

## ANÁLISE INTEGRADA DE INDICADORES SOCIOECONOMICOS E SOCIOAMBIENTAIS NA AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO NA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DA BAHIA

Thaiane Bonfim Silva<sup>1</sup>

Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha<sup>2</sup>

Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS  
Br 116, km 03, 44431-460 - Feira de Santana - Bahia, Brasil  
thaiane.thay@hotmail.com<sup>1</sup>  
wrocha@uefs.br<sup>2</sup>

**Abstract.** Desertification has direct consequences on man and environment, and indirectly on the world economy, being one of the major environmental issues arising from increasing environmental degradation. In Brazil, according to data from the Ministry of Environment, 32 million people live in areas with potential of becoming desert, which is, in total, equivalent to 15.7% of Brazilian territory (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2007). According to the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), this phenomenon leads to deterioration of land, followed by loss of soil fertility, reduced water availability and productivity declines. Occurs in arid, semi-arid and dry sub-humid regions as products from factors such as climatic variations and human activities. Given this framework, the formulation of indicators of desertification in areas with these characteristics is fundamental to understand the extent of the problem. This research aimed to make an analysis of desertification indicators obtained for northeastern state of Bahia. The methodology of this study was based on the papers of Hector Mattalo Jr. (2001), which proposes the analysis of different indicators combined. The use of Geographic Information Systems (GIS) has realized a technological tool of great importance in this research, especially with regard to systems for data integration. On that perspective, this study helps to reveal, to characterize and monitoring the progress of desertification processes, but also generate database, enabling the formulation of adaptation measures and actions.

**Palavras-chave:** geoprocessing, HDI, index of aridity, mapping, semi-arid geoprocessamento, IDH, índice de aridez, mapeamento, semi-árido.

### 1. Introdução

A mudança rápida e intensa no uso do solo tem produzido impactos ambientais significativos, a exemplo da degradação da vegetação nativa (que acelera o processo erosivo), alterações em povoamentos e populações faunísticas, assoreamento, diminuição na vazão dos rios, redução da biodiversidade e dentre outros a desertificação (VALLADARES, 2008).

A desertificação representa uma das maiores problemáticas ambientais resultantes do crescente processo de degradação ambiental, significando segundo a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD) a deterioração das terras, seguida de perda da fertilidade dos solos, redução da disponibilidade hídrica e queda da produtividade. Ocorre, ainda de acordo com a UNCCD, em regiões áridas, semi-áridas e subúmidas secas e advêm de fatores como variações climáticas e atividades humanas.

Esse fenômeno vem afetando praticamente todos os continentes e, segundo Cavalcanti (2001), ocorre em mais de 100 países do mundo, causando a perda de sistemas ecológicos produtivos e gerando situações de risco para a população, sendo, portanto, um problema de dimensão global. As perdas econômicas anuais devido à desertificação giram em torno de 4 bilhões de dólares e o custo de recuperação dessas terras chega a 10 bilhões de dólares por ano, em escala planetária (SOUZA, 2000). No entanto, é importante considerar que sua evolução ocorre em cada local de modo específico e tem conseqüências diretas e indiretas sobre o homem e o meio ambiente.

No Brasil a desertificação atinge a parcela da população mais vulnerável. De acordo com Santos (2008), dos 1.482 municípios comprometidos de alguma forma, 771 apresentam os menores índices de desenvolvimento humano (IDH). Santos (2008) revela também, que na

Bahia mais de 300 mil quilômetros quadrados encontram-se susceptíveis à desertificação, e apresentam características climáticas que podem evidenciar a degradação do ambiente, juntamente com a ação antrópica indiscriminada.

Diante deste quadro, a formulação de indicadores de desertificação em áreas com estas características torna-se fundamental para compreender a extensão do problema. Assim, esta pesquisa teve por objetivo fazer uma análise dos indicadores de desertificação obtidos para região Nordeste do estado da Bahia, especificamente nos municípios de Abaré, Antas, Canudos, Chorrochó, Coronel João Sá, Curaçá, Glória, Jeremoabo, Juazeiro, Macururé, Novo Triunfo, Paulo Afonso, Pedro Alexandre, Rodelas, Santa Brígida e Uauá (Figura 1). Estes foram escolhidos em função de serem apontados como áreas de alto risco à desertificação em diversos estudos, a exemplo do PROGRAMA DE AÇÃO NACIONAL DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA SECA (PAN-BRASIL), uma importante referência para esta pesquisa, pois apresenta o trabalho realizado, ao longo de 2003 e 2004, por entidades governamentais e não-governamentais, visando a criação de condições de prosperidade para uma região com grandes déficits sociais e produtivo.

