
AValiação de Indicadores Biofísicos de Degradação/Desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil

Cláudia Maria Sabóia de Aquino
Prof^a Dr^a Dept^o Geografia e História da Universidade Federal do Piauí
cmsaboia@gmail.com
CV: <http://lattes.cnpq.br/0090245396610980>

José Gerardo Beserra de Oliveira
Prof^o Dr^o Dept^o Biologia da Universidade Federal do Ceará
jgboliv@ufc.br
<http://lattes.cnpq.br/2957496007530627>

Resumo: A desertificação, um tipo de degradação ambiental que assola as regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas do globo, tem causas e consequências complexas. Dentre as causas, podem ser destacadas as variações climáticas de ordem natural e/ou antrópica. Um dos resultados diretos destas variações climáticas é constatado a partir da redução da cobertura vegetal, que desencadeia e/ou acelera a erosão dos solos; e, em última instância, culmina em processo de desertificação. A complexidade deste processo exige o emprego da abordagem integrada. Foi empregado um conjunto de indicadores climáticos, morfopedológicos e bióticos, objetivando a realização de análise do processo de degradação/desertificação no núcleo semiárido de São Raimundo Nonato (PI). Estes indicadores foram combinados com o uso do sistema de informação *IDRISI 3.3.2*. A análise realizada, considerando os anos de 1987 e 2007, indica uma redução da degradação/desertificação na área de estudo. Em 1987, a distribuição nas classes de degradação/desertificação média foi de 70% e de 30% na classe alta, valores que, em 2007, passaram a 71% e 29%, respectivamente, o que parece caracterizar uma situação de equilíbrio dinâmico na área de estudo.

Palavras-Chave: Desertificação. Indicadores. Climáticos. Morfopedológicos. Bióticos. São Raimundo Nonato.

EVALUATION OF BIOPHYSICAL INDICATORS OF LAND DEGRADATION/DESERTIFICATION IN THE SÃO RAIMUNDO NONATO NUCLEUS, PIAUÍ, BRASIL

Abstract: The desertification process, a type of environmental degradation that devastates the arid, semi-arid and dry sub-humid regions of the globe, has causes and consequences that are complex. Among the causes, we can highlight the climatic variations of natural and/or anthropic order. One of the direct results of these climatic variations is observed from the vegetal coverage reduction, that unleashes and/or accelerates the erosion of the soils, and at the last instance, culminates in the process of desertification. The complexity of this process requires the employment of an integrated approach. A set of climatic, morphopedological and

biotic indicators was employed, with the objective of achieving the risk analysis of the degradation/desertification of the semi-arid nucleus of São Raimundo Nonato (PI). These indicators were combined with the utilization of *IDRISI 3.2.2* information System. The analysis that was realized, considering the years of 1987 and 2007, indicates a reduction of degradation/desertification of the studied area. In 1987, a distribution in the classes of average degradation/desertification was of 70% and 30% in the high class. These values were, in 2007, equal to 71% and 29%, respectively, which appears to characterize a situation of dynamic equilibrium of the studied area.

Keywords: Desertification. Indicators. Climatic. Morphopedological. Biotic. São Raimundo Nonato.

EVALUACIÓN DE INDICADORES BIOFÍSICOS DE DEGRADACIÓN/DESERTIFICACIÓN EN EL NÚCLEO DE SAN RAIMUNDO NONATO, PIAUÍ, BRASIL.

Resumen: La desertificación, un tipo de degradación ambiental que ataca las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas del globo, tiene causas y consecuencias complejas. Entre las causas podemos destacar las variaciones climáticas de orden natural y/o antrópica. Uno de los resultados directos de estas variaciones climáticas es constatado a partir de la reducción de la cobertura vegetal, que desencadena y/o acelera la erosión de los suelos, y en última instancia resulta en proceso de desertificación. La complejidad de este proceso exige el empleo de abordaje integrada. Fue empleado un conjunto de indicadores climáticos, morfo-pedológicos y bióticos, teniendo como objetivo la realización del análisis del riesgo de degradación/desertificación en el núcleo semiárido de San Raimundo Nonato – Piauí. Estes indicadores fueron combinados con el uso del sistema de información *Idrisi 3.3.2*. El análisis realizado, considerando los años de 1987 e 2007, indica una reducción de la degradación/desertificación en el área de estudio. En 1987 la distribución en las clases de degradación/desertificación mediana fue de 70% y de 30% en la clase alta, valores que en 2007 pasaron a 71% y 29%, respectivamente, lo que parece caracterizar una situación de equilibrio dinámico en el área de estudio.

