



ABORDAGEM GEOSISTÊMICA: BASE TEÓRICO-METODOLÓGICA PARA O ESTUDO DA DINÂMICA AMBIENTAL¹

GEOSYSTEMIC APPROACH: THEORETICAL-METHODOLOGICAL BASIS FOR THE STUDY OF ENVIRONMENTAL DYNAMICS

ENFOQUE GEOSISTÊMICA: FUNDAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE LA DINÁMICA DEL MEDIO AMBIENTE

Francílio de Amorim dos Santos
Mestre em Geografia. Docente do Instituto Federal do Piauí / *Campus* Piripiri.
E-mail: francilio.amorim@ifpi.edu.br

Cláudia Maria Sabóia de Aquino
Doutora em Geografia. Docente do Departamento de Geografia e História
Universidade Federal do Piauí / *Campus* Ministro Petrônio Portela.
E-mail: cmsaboia@gmail.com

Resumo: O presente estudo apresenta uma discussão acerca da Teoria Sistêmica como base teórico-metodológica para o estudo da dinâmica ambiental. O estudo baseou-se na abordagem geossistêmica, pois buscou gerar um debate acerca da metodologia da pesquisa em Geografia Física, principalmente, voltada para o problema da degradação/desertificação. A revisão de literatura teve como obras principais aquelas que discutem a respeito dos geossistemas ou sistemas ambientais. Após a discussão do aporte teórico, foram apresentados vários trabalhos realizados no Nordeste do Brasil, que usaram o método sistêmico como forma de compartimentar a paisagem em suas características geoambientais, potencialidades e limitações para fins de planejamento e mitigação dos efeitos da degradação/desertificação. Há uma grande importância em relação ao uso do método sistêmico como aporte teórico para a compreensão das interações entre os elementos bióticos, abióticos e ação antrópica. Logo o estudo da dinâmica ambiental apoiado na Teoria Geral dos Sistemas mostra-se satisfatório. Constata-se não haver definição de método único para estudos sobre a degradação ambiental. Cite-se o processo de degradação/desertificação que possui causas naturais aceleradas pelas atividades antrópicas, devendo-se aprofundar os estudos sobre essa temática para subsidiar o planejamento ambiental e melhorar a qualidade de vida da população atingida.

Palavras-chave: Degradação, Abordagem Integrada, Metodologias.

Abstract: This paper presents a discussion about Systems Theory as a theoretical and methodological basis for the study of environmental dynamics. The study was based on the geosystemic approach therefore sought to generate discussion about the methodology of research in Physical Geography, mainly focused on the problem of degradation/desertification. The literature review was mainly based in works that argue about geo-systems or environmental systems. After

¹Trabalho elaborado a partir de revisão de literatura, realizado na disciplina Tópicos Especiais em Estudos Geoambientais, do Programa de Pós-Graduação em Geografia, em nível de Mestrado, da Universidade Federal do Piauí - UFPI, sob a orientação da Profa. Dra. Cláudia Maria Sabóia de Aquino.

discussion of the theoretical framework, were presented several studies in the Northeast of Brazil, that used systemic method as a way to partition the landscape in their geo-environmental characteristics, capabilities and limitations for planning purposes and to mitigate the effects of degradation/desertification. There is a great importance in relation to the use of systemic method as theoretical basis for understanding the interactions between biotic, abiotic and human action elements. Therefore, the study of environmental dynamics supported in general systems theory proves satisfactory. Notably, there is no definition of a single method for studies on environmental degradation. Cite the process of degradation/desertification which has natural causes accelerated by human activities, one should further study this issue, to support environmental planning and improve the quality of life of the affected population.

Keywords: Degradation, Integrated Approach, Methodologies.

