraíba são predominantemente planas à suave onduladas, com declividades inferiores a 6% em mais de 56% do seu território, portanto corroborando com os dados encontrados na área de estudo que foram de 82,77% do total. Chaves *et al.* (2013) estudando a degradação de área contigua a de estudo, observou que, a declividade com classes de risco muito baixo e baixo a degradação, contribui para amenizar os riscos em 87% da área da bacia, resultado esse próximo ao encontrado nesse trabalho.

Pelos dados da Tabela 5, pode se observar que a classe de erodibilidade alta, ocupa uma área de 614,72 km^2 predominantemente pelos Neossolos Litólicos e os Luvissolos Crômicos. A classe de erodibilidade muita alta (Figura 4) está associada particularmente, ao solo Luvissolos Crômicos, com ocorrência a noroeste da área.

Existem concordâncias com os dados encontrados por Chaves *et al.* (2004) em pesquisa para todos os solos do estado da Paraíba, dos Luvissolos e Neossolos Litólicos, que apresentaram erodibilidade alta a muito alta.

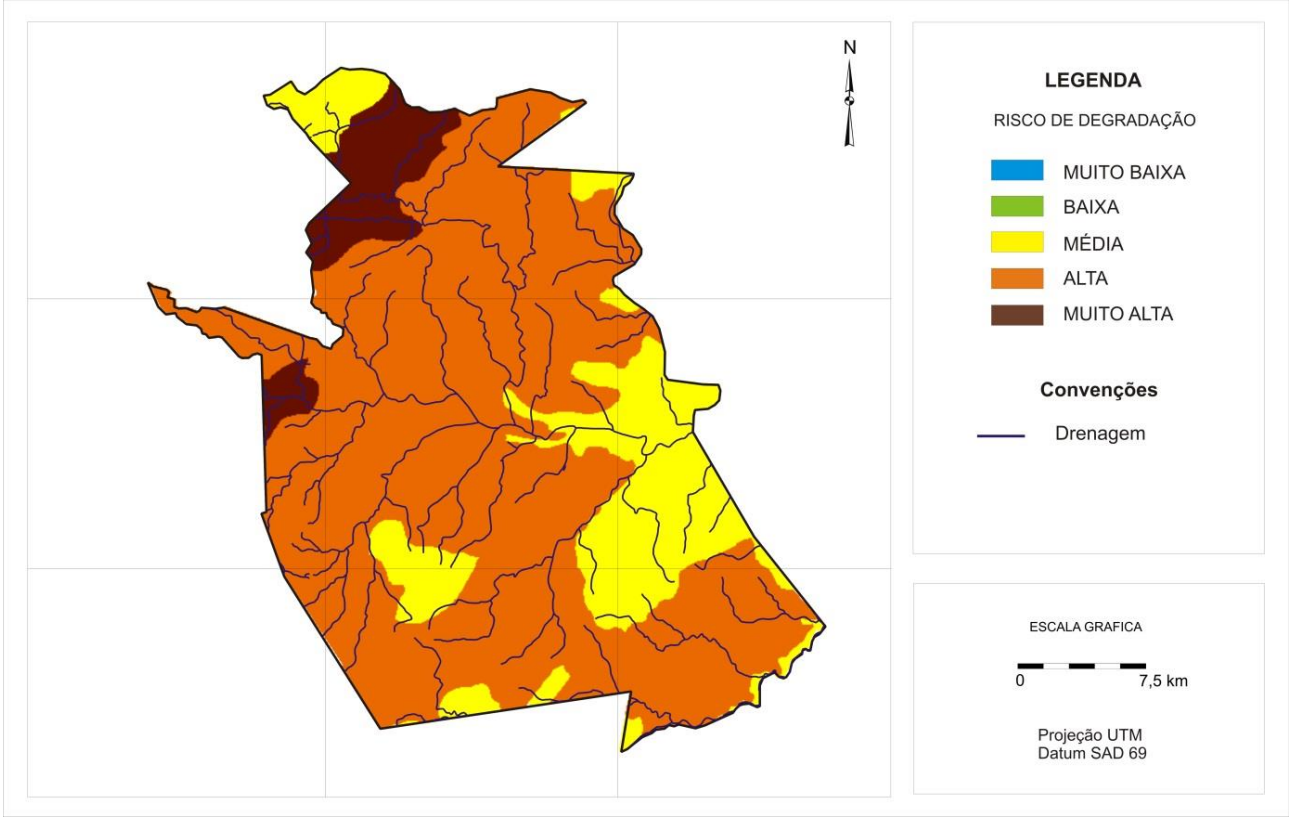


Figura 6. Risco de degradação conforme a erodibilidade.

A classe de erodibilidade média (0,02 a 0,03 Mg h MJ^{-1} mm^{-1}) com a segunda maior representação em área, 168,91 km^2, apresenta a maior diversidade de classes de solos. A

classe de erodibilidade baixa e muito baixa não houve representante. Resultado similar encontrado por Francisco *et al.* (2013) em área contigua, observaram que a classe de erodibilidade média apresentou uma área correspondendo a 38,2% e uma maior diversidade de classes de solos principalmente pelos Planossolos Nátricos.

Baseado nos dados observados e conforme se observa na Figura 7, pode se afirmar que, 39,59% das terras da área de estudo, uma área de 331,99 km^2, apresentam níveis médios de deterioração. A classe Média de deterioração encontra-se distribuída de forma difusa, por toda a área. Considerando a área de abrangência das classes de risco a deterioração das terras, pode se afirmar que a cobertura do solo foi o fator que mais contribuiu na determinação desta classe de deterioração.