Palabras Clave: Desertificación. Indicadores. Climáticos. Morfo-pedológicos. Bióticos. San Raimundo Nonato.

PANORAMA DA DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL

A desertificação, segundo a Convenção de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca-CCD, pode ser definida como a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas. A Agenda 21, em seu capítulo 12, considera degradação da terra a redução ou a perda da produtividade biológica ou econômica das terras agrícolas de sequeiro, de cultivo irrigado, dos pastos, das florestas e dos bosques.

No Brasil, as áreas susceptíveis à desertificação localizam-se principalmente na região semiárida do Nordeste (Figura 1), em uma área de aproximadamente 900 mil Km², onde vivem cerca de dezoito milhões de pessoas, 42% da população nordestina e 11% da

população do Brasil (IBGE, 2003). Levantamento das condições geoambientais desta região revela que esta é caracterizada por irregular distribuição espaço-temporal das precipitações, altas taxas de evapotranspiração e ocorrência de significativo número de meses secos. Os aspectos climáticos, combinados à litologia, em parte composta por substrato cristalino, coadunam com o estabelecimento de tipologias de solos de pouca profundidade, reduzida capacidade de retenção de água, o que limita consequentemente seu potencial produtivo. Todos esses elementos conjugados evidenciam a existência de um ecossistema frágil, condição que se agrava principalmente devido à degradação da cobertura vegetal e do uso incorreto das terras, pautado em técnicas rudimentares e predatórias, principalmente os desmatamentos e as queimadas (SILVA, et al. 2010). Ressalte-se que o emprego destas e de outras técnicas rudimentares resulta da inoperância do governo, no sentido de proporcionar ao pequeno e médio produtor rural das terras secas assistência técnica e financeira necessárias ao desenvolvimento de suas atividades.

A degradação ambiental, nos espaços sujeitos à aridez e à semiaridez, quando submetidos a práticas agrícolas incorretas e rudimentares, alcança o seu limite com o estabelecimento de processos de desertificação (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2012).

Figura 1. Núcleos e severidade da desertificação no território brasileiro



Fonte: MMA. (2012).

A extensão territorial do Estado do Piauí (251.576,644 Km²), aliada a variações geoambientais (litologia, unidades geomorfológicas, solos, clima e formações vegetais), exige que seja avaliada a sensibilidade à desertificação de seu território semiárido, a partir do emprego de indicadores consensuados. Diante desta constatação, o presente texto objetiva avaliar, com base em indicadores biofísicos (climáticos, morfopedológicos e bióticos), o processo de desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato (PI), Brasil, identificado em trabalho de Aquino (2002). A localização do referido Núcleo em ambiente semiárido permite, segundo a Convenção de Combate a Desertificação, analisá-lo na perspectiva da desertificação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na porção Sudeste do Estado do Piauí que integra a microrregião de São Raimundo Nonato. Distribui-se, de forma descontínua, entre as coordenadas 8° 57'65" e 9° 59'03" de latitude Sul e 42° 06'44" e 43° 03'25" de longitude Oeste, totalizando uma área de aproximadamente 6.988 km².

O núcleo de São Raimundo Nonato é composto por cinco municípios: São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, Bonfim do Piauí, São Lourenço e Dirceu Arcoverde, todos integrantes a microrregião de São Raimundo Nonato.

Considerando a geologia regional, o núcleo de São Raimundo Nonato situa-se em três grandes domínios geológicos: a Província São Franciscana, a Província Borborema e a Província Parnaíba.

As províncias São Franciscana e Borborema são essencialmente de composição e organização do Neoproterozoico, domínio Brasileiro; e, de acordo com Schobbenhaus & Neves (2003), consistem em um mosaico complexo de pequenos núcleos antigos Pré-Brasileiros circundados sistematicamente por faixas móveis Brasileiras.

A Província Parnaíba ocupa uma área de aproximadamente 600.000km² e um pacote sedimentar com espessura irregular que ultrapassa 3.000m. O ciclo de deposição da Bacia do Parnaíba ocorreu durante o Siluriano e o Devoniano, sob ambiente fluvioglacial e glacial passando a transicional (nerítico) e retornando a condições continentais (SCHOBENHAUS & NEVES, 2003).