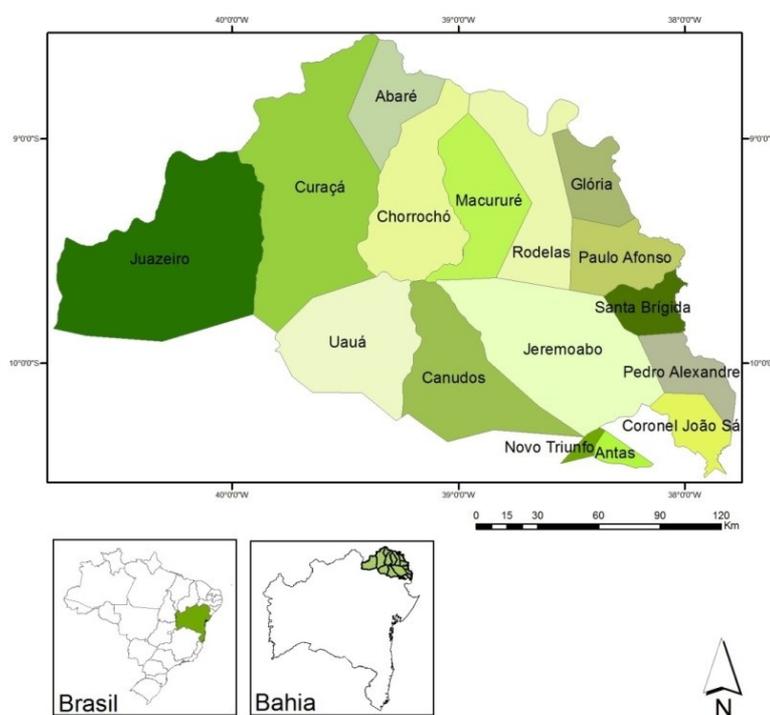


Figura 1. Localização da área de estudo.  
Fonte: SIG- Ba, (2002).

A área delimitada para estudo localiza-se entre as coordenadas geográficas  $40^{\circ} 47' 0''$  e  $37^{\circ} 45' 30''$  W e  $08^{\circ} 32' 0''$  e  $10^{\circ} 31' 0''$  S, situando-se na região Nordeste da Bahia. Está sob ação dos climas semi-árido, com precipitação média anual de 500 a 800 mm; e árido, com precipitação de 300 a 500 mm (SEI, 1999). As chuvas distribuem-se irregularmente durante o ano.

A área estudada apresenta uma cobertura vegetal com o predomínio da caatinga arbórea-arbustiva e da caatinga parque. Atividades como agricultura e pecuária são realizadas em expressivas extensões da área, com destaque para os rebanhos bovinos, ovinos e caprinos (SIG-Ba, 2002).

Estudos apontam que a maioria dos solos é de baixo potencial para a agricultura. Oliveira & Coriolano (2010) afirmam que as condições físicas dos solos, pouco profundos, com baixa

permeabilidade, aliada à histórica e característica irregularidade das chuvas na região semi-árida, induzem à certeza de que esse meio natural possui sérias restrições às práticas agrícolas.

## 2. Metodologia de Trabalho

Dada a complexidade e transdisciplinariedade da desertificação (PACHÊCO et al. 2006) tornou-se indispensável uma abordagem multifacetada deste processo. Assim, a metodologia empregada nesta pesquisa baseou-se nos estudos de Heitor Mattalo Jr. (2001), que propõe a análise de diferentes indicadores combinados, “pois nenhum indicador pode sozinho, prover as informações necessárias para o diagnóstico da desertificação” (MATALLO JR, 2001).