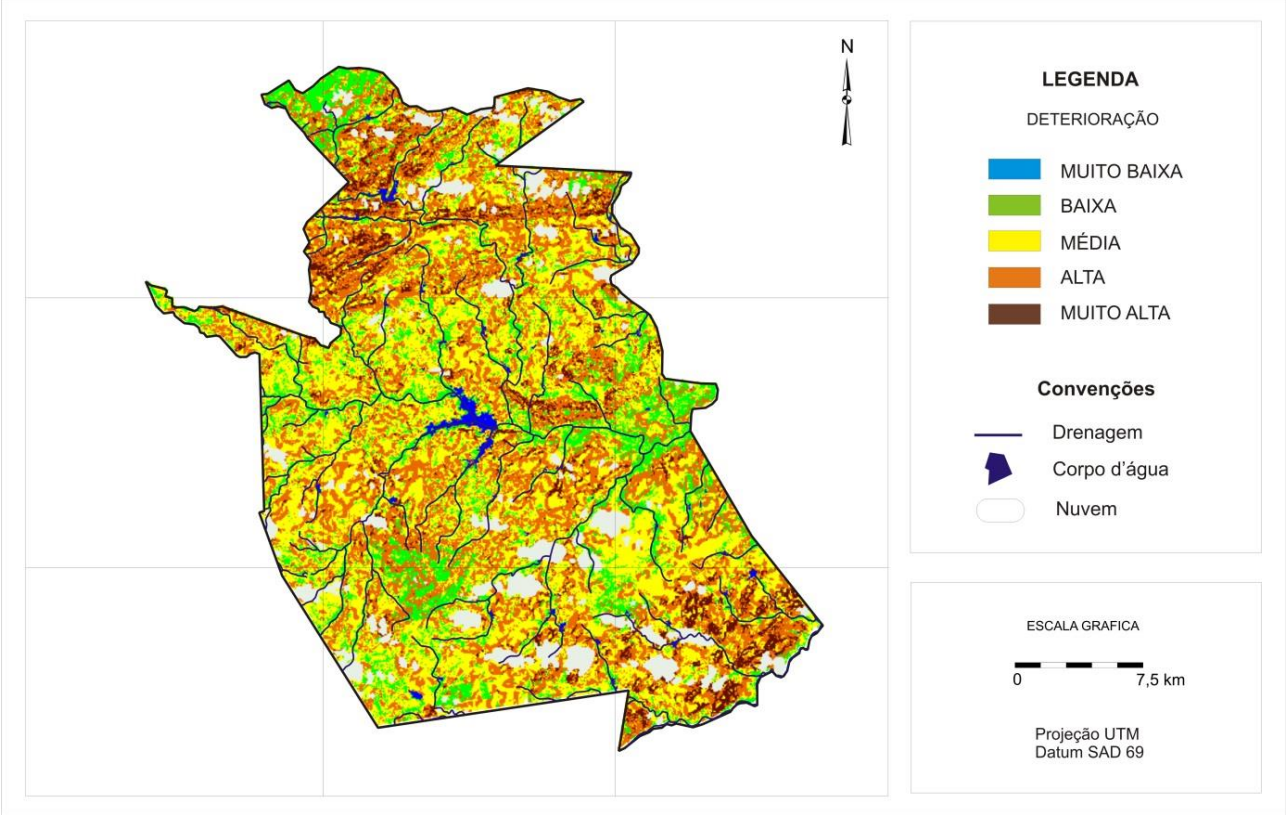


Figura 7. Deterioração das terras.

Em seguida vêm os solos mais propensos à erosão como principal fator contribuinte da classe Alta e Muito Alta de deterioração. Nos dois casos com áreas de ocorrência nas classes de 614,72 km^2 e 54,97 km^2, respectivamente.

Para a classe Muito Baixa de deterioração, pela metodologia utilizada não houve combinações algébrica para classificação nesta classe de deterioração. Já para a classe Baixa, o principal fator contribuinte foi a cobertura do solo, com 261,54 km^2 de área. Ajudando também a

amenizar as condições de riscos de erosão das áreas mais declivosas. Além da predominância da classe Média de deterioração das terras, observa-se que a classe Alta de deterioração se distribui em tamanho de área, relativamente próximo.

A classe de deterioração Baixa ocorre nas áreas protegidas pela vegetação mais densa, em grande parte das terras do terço médio próximo à drenagem. A classe Muito Alta de deterioração, por sua vez, ocorre em grande parte, no terço superior e inferior da área. Em grande parte, associada à alta erodibilidade dos Luvissolos Crômicos vérticos e ao baixo nível de proteção da vegetação ao solo da área. Resultados estes similares aos também observados por Chaves *et al.* (2013) e Francisco *et al.* (2013).

Observa-se que a metodologia utilizada neste trabalho permite levantar informações importantes sobre o diagnóstico físico conservacionista do município, estimando dados quantitativos da degradação dos solos e da vegetação. Visando a importância desse trabalho, recomenda-se a preservação ambiental das áreas diagnosticadas com riscos mais altos a degradação.