Quanto ao aspecto geomorfológico (BRASIL, 1973), a área de estudo exhibe duas unidades morfoestruturais: 1) Superfície tabular estrutural (Serras da Capivara e Bom Jesus

do Gurgueia); 2) Superfície Pediplanada Pré-Cambriana. Resultantes da atuação dos fatores climáticos, têm-se na área três unidades morfoclimáticas: 1) vales pedimentados e interplanálticos; 2) formas erosivas dissecadas em mesas e 3) formas erosivas dissecadas em vales encaixados.

A análise climática da área de estudo baseou-se em dados de precipitação das séries anuais disponíveis em SUDENE (1990). A análise dos dados revelou valores médios anuais de precipitação variando de 707 a 996 mm.

A evapotranspiração potencial (ETP) da área de estudo apresenta valores em todos os postos analisados superiores a 1000 mm, com um valor médio de 1.462mm. Estes elevados valores de ETP resultam das elevadas temperaturas que ocorrem por causa da alta taxa de recebimento de radiação solar e suas consequências sobre a concentração de calor e de excedente energético, condições estas submetidas à região Nordeste do Brasil onde se situa a área de estudo.

Uma análise comparativa entre os valores médios de precipitação e evapotranspiração potencial justifica o significativo déficit hídrico, superior a 400 mm no Núcleo de São Raimundo Nonato. A variabilidade do conjunto destas condições climáticas imprime a esta região características de instabilidade, tornando-a suscetível a processos de desertificação.

Métodos

A amplitude conceitual do tema desertificação, definida como a “degradação da terra”, ideia esta complexa, porém vital, enseja o emprego da abordagem sistêmica, bem como o uso de indicadores já propostos quer por Vasconcelos Sobrinho (1978), Matallo Júnior (1999) ou ainda por Brasil (2004). Fundamentados na Convenção de Combate à Desertificação, que orienta o emprego de indicadores biofísicos nos estudos de desertificação, e ainda considerando os dados disponíveis, foram selecionados para avaliação da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato indicadores climáticos, morfopedológicos e biológicos.

Indicadores Climáticos

No eixo climático, foram avaliados o Índice Climático, o Índice de Aridez do UNEP (UNEP, 1991) e a Erosividade da Chuva.

O índice climático evidencia a severidade do clima na área de estudo. Este índice foi obtido a partir da combinação dos dados do índice Efetivo de Umidade e dos Meses Secos, computados segundo Thornthwaite & Mather (THORNTHWAITE & MATHER, 1955).

O Índice de Aridez (IA) é determinante na identificação das áreas do globo suscetíveis à desertificação. Sales (2003) afirma que a determinação desse índice permite conhecer *a priori* as limitações impostas pelo clima para a realização de atividades biológicas primárias, e, conseqüentemente, da produtividade agrícola indispensável ao desenvolvimento das sociedades humanas. Este Índice proposto pelo UNEP (1991) é o quociente entre a precipitação média e a evapotranspiração potencial anual, sendo esta computada pelo método de Thornthwaite.

A erosividade expressa a capacidade da chuva de erodir o solo. A erosividade da chuva foi estimada a partir da equação proposta por Bertoni & Lombardi Neto (1999):

$$R = \sum_{i=1}^{12} EI = 67,355(r_i^2 / P)^{0,85} \quad (1)$$

Em que:

EI é a média mensal do índice de erosão, em MJmm/ha.h.ano;

r é a precipitação média mensal, em mm,

P é a precipitação média anual, em mm.

Os doze valores mensais de EI foram somados para obtenção da erosividade anual da chuva da área de estudo.

Indicadores Morfopedológicos

Os indicadores morfopedológicos avaliados foram a Declividade e a Erodibilidade dos Solos.

A determinação das classes de declividade baseou-se no Modelo Digital de Elevação (MDE). Para a identificação das mesmas foi utilizado o utilitário *SLOPE* do *IDRISI 3.2*.

A erodibilidade representa a suscetibilidade que cada solo apresenta em relação ao potencial erosivo das chuvas. A erodibilidade dos solos da área de estudo foi estimada a partir da equação proposta por Römken et al. (1987; 1997), adaptada para gerar valores em unidades internacionais, como segue:

$$K = 0,0034 + 0,0405 \exp((-1/2) ((\log(Dg) + 1,659) / 0,7101))^2 \quad (2)$$

Em que:

K é a erodibilidade do solo, em ton.ha.h/ haMJmm,

log é o logaritmo decimal,

Dg é a média geométrica do diâmetro das partículas primárias, em mm, calculada de acordo com Shirazi & Boersma (1984) e expressa como:

$$Dg = \exp(0.01 \sum_{i=1}^3 f_i \cdot \ln M_i) \dots\dots\dots(3)$$

Em que:

f_i é a percentagem das frações granulométricas das partículas de areia, silte e argila,

ln é o logaritmo natural,

M_i é a média aritmética dos dois limites do diâmetro das partículas.