Resumen: Este artículo presenta un análisis de la teoría de sistemas como base teórica y metodológica para el estudio de la dinámica ambiental. El estudio se basó en el enfoque geosistémico por lo tanto trató de generar un debate acerca de la metodología de la investigación en Geografía física, se centró principalmente en el problema de la degradación/desertificación. La literatura se ha trabajado principalmente aquellos discutiendo sobre Geo sistemas o los sistemas ambientales. Después de la discusión del marco teórico, se presentaron varios estudios en el nordeste de Brasil, que utiliza el método sistémico como una forma de dividir el paisaje en sus características geo ambientales, capacidades y limitaciones para fines de planificación y para mitigar los efectos de la degradación / desertificación. Hay una gran importancia en relación con el uso de método sistémico como base teórica para la comprensión de las interacciones entre los elementos de acción biótico, abiótico y humano. Por lo tanto el estudio de la dinámica ambiental apoyada en la teoría general de sistemas es satisfactorio. Cabe destacar que no existe una definición de un único método para los estudios sobre la degradación ambiental. Citar el proceso de degradación/desertificación que tiene causas naturales acelerados por la actividad humana, se debe estudiar más a fondo este tema, para apoyar planificación del medio ambiente y mejorar la calidad de vida de la población afectada.

Palabras-clave: Degradación, Enfoque integrado, Metodologías.

INTRODUÇÃO

A Geografia desenvolvida nos séculos XVIII e XIX, de forma fragmentada e setORIZADA, não abarca mais a realidade social e nem mesmo as transformações que a natureza vem sofrendo a partir do modelo capitalista de exploração. Dessa forma, surge uma lacuna metodológica no que tange à definição de uma teoria ou método que possibilite ao geógrafo apreender a atual realidade científica e ambiental. Sob esta ótica, a Teoria Geral dos Sistemas e o paradigma da complexidade surgem como nova visão de mundo.

Atualmente procura-se estabelecer um elo entre os vários ramos do conhecimento científico na busca por um pensamento mais complexo para a ciência, ou seja, uma primazia por encontrar uma forma de tornar mais complexo o conhecimento. Em outras palavras, para Morin (2004), há uma busca por superar o mecanicismo a partir da interdisciplinaridade entres os variados campos de estudo científicos.



Da mesma forma está em utilização pelos geógrafos físicos, além de várias outras áreas do conhecimento, a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) que prima por demonstrar que há uma interligação entre as partes sendo mais que apenas a soma destas. Na Geografia Física, esse aporte teórico resultou na proposta da abordagem Geossistêmica utilizada para vários estudos, entre eles aqueles dedicados a conhecer de forma integrada os elementos físicos da natureza e suas interligações com a sociedade e vice-versa.

As fragilidades ambientais naturais de uma determinada área quando aliadas às práticas de exploração sem manejo adequado, podem resultar em instabilidade do meio ambiente, desencadeando o processo de degradação/desertificação e afetando a qualidade de vida da população atingida. O estudo buscou apresentar uma discussão acerca da abordagem Geossistêmica como base teórico-metodológica para o entendimento das interdependências entre os processos biofísicos e antropogênicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão de literatura embasou-se na Teoria Geral dos Sistemas, pois buscou analisar os métodos/metodologias empregados nos estudos da dinâmica ambiental, destaque-se a degradação/desertificação. Quanto ao objetivo, segundo Lakatos e Marconi (2010), o presente trabalho tem caráter exploratório pois buscou promover uma discussão a partir da abordagem Geossistêmica como aporte teórico-metodológico para o estudo da degradação/desertificação em diferentes áreas suscetíveis a este fenômeno ou com o processo já em desenvolvimento.

Além disso, a revisão de literatura baseou-se em obras clássicas que discutem sobre geossistemas ou sistemas ambientais, a saber: Bertrand (1972), que busca fazer esboço metodológico acerca do estudo da paisagem; Sotchava (1977), o que discorre sobre a abordagem geossistêmica; Tricart (1977) o qual aplica modelo de classificação do meio ambiente; Christofolletti (1990), que trata da abordagem em sistemas na Geografia Física; e Ross (2010), que trata da geomorfologia como base para os diagnósticos e planejamentos ambientais. Posteriormente a esta discussão teórica, buscou-se apresentar trabalhos realizados no Nordeste do Brasil em que foi utilizada a abordagem geossistêmica, como forma de setorizar a paisagem em suas características geoambientais, potencialidades e limitações para planejamento ambiental.

PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS APLICADOS AO ESTUDO DA DINÂMICA AMBIENTAL

A TGS surgiu num momento em que a ciência necessitava de uma metodologia de estudo que primasse por compreender os fenômenos de modo integrado cujo entendimento das partes de modo interligado proporcionasse o entendimento do todo e vice-versa. Logo, Bertalanffy (1975, apud GUERRA et al., 2012) edificou a TGS sobre a Segunda Lei da Termodinâmica baseando-a numa filosofia que tem como primazia o estudo da organização como sistema, ao passo que esta organização apresenta-se sob a forma de um sistema de variáveis dinâmicas e dependentes.

Aporte teórico

Embasado no holismo e na interdisciplinaridade Bertalanffy (1975) propôs que as partes do sistema interagem de forma não linear num mecanismo de realimentação constante havendo estabilidade até haver nova perturbação. A análise ambiental envolvendo sistemas tem seu comportamento definido por um mecanismo de retroalimentação e os sistemas morfométricos podem ser medidos. Ressalta-se que o homem é tido como o modificador negativo da dinâmica de um sistema cuja mudança pode ser catastrófica.

Tomando como base a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) Sothava (1977) alicerçou seu pensamento a partir do conceito de geossistema para os estudos da moderna Geografia Física. Defina-se geossistema como sendo uma classe de sistema dinâmico e aberto que produz grande mobilidade na paisagem, qual é ampliada se este sistema sofre influências do homem. Complementa ao afirmar que o método cartográfico é de suma importância para o estudo dos geossistemas, este, por sua vez, tido como maneira de gerar prognoses geográficas integrais como aporte para o planejamento e desenvolvimento socioeconômico (SOTCHAVA, 1977).

O citado autor² subdivide os geossistema(s) controlado(s) em dois grupos: os de controle episódico que são aqueles que sofrem interferência apenas uma vez e desenvolvem-se de modo novo e espontâneo; e os de controle constante dizem respeito àqueles cujas interferências externas influem sistematicamente com determinada magnitude. Segundo a taxonomia, os geossistemas são divididos em geômeros e geócoros. Os primeiros têm sua estrutura condicionada pela combinação das feições de um determinado geócoro, o último, portanto, a menor unidade.

Ao propor uma visão dialética do conceito de paisagem, Bertrand (1972, p.141) conceitua-a como “[...] o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto

²Id. 1977.



único e indissociável, em perpétua evolução”. Para o estudo da paisagem é necessário integrar os elementos naturais e as ações do homem, sendo imprescindível a noção das escalas tempo-espaciais.

Para Bertrand (1972), cada disciplina, a partir de um determinado aspecto da paisagem, apoia-se em um esquema construído sobre unidades homogêneas, combinações bioecológicas e sínteses. Acerca da síntese da paisagem, enfatiza-se que as delimitações geográficas são arbitrárias, portanto, não devem ser consideradas como um fim em si mesmas, devendo-se ver as paisagens de modo global e classifica-las em função da escala. Dessa forma, delimitados a partir do aspecto geomorfológico, o referido autor subdivide os geossistemas em unidades superiores (zona, domínio e região) e inferiores (geossistema, geofácies e geótopo), estes últimos compatíveis com a escala humana.

Tricart (1977) segue a mesma tendência sistêmica dos demais autores citados acima, e ao trabalhar com a Ecologia define-a como “[...] o estudo dos vários seres vivos em suas relações mútuas e com o meio ambiente” (p.17). O autor supracitado³ trabalha com o conceito de ecossistema que pode ser definido pela relação entre os seres vivos e seu meio, ao passo que o melhor instrumento para o estudo dos problemas ambientais é através do conceito de sistema, pois a ele aplica-se uma visão dialética necessitando-se de uma análise e visão de conjunto.