Conclusão

Com a utilização de técnicas de geoprocessamento e do Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS), permitiu mapear a deterioração ambiental das terras estimando dados quantitativos da deterioração ambiental.

As terras da área em estudo são predominantemente planas à suave onduladas, com declividades inferiores a 6%. A classe de erodibilidade Alta é representada pelos Neossolos Litólicos e os Luvissolos Crômicos. A classe Muito Alta e Alta devido a mais baixa proteção do solo pela vegetação totalizam 6,34% da área.

Os resultados demonstram que os níveis Alto e Muito Alto de deterioração das terras estão associados à alta erodibilidade dos Luvissolos Crômicos vérticos e ao baixo nível de proteção da vegetação do solo da área.

Referências

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2011). Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br. Acesso em 25 de março de 2011.

Brandão, M. H. M. (2009). Índice de degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio do Peixe-PB. In: *Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 13, 2009, Viçosa. Anais...Viçosa: Editora UFV.

Candido, H. G., Barbosa, M. P., & Silva, M. J. (2002). Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6(2), 368-371.

Chaves, I. de B., Lopes, V. L., Ffolliott, P. F., & Paes-Silva, A. P. (2008). Uma classificação

morfo-estrutural para descrição e avaliação da biomassa da vegetação da caatinga. *Revista Caatinga*, 21(2), p.204-213.