Indicador Biológico

No eixo biológico foi avaliado o índice cobertura vegetal a partir da dinâmica do NDVI. A ausência ou a presença de cobertura vegetal pode acentuar ou atenuar os processos de erosão dos solos. Quanto maior a proporção de solo exposto pelo decréscimo da cobertura vegetal maior a taxa de perda de solo.

O NDVI é a diferença da refletância no infravermelho próximo (banda 4 do sensor temático do Landsat 5 e 7) e a refletância no vermelho (banda 3 do sensor temático do Landsat 5 e 7); esta diferença é então normalizada pela soma das duas refletâncias como segue:

$$NDVI = \frac{NR-R}{NR+R} \quad (4)$$

Onde:

NDVI é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR é a refletância no Infravermelho próximo;

R é a é a refletância no vermelho próximo.

A situação da degradação/desertificação da área de estudo em seus diferentes níveis de comprometimento foi avaliada conforme algoritmo abaixo:

$$D = [IC+R+K+D+ICV_{(1987 \text{ e } 2007)}] \quad (5)$$

Em que:

D é a Degradação/desertificação;

IC é o Índice Climático;

R é a Erosividade;

K é a Erodibilidade;

D é a Declividade;

ICV_(1987 e 2007) é o Índice de Cobertura Vegetal para os anos de 1987 e 2007.

RESULTADOS

Indicadores climáticos

O índice de aridez proposto pelo UNEP (1991) para a identificação das terras secas suscetíveis à desertificação foi aplicado e revelou níveis diferenciados de aridez para a área de estudo, com valores que variam de $<0,20$ a $<0,65$, com predominância de valores entre $0,20$ a $0,50$, permitindo o enquadramento climático da área na tipologia semiárida. Os valores do Índice Efetivo de Umidade (THORNTHWAITE & MATHER, 1955) obtidos variaram de -33 a -60 indicando a ocorrência de um clima semiárido para a área de estudo. O coeficiente de variação da precipitação pluviométrica dos postos pluviométricos, empregados na caracterização do clima da área de estudo, variou de $28,2\%$ a $43,9\%$.

Com relação à distribuição temporal das precipitações, constatou-se que a área de estudo apresenta de oito a onze meses secos, evidenciando o problema de baixa disponibilidade de água na região, e de concentração temporal de chuvas em um período que varia de três a quatro meses, o que pode favorecer os processos de erosão agravados pela pouca proteção oferecida pela vegetação da área.

Este conjunto de características do clima evidencia a fragilidade climática e, conseqüentemente, ecológica da área de estudo.

O menor valor de erosividade R obtido, considerando os postos inseridos na área de estudo, foi de $4.006 \text{ Mj.mm/há.h.ano}$ no posto Riacho das Vacas; e o maior valor foi de $5.217 \text{ Mj.mm/há.h.ano}$ no posto Cavalheiro. Estes valores de R obtidos para a área de estudo são compatíveis com os constantes em Cecílio (2008) que apresenta, para as localidades Alagoinhas (PB), Areia (PB) e Caruaru (PE), todas localizadas no semiárido brasileiro, os seguintes valores de erosividade 3.423 , 3.875 e $2.060 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$, respectivamente. Os valores de R da computados também são similares aos obtidos por Campos Filho et al. (1992), Albuquerque et al (2002), Sales (2003) e Silva et al. (2008).

A distribuição espacial dos valores de erosividade indica que 67,7% da área de estudo apresentam valores de R variando de Muito Baixo a Moderado, e que em apenas 32,3% da área os valores variam de alta a muito alta erosividade, condição muito boa, não fosse a vegetação do tipo caducifólia.

Indicadores morfopedológicos

Há predominância na área de estudo de relevos do tipo plano a suave ondulado. O somatório destas duas classes perfaz 74,7% do total da área estudada, o que implica que apenas 25,3% da área apresentam relevos que variam de ondulado a escarpado, permitindo inferir ser o fator declividade favorável à exploração agropecuária, limitada apenas em função do aspecto climático e, em especial, da concentração das precipitações.