Neste contexto, o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) compreende um ferramental tecnológico de grande importância neste estudo, principalmente no que diz respeito a sistemas para integração de dados. Este sistema permite adquirir, combinar, analisar e reproduzir informações codificadas espacialmente e de diferentes fontes, tais como imagens de satélite, mapas topográficos, limites de propriedade, e dentre outros, foco principal desta pesquisa, os dados de censo populacional (SILVA, 2003).

Para produção dos mapas utilizou-se o *software* Arcgis 9.3, disponibilizado pelo Programa de Pós-Graduação em Modelagem da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Realizou-se um levantamento de dados climáticos e socioeconômicos dos municípios envolvidos, a partir de pesquisa em instituições como o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia- SEI e informações publicadas no Atlas do Desenvolvimento Humano e no Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Após a estruturação do banco de dados, foram feitos cruzamentos e análises dos indicadores climáticos (a exemplo do índice de aridez) e dos dados de setores censitários (como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)). No fluxograma a seguir (Figura 2), estão descritos de forma sucinta os procedimentos metodológicos empregados no decorrer desta pesquisa.



Figura 2. Fluxograma geral dos procedimentos metodológicos.

No cálculo do índice de aridez (IA) adotou-se a fórmula sugerida pelas Nações Unidas:

$$IA = \frac{Pr}{ETP}$$

(1)

Onde, Pr é a precipitação pluvial média anual (mm/ano) e ETP é a evapotranspiração potencial média anual (mm/ano). Foram utilizados dados de precipitação para o período de 1961 à 1999 provenientes do INMET. Os dados meteorológicos necessários para o cálculo da ETP, pela equação de Penman Monteith modificada, foram de estações meteorológicas do INMET e de Órgão Regionais e Estaduais de Meteorologia, disponíveis nas Séries de Estudos e Pesquisas da SEI (1999).

De acordo com Santos (2008), a definição de aridez deriva de metodologia desenvolvida por Thornthwaite em 1941, posteriormente ajustada por Penman, com a finalidade de estabelecer a classificação climática das regiões (Tabela 1). Conforme esta definição, o grau de aridez de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva e da perda máxima possível de água através da evapotranspiração potencial, que corresponde à quantidade de água necessária para manter a vegetação turgescendo durante todo ano (SANTOS, 2008). É calculada em função das precipitações e temperaturas médias mensais anuais, além de alguns fatores de correção.

Tabela 1. Categoria de clima de acordo com o índice de aridez.

|                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| Hiper-árido     | Entre 0,03 e 0,20 |
| Semi-árido      | Entre 0,21 e 0,50 |
| Sub-úmido seco  | Entre 0,51 e 0,65 |
| Sub-úmido úmido | Entre 0,65 e 1,0  |
| Úmido           | > 1,0             |

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2003).

Vale salientar que de acordo com definição de desertificação das Nações Unidas às terras árida, semi-árida e sub-úmida seca são susceptíveis aos processos de desertificação.

O IDH resulta da síntese de três indicadores: o Produto Interno Bruto (PIB) per capita, que considera apenas a dimensão econômica do desenvolvimento; a Expectativa de Vida e a Taxa de Alfabetização de pessoas com 15 anos ou mais de vida. Essas três dimensões têm a mesma importância no índice, que varia de zero (que corresponde a nenhum desenvolvimento) a um (isto é, desenvolvimento humano total). Sendo assim, tem-se a seguinte classificação (ver tabela 2).

Tabela 2. Classes do IDH

|           |                     |
|-----------|---------------------|
| IDH Baixo | Entre 0 e 0,499     |
| IDH Médio | Entre 0,500 e 0,799 |
| IDH Alto  | Entre 0,800 e 1     |

Fonte: IBGE.

### 3. Resultados e Discussão

Segundo Matallo Jr. (1999), o índice de aridez correlaciona-se com a susceptibilidade à desertificação, sendo então considerada muito alta, a susceptibilidade à desertificação para regiões com índice de aridez entre 0,05 e 0,20; alta para regiões com índice de aridez entre 0,21 e 0,50; e moderada para regiões com índice de aridez entre 0,51 e 0,65.