Há de se estudar a forma como a ação antrópica se insere na dinâmica natural. Desse modo Tricart (1977) descreve três tipos de meios ambientes: meios estáveis, onde o modelado evolui lentamente ou encontra-se em clímax, cuja cobertura vegetal está fechada, com dissecação moderada e ausência de manifestações vulcânicas, e onde há predomínio de pedogênese; meios *intergrades*, que são caracterizados pela atuação constante da morfogênese e pedogênese num mesmo ambiente, constituindo-se como ambientes de frágil equilíbrio e suscetibilidade, podendo evoluir para os meios instáveis; meios instáveis são aqueles onde predomina a morfogênese, em que a dinâmica interna influi sobre o solo e a vegetação, causando indiretamente uma instabilidade climática, que aliada às ações antrópicas resultam em degradação expondo a rocha matriz e favorecendo o ravinamento, etc.

Diante do que exposto, é mister afirmar que os avanços científicos e geográficos estão encaminhando-se para uma compatibilização da análise e interpretação das unidades complexas com análises pontuais e específicas, visto que a abordagem sistêmica é consenso nos trabalhos geográficos. Essa abordagem vem a ser a aplicação das noções da Teoria de Sistemas que, por sua vez, trata o mundo dentro de uma visão integradora através de procedimentos analíticos. À

³Id. 1997.

Geografia compete estudar as organizações espaciais e como tal a ordem e o entrosamento das partes no conjunto, ou seja, os diversos componentes da organização espacial, buscando compreender as interações dos fluxos de energia e matéria.

Christofoletti (1990) distingue duas categorias sistêmicas, o geossistema e os sistemas socioeconômicos. Ao estudar as características e processos atuantes em cada elemento do sistema têm-se as atividades antrópicas como *inputs* de energia e matéria. Tal estudo localiza-se na interface do sensoriamento remoto e do trabalho de campo que, ao realizar uma caracterização temporo-espacial num *continuum* evolutivo, resulta numa dinâmica interativa entre unidades espacialmente distintas. O conhecimento dos geossistemas, no que tange à dinâmica da integração das forças atuantes e resultantes responsáveis pela variedade de unidades de paisagem, possibilita o desenvolvimento de procedimentos avaliativos, as atividades de uso, o manejo e o planejamento.

Robaina et al. (2009) reconhecem a pesquisa ambiental como uma perspectiva dinâmica e para o estudo geossistêmico faz-se necessário haver uma integração das variáveis naturais e antrópicas, nas etapas de integração, síntese e aplicação. Enfatizam a importância da interpretação e análise para planejamento nas áreas degradadas, bem como a utilização da cartografia temática como forma de fazer um mapeamento geoambiental, ou um mosaico de unidades homogêneas, utilizando para tal finalidade os *softwares*.

O relevo é dinâmico e apresenta grande variedade de formas, ou seja, uma concretização das diferenciações da superfície da terra. Essas formas são resultado da interação de vários fatores naturais que garantem uma funcionalidade, uma história e evolução contínua do relevo, pois é no estrato geográfico, resultado desta interação de fatores com trocas de energia e matéria e comandados pela energia solar e intemperismos, que surge e prolifera-se a vida animal, vegetal e a história evolutiva do homem como ser animal e social. Nesse contexto, as unidades de paisagens são vastas, havendo vários fatores atuando sobre o estrato geográfico determinando uma contínua evolução de fisionomias (ROSS, 2010).

O homem, ao utilizar-se dos recursos naturais, gera impactos no ambiente em diferentes magnitudes e até mesmo as alterações positivas podem resultar em situações desagradáveis. A natureza tem seus próprios mecanismos de reequilíbrio, assim, nem sempre as alterações promovidas pelo homem geram situações irreversíveis. Até o presente momento, os métodos científicos utilizados para auferir o nível de degradação dos ambientes, a partir das ações antrópicas, são insuficientes. A base para averiguar a dinâmica e gênese das formas de relevo perpassa pela compreensão dos fatores bioclimáticos, pedológicos, geológicos e antrópicos que interagindo influenciam no dinamismo e evolução do modelado, de acordo com Ross (2010).