Os valores menor e maior de K, em ton.ha.h/MJ.mm.ha, foram, 0,015 para o grupo dos Latossolos e 0,030 para o grupo dos Neossolos Litólicos.

Nas classes de erodibilidade muito baixa e baixa foram encontrados, respectivamente, 100%, 60% e 20% das associações de solos Neossolos Regolíticos, Latossolos e Argissolos.

Os resultados de baixa erodibilidade, e consequentemente menor suscetibilidade à erosão, encontrados para Neossolos Regolíticos e Latossolos, são coerentes com os resultados de Leprun (1988), Silva (1994 b) e Bueno et al. (2000). Estes baixos valores de erodibilidade resultam das características físicas destes solos, tais como altas permeabilidades e elevadas percentagens de areia, que aumentam a capacidade de infiltração, e, consequentemente, diminuem o escoamento superficial e o transporte do material desagregado da superfície do solo.

Nas classes de erodibilidade moderada, moderadamente alta e alta foram encontrados, respectivamente, 100%, 80% e 40% das associações de solos, Luvisolos e Neossolos Litólicos, Argissolos e Latossolos.

Os dados permitiram inferir que 20,3%, 19%, 36,7%, 9,6% e 14,4% da área de estudo apresentam respectivamente valores de erodibilidade muito baixos, baixos, moderados, moderadamente altos e altos.

Em 60,7% da área de estudo há associações de solos situados nas categorias de moderada, moderadamente alta e alta erodibilidade, com predominância destas categorias nas seguintes associações de solos: Argissolos, Neossolos Litólicos e nos Luvisolos.

De modo geral, as associações de solos supracitadas apresentam predominantemente características físicas desfavoráveis, principalmente ligadas ao gradiente textural

(granulometria mais fina do tipo argila e silte), aliada à baixa permeabilidade no horizonte subsuperficial, o que lhes confere valores elevados de erodibilidade, e conseqüentemente alta susceptibilidade à erosão.

NDVI

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) varia de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior o vigor da vegetação, mais densa a cobertura vegetal, maior a proteção que esta oferece contra a erosão e maior a atividade fotossintética (SANTOS & NEGRI, 1997).

Os valores de NDVI estimados para a área de estudo foram reclassificados em seis classes: alta, muito alta, moderadamente baixa, baixa, muito baixa e solo exposto, representando os diferentes graus de proteção oferecidos pela cobertura vegetal ao solo. A Tabela 1 apresenta a distribuição absoluta e relativa dos valores de NDVI por classes para os anos de 1987 e 2007.

Por meio da Tabela 1, constata-se não ter havido alterações nos valores de NDVI nas classes Alta e Moderadamente Baixa; na classe Moderadamente Alta houve um pequeno aumento da ordem de 0,6 km².

Mudanças mais significativas são constatadas nas classes de NDVI baixo, muito baixo e solo exposto. Houve decréscimo na classe baixa de 3,2% para 0,7%; a classe muito baixa aumentou de 71,8% para 86,7% e na classe solo exposto verificou-se redução de 25% para 13,3%.

Tabela 1 - Valores absolutos e relativos de NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos 1987 e 2007, com as respectivas classes de proteção

Classes de Proteção (NDVI)	Área no Nível (km ²)		% da Área Total no Nível	
	1987	2007	1987	2007
Alta	0,12	0,12	---	---
Moderadamente alta	0,28	0,22	---	---
Moderadamente baixa	1,23	1,23	---	---
Baixa	223,6	51,87	3,2	0,7
Muito Baixa	5018,3	6007,9	71,8	86,0
Solo Exposto	1744,3	926,6	25,0	13,3
Nível de Proteção da cobertura vegetal			15,7	17,5
Índice V de Cramer = 0,4169				
Índice Kappa = 0,7680				

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (2009).

De modo geral, constata-se que, na área de estudo, a variabilidade das faixas de NDVI de > 0 a $< 0,4$. Estes valores são semelhantes aos obtidos em estudo de Braga et al. (2008) que, analisando a variabilidade sazonal do NDVI, na região Nordeste, para o período de 1981 a 1991, constataram que os valores de NDVI oscilaram entre 0,15 e 0,62.