A partir da seleção dos parâmetros climatológicos, precipitação média anual e evapotranspiração potencial, foi possível estabelecer os índices de aridez para os municípios da área de estudo, com base no cálculo definido pelas Nações Unidas. Conforme pode ser observado na Tabela 3, a maior parte dos municípios da área de estudo apresenta o IA variando em média entre 0,30 e 0,50, o que indica alta susceptibilidade à desertificação de

acordo com Matallo Jr. (2001). Rodelas e Canudos registraram os menores índices de aridez na área de estudo, 0,27 e 0,28, respectivamente. Com base em estudos recentes pode-se inferir que no município de Rodelas o problema de aridez acentua-se, com a predominância de neossolos quartzarênicos (EMBRAPA, 1979) e vegetação formada por caatinga hiperxerófila.

Tabela 3. Relação dos municípios estudados e seus respectivos índices médios de precipitação pluvial anual (Pr), evapotranspiração potencial anual (ETP) e aridez (Ia), para capacidades de água disponível - CAD de 50 mm e 125 mm

| Municípios             | CAD 50 mm |          |             | CAD 125 mm |          |             |
|------------------------|-----------|----------|-------------|------------|----------|-------------|
|                        | Pr. (mm)  | ETP (mm) | IA          | Pr. (mm)   | ETP (mm) | IA          |
| <b>Abaré</b>           | 529.2     | 1411.4   | <b>0,37</b> | -          | -        | -           |
| <b>Antas</b>           | -         | -        | -           | 893.9      | 1161.5   | <b>0,76</b> |
| <b>Canudos</b>         | -         | -        | -           | 378.9      | 1328.9   | <b>0,28</b> |
| <b>Chorrochó</b>       | -         | -        | -           | 427.8      | 1313.5   | <b>0,32</b> |
| <b>Coronel João Sá</b> | 517.3     | 1334.7   | <b>0,38</b> | -          | -        | -           |
| <b>Curaçá</b>          | 454.0     | 1267.7   | <b>0,35</b> | 441.1      | 1269.8   | <b>0,34</b> |
| <b>Glória</b>          | 515.3     | 1301.0   | <b>0,40</b> | 455.3      | 1400.7   | <b>0,32</b> |
| <b>Jeremoabo</b>       | 654.6     | 1332.7   | <b>0,50</b> | 578.3      | 1401.2   | <b>0,41</b> |
| <b>Juazeiro</b>        | 568.5     | 1390.4   | <b>0,40</b> | -          | -        | -           |
| <b>Macururé</b>        | 404.2     | 1244.2   | <b>0,32</b> | 397.5      | 1295.8   | <b>0,30</b> |
| <b>Novo Triunfo</b>    | -         | -        | -           | -          | -        | -           |
| <b>Paulo Afonso</b>    | 582.8     | 1496.2   | <b>0,38</b> | 621.5      | 1328.7   | <b>0,46</b> |
| <b>Pedro Alexandre</b> | 625.8     | 1252.7   | <b>0,50</b> | -          | -        | -           |
| <b>Rodelas</b>         | 397.0     | 1441.8   | <b>0,27</b> | 443.0      | 1482.2   | <b>0,29</b> |
| <b>Santa Brígida</b>   | -         | -        | -           | 430.2      | 1325.8   | <b>0,31</b> |
| <b>Uauá</b>            | 481.9     | 1270.0   | <b>0,37</b> | 543.9      | 1165.5   | <b>0,46</b> |

Fonte: INMET (1991)/ SEI (1999).

Em decorrência da semi-aridez, desencadeiam-se graves processos de degradação ambiental que, por sua vez, repercutem nos meios sociais e econômicos. Os dados populacionais, e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), constituem elementos indispensáveis para o entendimento da dinâmica do processo desertificatório.

O Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2000) revela que 82% dos municípios do semi-árido brasileiro têm baixo IDH. Esse percentual está muito acima da média nacional, que possui 31,6% dos municípios e 15% da população nessa faixa. Nenhum dos municípios do semi-árido brasileiro, em destaque os da área de estudo, encontra-se na faixa de alto IDH (entre 0,800 e 1,000), conforme expresso na Figura 3.