Para Betiol (2012), o paradigma reducionista vai perdendo força, pois não consegue mais responder às questões do mundo contemporâneo. Ganha força o paradigma holístico que, para Morin (1997), busca uma compreensão do ser e da vida por meio do sistema. Desse modo, os autores citados acima, embasam seus métodos de estudo sobre a TGS e postulam que o estudo da dinâmica da paisagem permite conhecer as características físicas e a dinâmica da paisagem, possibilitando delinear potencialidades e limitações, permitindo atuar sobre as fontes naturais de modo a otimizar sua exploração. Para conhecer as características geoambientais, potencialidades e limitações, cita-se outro ponto em comum entre as propostas acima expostas, que vem a ser a utilização da cartografia e definição de uma escala adequada aos estudos e delimitação dos sistemas ambientais (BERTRAND, 1972; SOTCHAVA, 1977; TRICART, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1990; ROSS, 2010).

Metodologias para compartimentação e análise da dinâmica ambiental

A degradação no que tange à desertificação é definida como um fenômeno que ocorre em todo o mundo. Portanto, há áreas com elevado grau de suscetibilidade e em algumas já há ocorrência do processo de desertificação. O marco histórico das discussões mundiais acerca desse fenômeno data da Conferência Internacional das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCOD), em Nairóbi, no Quênia, em 1977. Em 1992, durante a Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD ou Rio 92), foi elaborado um documento denominado de Agenda 21 que, em seu capítulo 12, conceitua a desertificação como “[...] a degradação do solo em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de diversos fatores, inclusive de variações climáticas e de atividades humanas” (BRASIL, 1995, p.149).

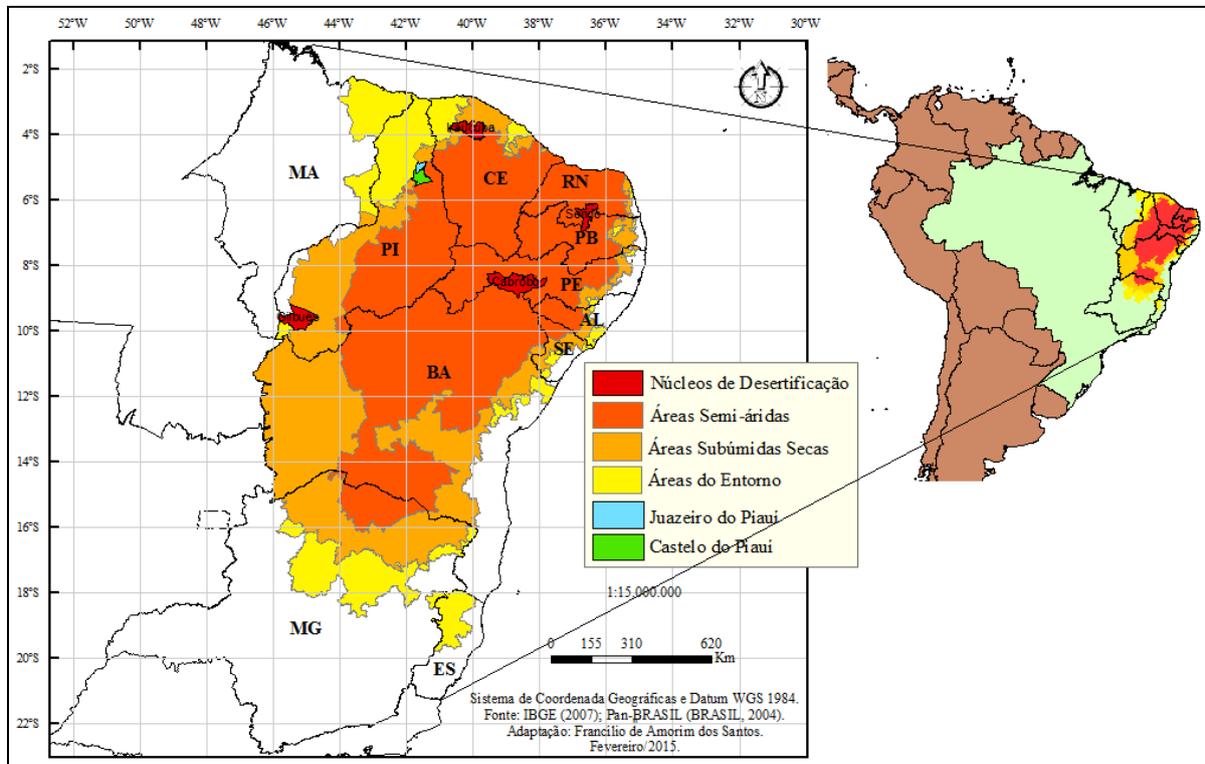
De acordo com o documento⁴, a desertificação afeta cerca de um sexto da população no mundo e setenta por cento das terras secas, correspondendo a um quarto da área terrestre total do mundo, totalizando 3,6 bilhões de hectares. A desertificação quando instalada numa área aumenta a pobreza de forma generalizada, diminui a fertilidade e a estrutura do solo em cerca de quarenta e sete por cento das terras marginais de cultivo irrigado pelas chuvas e degradação de terras de cultivo irrigado artificialmente, atinge ainda trinta por cento das terras secas com elevada densidade populacional e elevado potencial agrícola.