Os resultados obtidos por Lopes et al. (2010) também corroboram os aqui obtidos. Os autores, ao avaliar mudanças na cobertura vegetal, a partir do NDVI, na bacia hidrográfica do rio Brígida (Pernambuco), obtiveram valores mínimo, máximo e médio para o ano de 1985 da ordem de 0,09, 0,24 e 0,12. Para 2001, os valores obtidos foram de 0,09, 0,42 e 0,14, permitindo inferir a presença de uma vegetação bastante rala na área de estudo, à semelhança da identificada no Núcleo de São Raimundo Nonato.

O valor de Kappa obtido, considerando os mapas temáticos de NDVI para o ano de 1987 e 2007, foi de 0,7680, valor este que permite inferir uma semelhança considerável entre os mapas dos referidos anos, confirmando as poucas modificações constatadas nas classes de NDVI estabelecidas para o Núcleo de São Raimundo Nonato, com uma acurácia muito boa. O Índice V de Cramer foi de 0,4169, evidenciando, contudo, diferenças estatisticamente significativas entre estas imagens em nível de 5%.

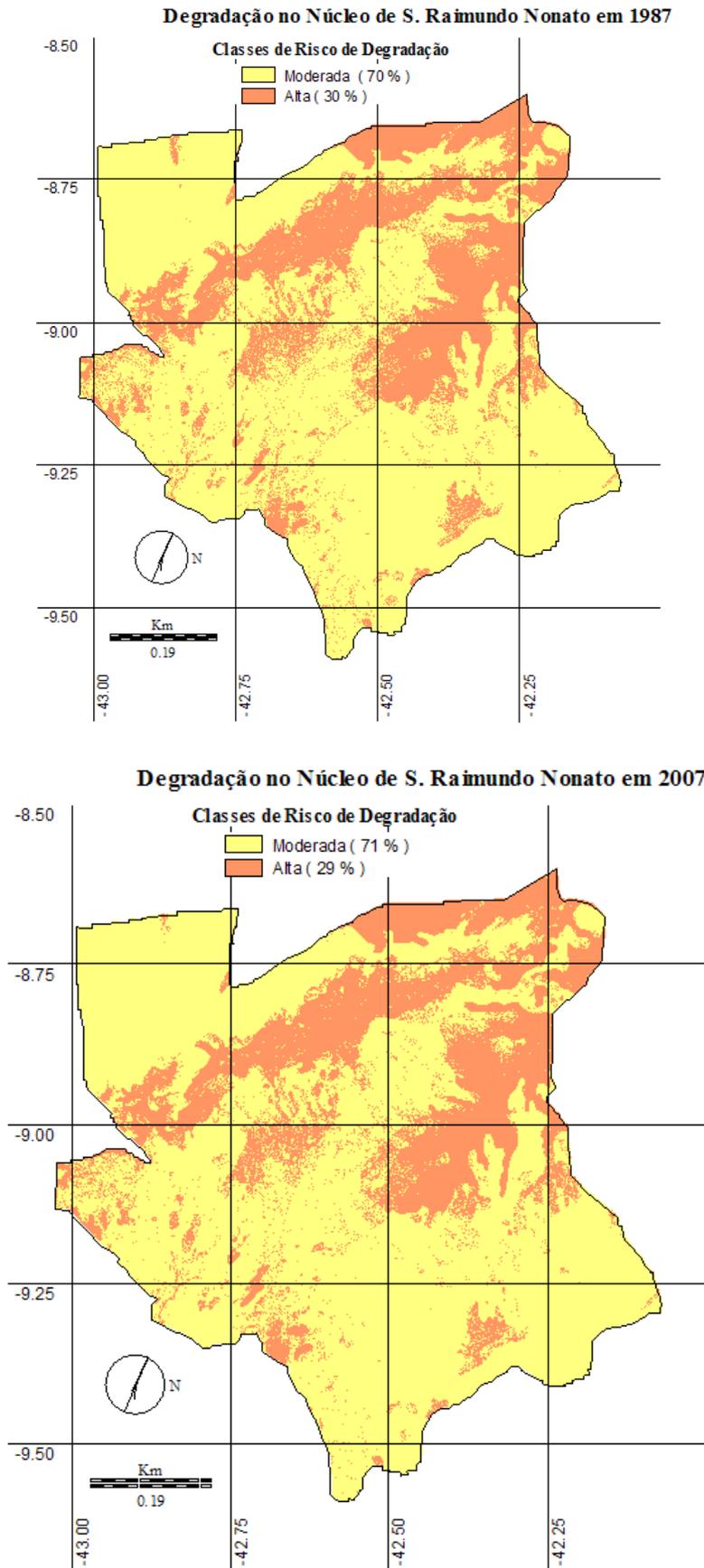
De acordo com os dados da Tabela 1, pode-se afirmar que, de modo geral, que houve melhoria nos níveis de proteção vegetal na área de estudo entre os anos analisados, pois a proteção que em 1987 era de 15,7% passou para 17,5% em 2007.