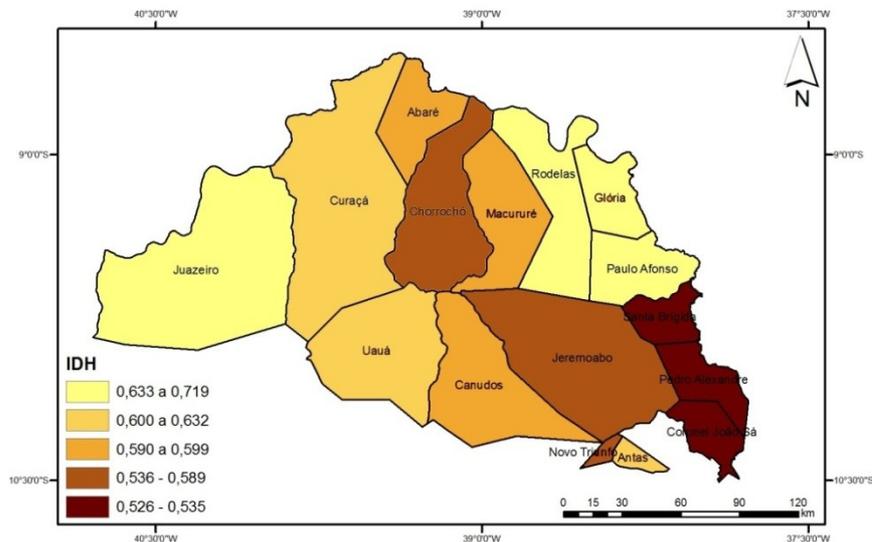


Figura 3. Mapa de IDH da área de estudo.

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (2000).

Observa-se ainda, no mapa de IDH da área de estudo que os municípios de Coronel João Sá, Pedro Alexandre e Santa Brígida apresentam IDH ainda mais baixos que o restante do recorte espacial estudado.

A densidade demográfica, expressa na Tabela 4 e espacializada na figura 5, descreve a variação espacial da população na área estudada. É a razão entre a população residente total e a área do município (hab/km<sup>2</sup>). Na perspectiva de Mattalo Jr. (2001), altas taxas de densidade demográfica resultam em maior pressão sobre os recursos naturais, levando a deterioração ambiental.

Tabela 4. Relação dos municípios estudados e suas respectivas taxas de densidade demográfica.

| Municípios      | Densidade demográfica, 2000 |
|-----------------|-----------------------------|
| Abaré           | 8                           |
| Antas           | 48,6                        |
| Canudos         | 4,6                         |
| Chorrochó       | 3,7                         |
| Coronel João Sá | 23,2                        |
| Curaçá          | 4,5                         |
| Glória          | 11,4                        |
| Jeremoabo       | 7,3                         |
| Juazeiro        | 27,1                        |
| Macururé        | 3,7                         |
| Novo Triunfo    | 97,3                        |
| Paulo Afonso    | 56,7                        |
| Pedro Alexandre | 14,8                        |
| Rodelas         | 2,4                         |
| Santa Brígida   | 20                          |
| Uauá            | 8,8                         |

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2000).

De acordo com a Tabela 4, os municípios que apresentaram as maiores taxas de densidade demográfica na área de estudo foram Antas, Coronel João Sá, Juazeiro, Novo Triunfo, Paulo Afonso e Santa Brígida. Estas informações foram espacializadas no mapa de densidade demográfica (Figura 4), permitindo uma visão da distribuição espacial dos dados e uma melhor compreensão das informações.