Chaves, I. de B., Francisco, P. R. M., & Lima, E. R. V. de. (2010). Classificação das terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o estado da Paraíba. In: *XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água*, Piauí. Anais...Piauí: SBCS, 2010. CD Rom.

Chaves, I. de B., Francisco, P. R. M., Chaves, L. H. G., Lima, E. R. V. de, & Silva, B. B. da. (2013). Mapeamento da degradação das terras de caatinga. In: *XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Florianópolis. Anais... Florianópolis: CBCS, 2013. CD Rom.

Costa, T. C. C., Accioly, L. J. O., Oliveira, M. A. J., Burgos, N., & Silva, F. H. B. B. (2002). Phytomass mapping of the Seridó caatinga vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. *Scientia Agrícola*, 59(4), 707-715.

Florenzano, T. G. (2002). Imagens de satélite para estudos ambientais. Oficina de Texto. São Paulo, 97p.

Francisco, P. R. M. (2010). *Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas*. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia.

Francisco, P. R. M. (2013). *Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB*. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.

Francisco, P. R. M., Chaves, I. de B., Chaves, L. H. G., Lima, E. R. V. de, & Silva, B. B. (2013). Modelo de mapeamento da deterioração das terras semiáridas. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, 17, 2013, Fortaleza. Anais... Fortaleza, p.1-10.

Francisco, P. R. M.; Chaves, I. de B.; & Lima, E. R. V. (2012). Mapeamento das Terras para Mecanização Agrícola - Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(2), p.233-249.

Francisco, P. R. M., Chaves, I. de B., Lima, E. R. V., Bandeira, M. M., & Silva, B. B. (2012a). Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(3), 676-693.

Francisco, P. R. M., Chaves, I. de B., Chaves, L. H. G., & Lima, E. R. V. de. (2012b).

Detecção de mudança de vegetação de caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(6), 1473-1487.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2009). Disponível em http://www.ibge.gov.br. Acesso em 12 de março, 2011.

Kazmierczak, M. L. (1996). *Indicadores de degradação ambiental*. FUNCEME, Fortaleza, Série Técnica n.4.

Kazmierczak, M. L., Seabra, F. B. (2007). Índice de susceptibilidade de degradação ambiental ISDA em áreas do cerrado paulista. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 18, 2007, Florianópolis. Anais… Florianópolis: INPE. p.2745-2752.

Leite, F. R. B., Soares, A. M. L., & Martins, M. L. R. (1994). Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará. In: *Conferência Nacional da Desertificação*, Fortaleza. Anais.... Brasília, Fundação Esquel Brasil. p.73-78.

Leite, F. R. B., Oliveira, S. B. P., Barreto, M. M. S., Carvalho, G. M. B. S., & Freitas Filho, M. R. (2003). Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na região do Médio Jaguaribe – CE. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 11, Belo Horizonte, 2003. Anais...INPE, p.1315-1322.

Lemos, J. J. S. (1995). *Desertification of drylands in Northeast of Brazil*. Riverside, California. Economic Department da University of California.

Lemos, J. J. S. (2001). Níveis de degradação no nordeste brasileiro. *Revista Econômica do Nordeste*, 32(3), p.406-429.

Novo, E. M. L. de M. (2008). *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 308p.

PARAÍBA. (1978). Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA – PB. *Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba*. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eletro Consult Ltda. 448p.

PARAÍBA. (2006). Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. *PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas*. Brasília, DF, 112p.

NASA. (2002). USGS. SRTM - Shuttle Radar Topography Mission Home Page.

Silva, B. B., Lopes, G. M., & Azevedo, P. V. (2005a). Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 13(2), p.11-21.

Silva, B. B., Lopes, G. M., & Azevedo, P. V. (2005b). Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens LANDSAT 5 – TM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20(2), p.243-252.

Tricart, J. (1977). *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN.

Varejão-Silva M. A., Braga, C. C.; Aguiar M. J. N., Nietzche M. H., & Silva, B. B. (1984). *Atlas Climatológico do Estado da Paraíba*. UFPB, Campina Grande.