Análise temporal da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato

A análise da dinâmica da degradação/desertificação do Núcleo de São Raimundo Nonato baseou-se no uso da Equação 5. A combinação do conjunto de informações resultantes da aplicação desta equação no *software IDRISI 3.2.2* permitiu a geração da Figura 2.

A Figura 2 apresenta a distribuição da degradação/desertificação na área de estudo nos anos de 1987 e 2007. Em 1987, a distribuição nas classes de degradação/ desertificação média e alta foi de 70% e 30% respectivamente. Em 2007, a distribuição mudou para 71% e 29% nas classes de média e alta degradação efetiva. Constatam-se modificações muito sutis no sentido de uma melhoria na condição do ambiente, haja vista um decréscimo na classe de alta degradação efetiva, que, em 1987, era de 30%, e, em 2007, passa a 29%, uma redução de 1%; daí poder-se afirmar que a área no período analisado evidenciou uma situação de equilíbrio dinâmico.

Figura 2. Degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato. Comparação entre os anos de 1987 e 2007.



CONCLUSÕES

A avaliação da degradação/desertificação da área de estudo, considerando o emprego de indicadores climáticos, morfopedológicos e biológicos, em uma análise multitemporal, denota para o ano de 1987 níveis moderados de degradação (70%) e altos (30%). Para o ano 2007, constata-se que 71,% da área apresentam situação de degradação moderada e 29% degradação alta. Estes dados revelam uma situação de equilíbrio ecológico dinâmico na área com tendência à melhoria, embora pequena nas condições de degradação ambiental; ou seja, no processo de desertificação para a área de estudo. Estes resultados *a priori* sugerem uma redução da pressão sobre recursos que, com o tempo, poderão conduzir à recuperação da área.

Ressalte-se que a inexistência de classe de degradação/desertificação baixa resulta do ritmo climático altamente sazonal, da constante e significativa irregularidade climática, bem como da condição de aridez a que está submetida a área de estudo, e que, ao longo de décadas, tem comprometido os parques recursos naturais e desencadeado processos de desertificação.

Ressalte-se que, aliadas à fragilidade natural do ambiente em estudo, coexistem neste práticas inadequadas de manejo do solo e da água, que, segundo a Convenção de Combate à Desertificação, podem desencadear processos de degradação do tipo desertificação.

As áreas de elevada degradação evidenciam um equilíbrio precário entre a fauna, a flora e as condições do meio (clima, solo, topografia, cobertura vegetal etc.). Estas áreas exigem atenção especial, no sentido de que sejam desenvolvidas ações que orientem a adoção de formas de uso e ações tecnicamente adequadas a esta condição, bem como a promoção de ações que visem à recuperação das áreas de alta degradação. Assinale-se que, para a consecução destas propostas, se faz necessária a revitalização dos serviços de assistência técnica e de extensão rural, e ainda a implantação de legislações ambientais pertinentes.

Sugere-se a continuidade do monitoramento do processo de degradação/desertificação do Núcleo de São Raimundo Nonato (PI), bem como a ampliação do emprego da metodologia para as demais áreas do Estado suscetíveis a desertificação.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J.R. Manejo da cobertura do solos e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 136-141, 2002.

AQUINO, C. M. S. **Suscetibilidade Geoambiental das Terras Secas do Estado do Piauí à Desertificação**. Dissertação de Mestrado – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

BERTONI, J. & F. LOMBARDI NETO. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999.

BRAGA, C.C.; BRITO, J.I.B.; SANSIGOLO, C.A. **Sazonalidade de índice de vegetação sobre o Nordeste do Brasil**. Disponível em: <http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/09.12.13.37/doc/Braga_Sazonalidade%20de%20indice.pdf.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2008.

BRAGA, C.C.; BRITO, J.I.B.; SANSIGOLO, C.A.; RAO, T. V. R. Tempo de resposta da vegetação às variações sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, p. 149-157, 2003.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. **Levantamento de Recursos Naturais**: Parte das Folhas SC.23 – Rio São Francisco e SC.24 Aracaju. Rio de Janeiro, Vol.1, 1973.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação Nacional de Combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, PAN-BRASIL**. Edição comemorativa dos 10 anos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – CCD. Brasília: MMA, 2004. 225p.