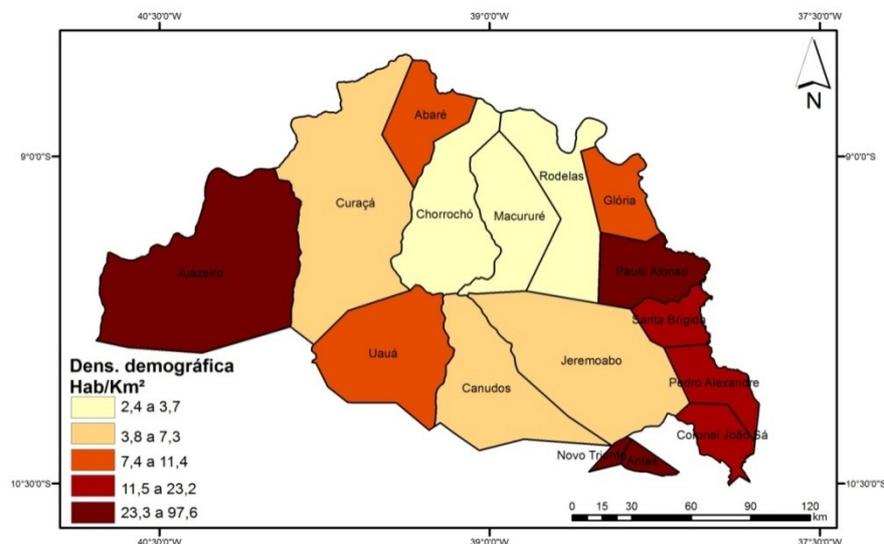


Figura 4. Mapa de densidade demográfica da área de estudo.

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (2000).

No mapa observa-se que numa região mais central, estão os municípios de Chorrochó, Macururé e Rodelas, com relativas taxas de densidade demográfica baixas: 3,7; 3,7 e 2,4 respectivamente. Em situação oposta encontram-se os municípios de Antas, Juazeiro, Novo Triunfo e Paulo Afonso, com as mais altas taxas de densidade demográfica encontradas na área de estudo: 48,6; 27,1; 97,3 e 56,7 respectivamente.

A Intensidade da pobreza (Figura 5), indicador levantado através do Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil e do IBGE, é a distância que separa a renda domiciliar per capita média dos indivíduos pobres (definidos como os indivíduos com renda domiciliar per capita inferior à R\$ 75,50) do valor da linha de pobreza, medida em termos de percentual do valor dessa linha de pobreza.

No Brasil, em 2000 este índice era de 49,68. Dentre os municípios da área estudada, o município com o melhor valor foi Antas, com um valor de 44,79, e o município com o pior valor registrou-se em Santa Brígida, com um valor de 67,98. Merecem ainda atenção especial os municípios de Chorrochó, Jeremoabo e Glória, que também apresentaram os piores valores de intensidade da pobreza. Em termos de população, 14.059 (2,8%) pessoas viviam em municípios com intensidade da pobreza entre 40,50 e 45,00; 174.567 (34,3%) entre 45,00 e 49,50; 128.752 (25,3%) entre 49,50 e 54,00; 56.250 (11,1%) entre 54,00 e 58,50; e 135.378 (26,6%) igual a 58,50 ou maior.

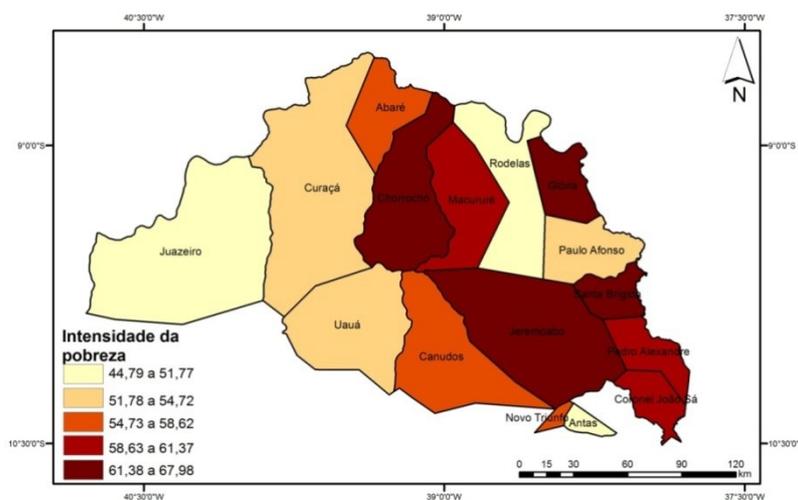


Figura 5. Mapa de intensidade da pobreza da área de estudo.  
Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (2000).

Outro indicador de significativa importância levantado neste estudo é a taxa de analfabetismo, em 46% dos municípios do semi-árido, o percentual de pessoas de 15 anos ou mais analfabetas varia entre 25 a 36% e, em 42% dos municípios estudados, essa variação é ainda maior, entre 36 e 48%. Os indicadores sociais da educação ainda são os piores em relação à média nacional. Desta forma ratifica-se neste estudo a hipótese de que quando ocorre um determinado processo de degradação ambiental verifica-se um quadro de indicadores socioeconômicos alarmante.