No Brasil as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD), conforme mostra a Figura 1, abrangem os Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais, totalizando 1.201 municípios, compreendendo

⁴Id. 1995.

1.130.790,53 km², sendo que 710.437,30 km² (62,8%) possuem clima semiárido e 420.258,80 km² (37,2%) apresentam clima subúmido seco.

Figura 1 - Áreas Suscetíveis à Desertificação, segundo o Pan-BRASIL (BRASIL, 2004).



Fonte: Adaptado de BRASIL (2004).

A seguir serão enumerados alguns trabalhos que tomaram como base teórica a abordagem geossistêmica, considerando parâmetros físicos e/ou socioeconômicos para estudar a dinâmica ambiental, principalmente, a desertificação.

Sales (2002), ao estudar a evolução das pesquisas acerca da desertificação no Nordeste do Brasil, vislumbrou que a diversidade das paisagens tem como elemento marcante do quadro natural a condição de semiaridez, possuindo rede de drenagem com cursos d'água intermitentes e sazonais, bem como baixo potencial de águas subterrâneas. Nessas áreas desenvolveram-se atividades econômicas em torno do gado e do algodão, principalmente no século XVIII, cujos solos são recobertos por caatinga, cerrado e carrasco, possuindo uma estrutura fundiária rígida, com agricultura predatória, resultando em degradação ambiental. As perdas econômicas na região Nordeste advindas da desertificação giram em torno de US\$ 100 milhões de dólares anuais.

Em outro estudo, Sales (2003) buscou fornecer uma visão panorâmica acerca das condições ambientais e socioeconômicas da região de Gilbués (PI), considerada oficialmente como um núcleo



de desertificação. Gilbués apresenta forte caráter de transitoriedade, com dois tipos climáticos, o semiárido e o subúmido seco, a vegetação apresenta-se sob três domínios, a caatinga, o cerrado e as florestas tropicais úmidas. Os moradores afirmaram ter havido redução da produtividade agropecuária e ressecamento dos brejos e olhos d'água, bem como atuação da erosão eólica, o que concede à paisagem da região uma fisionomia de deserto, comprometendo a economia e o meio ambiente local.

Brito (2005) buscando detectar as evidências de degradação/desertificação dos recursos naturais do município de Canindé (CE), embasou-se na Teoria Geral dos Sistemas e alicerçou seu estudo nos conceitos de geossistema, paisagem e meios ecodinâmicos. Utilizando os parâmetros geomorfológicos e morfopedológicos delimitou nove sistemas ambientais: Sertão de Canindé (moderadamente degradado), Sertão de Salão (fortemente degradado), Sertão de Targinos (pouco degradado), Depressão Intermontana de Ubiraçu-Salitre (moderadamente degradado), Depressão Intermontana de Iguaçu-Campos (moderadamente degradado), Maciço Residual da Serra do Machado (fortemente degradado), Vertente Ocidental Inferior Subúmida/Seca da Serra de Baturité (moderadamente degradado), Cristas Residuais e Inselbergs (moderadamente degradado), Planícies Fluviais/Áreas de Inundação Temporária (moderadamente degradado).