BUENO, C.R.P.; STEIN, D. P.; GARCIA, G. J. Distribuição espacial do potencial natural de erosão na alta e média bacia do rio Jacaré-Pepira, SP. **Revista Ciências Biológicas e do ambiente**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 139-153, maio/ago. 2000.

CAMPOS FILHO, O. R. I. de F. da SILVA, A . P. de ANDRADE & J. C. LEPRUN. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 9, p. 1363-1370, 1992.

CECÍLIO. R. A. Estimativa da erosão a partir da Equação Universal de Perdas do solo. Disponível em: <<http://www.nedtec.ufes.br/prof/Roberto/disciplinas/manejo/USLE.pdf.>>. Acesso em: nov. 2008.

EASTMAN, J.R. **IDRISI 3.2 Production**. Clark University, Worcester, MA, USA, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de 2000: características da população e dos domicílios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

LEPRUN, J. C. **Manejo e conservação de solos no Nordeste**. Recife: SUDENE, 1988.

LOPES, H.; CANDEIAS, A.L.B.; ACCIOLY, L.J.O.; SOBRAL, M. do C.M. & PACHECO, A.P. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p.1210-1219, 2010.

LOPES, H.; SATIRO, A.V.; CANDEIAS, A.L.B.; ACCIOLY, L.J.O. Análise preliminar da degradação ambiental na bacia do Brígida- PE utilizando imagens TM e ETM+. In: **II**

Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju, p.1501-1508, nov., 2004.

MATALLO JÚNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectiva**. Brasília: UNESCO, 2001.

ROMKENS, M. J.M., R.A. YOUNG, J.W. A POESEN, D.C. McCOOL, S.A.EL-SWAIFY e J.M. BRADFORD – Soil Erodibility Factor (K). In: RENARD, K.G., G.R. FODSTER, G.A WEESIES, D. K. McCOOL & D.C. YODER (Coordinators). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation, Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). **Agriculture Handbook**, Washington: USDA/ARS, n. 703, 1997.

ROMKENS, M. J.M., S. N. PRASAD & J.W. A POESEN. Soil Erodibility na Properties. In: **Anal of the VIII CONGRESS of the ISSS**, Hamburg, p. 492-503, out. 1987.

SALES, M. C. L. **Estudos climáticos, morfopedológicos e fitoecológicos no núcleo de desertificação de Irauçuba - Ceará**. 2003. Tese (Doutorado em Geografia) – USP/FFLCH, São Paulo, 2003.

SALES, M.C.L. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste Brasileiro. In: **GEOUSP: espaço e tempo**, São Paulo, n. 11, 2002.

SANTOS, P.; NEGRI, A. J. A comparasion of the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and northeastern Brazil. **Journal of applied meteorology**, Washington, v. 36, n. 7, p. 958-965, 1997.

SCHOBENHAUS, C; BRITO NEVES, B.B. A Geologia do Brasil no contexto da plataforma Sul-Americana. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONCALVES, J.H.(org). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas & Sig**. Brasilia: CPRM, 2003.

SHIRAZI, M. A. & BOERSMA, L. A. A unifying quantitative analyses of soil texture. **Soil Science Society of America Proceedings**, Las Vegas, v. 48, n. 1, p.142-147, 1984.

SILVA, A.P. N.; MOURA, G.B.A.; GIONGO, P.R.; SILVA, B.B. Albedo de superfície estimado a partir de imagens Landsat 5 – TM no semiárido brasileiro. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 27, n. 1, jan/mar. 2010.

SILVA, R. M.; CAMPOS, S.M. F.; SANTOS, C.A. **Erosividade da chuva e desertificação no semiárido paraibano**. Disponível em: <<http://www.semiluso.com.br/artigoslivros/erosividadedachuva.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2008.

SILVA, J.R.C. **Erodibilidade dos solos do Ceará: distribuição espacial e avaliação de métodos para sua determinação**. 1994. Tese para concurso de professor titular, Departamento de Solos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994.

SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste: Estado do Piauí**. Recife, 1990.

THORNTHWAITE, C.W & J.R. MATHER. **The Water Balance. Publications in Climatology.** N. Jersey: Centerton, v. VIII, n. 1, 1955.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification.** Nairobi, 1991.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para identificação de processos de desertificação:** manual de indicadores. Recife: SUDENE, 1978.