#### 4. Conclusões

Constatou-se por meio de estudos sistemáticos que a pressão da população sobre os recursos naturais, já naturalmente frágeis, leva à deterioração ambiental gerando um ciclo de pobreza e miséria, tornando a região cada vez mais vulnerável. A vulnerabilidade resulta da fragilidade ambiental, econômica e social, constituindo-se em um imbricado processo de retroalimentação.

O conhecimento dos potenciais climáticos, bem como das vulnerabilidades existentes em uma região torna-se necessário porque os recursos naturais disponíveis na superfície terrestre não estão distribuídos de forma homogênea e em muitos lugares apresentam-se de forma escassa. Desta forma, as informações obtidas por meio de estudos e pesquisas permitem a formulação de ações e medidas de adaptação, fundamentais em áreas que apresentam vulnerabilidades ambientais, a exemplo da identificada na área aqui estudada.

Nesta perspectiva este estudo contribui para revelar, caracterizar e acompanhar a evolução dos processos de desertificação, como também, gerar banco de dados, que podem ser constantemente atualizados, possibilitando, por conseguinte, a formulação de ações e medidas de adaptação, fundamentais em áreas que apresentam vulnerabilidades ambientais, a exemplo da identificada na área estudada.

#### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado da Bahia (FAPESB), por promover o incentivo à pesquisa, viabilizando as condições materiais para o desenvolvimento desta pesquisa.

#### Referências Bibliográficas

BAHIA. *Sistemas de Informações Geográficas*. 2002.

- BRASIL/Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2004. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PANBRASIL. Brasília: MMA, 225p.
- CAVALCANTI, E. **Para compreender a desertificação**: uma abordagem didática e integrada. Instituto Desert: Teresina, 2001. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agropecuario/index.html&conteudo=./agropecuario/artigos/desertificacao.html>>. Acesso em: 27 jul. 2007.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E AÇÃO REGIONAL – CAR. 1995. Recursos Hídricos do Estado da Bahia: Ênfase no Semi-Árido. Salvador: CAR, 105p.:il.(Série Cadernos CAR, 18).
- EMBRAPA. **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco, Estado da Bahia**. Recife: EMBRAPA-SNLCS/SUDENE, 1979. v.2 p.739-1296. (Boletim Técnico nº 52).
- MATALLO JÚNIOR, Heitor. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectiva**. Brasília: UNESCO, 2001.
- O ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo. Disponível em: <<http://txt.estado.com.br/editorias/2007/03/21/ger-1.93.7.20070321.8.1.xml>> Acesso em: 16 abr. 2007.
- OLIVEIRA-GALVÃO, A.L.C. **Reconhecimento da Susceptibilidade ao Desenvolvimento de Processos de Desertificação no Nordeste Brasileiro, a Partir da Integração de Indicadores Ambientais**. Brasília: UNB/Instituto de Geociências, 2001.
- PACHÊCO, A. P.; FREIRE, N. C. F.; BORGES, U. N. A Transdisciplinaridade da Desertificação. **Geografia**. Vol. 15, Nº. 1, jan/jun, 2006.
- RODRIGUES, Marco Alexandre. 1990. Conceitos Básicos de sistemas de informações geoambientais e áreas de aplicação em cadastro técnico municipal. *In*: Congresso Brasileiro de Cartografia, 15, 1991, São Paulo: EPUSP, v.3, p. 542-546.
- SANTOS, Andréa Souza. **Vulnerabilidades socioambientais diante das mudanças climáticas projetadas para o Semi-árido da Bahia**/ Andréa Souza Santos. Brasília, 2008.
- SUPERINTENDENCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Balço hídrico do estado da Bahia**. Salvador: SEI, 1999.
- SILVA, A. B. 2003. Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e Fundamentos. 1. ed. Campinas: Unicamp, v. 1. 235 p.
- VIANA, M.; RODRIGUES, M. 1999. Um índice interdisciplinar de propensão à desertificação (IPD): instrumento de planejamento. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 30, n. 3, p. 264-294, jul-set.