Freitas Filho e Souza (2005) analisaram de forma integrada as nascentes do riacho dos Macacos, bacia do rio Aracaú - CE, e apoiando-se na abordagem interdisciplinar aplicou as geotecnologias para a interpretação da paisagem. Os autores delimitaram os domínios naturais e sistemas ambientais das nascentes do riacho dos Macacos, a saber: Domínio Natural Maciço Residual da Serra das Matas, Sistema Ambiental Superfície parcialmente dissecada (de transição com tendência a instabilidade e vulnerabilidade alta) e Superfície fortemente dissecada (instável e com vulnerabilidade alta); Domínio Natural Depressão Sertaneja, Sistema Ambiental Rampa de pedimentação aplainada (de transição e com vulnerabilidade moderada) e Rampa de pedimentação dissecada (de transição e com vulnerabilidade alta). Constataram que a sub-bacia possui sua área totalmente degradada, demonstrando ter sido de grande importância a compartimentação ambiental para fins de planejamento ambiental.

Aquino et al. (2006) utilizaram-se do Índice de Erosão dos Solos e Índice Climático como parâmetro para estudar a suscetibilidade das terras secas do Piauí à desertificação. Os resultados mostraram que: 94,6% das terras secas piauienses apresentam risco potencial de erosão muito baixo; 45,3% da área do estado têm climas subúmido seco e semiárido, logo, suscetíveis ao processo de desertificação; que 94,6% do Piauí apresenta baixa suscetibilidade geoambiental natural à desertificação e 73,1% de baixa suscetibilidade geoambiental antrópica à desertificação. A

diferença entre esses dois últimos índices deve-se à remoção da cobertura vegetal e substituição pelas atividades agropecuárias. Ressaltam que o fato de apenas 5,4% da área apresentar nível médio a alto de suscetibilidade geoambiental natural à desertificação não a isenta de estudos mais aprofundados, de forma interdisciplinar.

Rodrigues (2006) objetivou analisar a propensão à desertificação nos municípios do Estado do Ceará, a partir de aspectos agropecuários, econômicos, sociais e naturais. O estudo teve base teórica alicerçada na Teoria Geral dos Sistemas, resultando na elaboração de quatro grupos de indicadores: 1) indicadores agropecuários: rendimento agrícola, uso do solo agrícola, rendimento da pecuária, composição do rebanho, mecanização, extrativismo vegetal, estrutura fundiária; 2) indicadores econômicos: renda *per capita*, consumo de energia elétrica, nível de atividade, estrutura financeira; 3) indicadores sociais: acesso e nível de saúde, densidade demográfica, estrutura de idades, educação, bem-estar social, associativismo; grupo 4) indicadores naturais: susceptibilidade climática, antropismo, disponibilidade de água, fertilidade do solo. Segundo os índices, o superpastejo resultante do manejo inadequado de ovinos e caprinos é a principal causa da propensão à desertificação, a baixa renda e a densidade demográfica potencializam a ação antrópica.

Alves e Rocha (2007) aplicaram o geoprocessamento para o diagnóstico ambiental da desertificação em Picuí - PB. Para tal fim, utilizaram indicadores de situação (variáveis climáticas, sociais, econômicas e uso do solo agrícola) e desertificação (variáveis biológicas, físicas, indicadores agrícolas e densidade demográfica) para sintetizar e analisar os fatores físicos, bióticos, sociais e demográficos do município. Picuí está inserida na Unidade Geomorfológica do Planalto da Borborema, sobre o Complexo Cristalino, com solos pouco desenvolvidos, os Litossolos e Regossolos. A cobertura vegetal apresenta-se bastante degradada pela extração de lenha, produção de carvão, agricultura, pecuária e mineração. A análise combinada dessas características permitiu aos autores identificar quatro níveis de desertificação: médio a alto, baixo, não desertificado e com culturas.

Carvalho e Almeida-Filho (2007) com o emprego de imagens do satélite Landsat 5 TM estimaram a extensão da área do processo de desertificação em Gilbués, Barreiras do Piauí, Monte Alegre do Piauí e São Gonçalo do Gurguéia. Foram delimitadas quatro classes de uso da terra: Classe-1 (predominância de solos nus em 19% da área), Classe-2 (solos de vegetação rala em 20% da área), Classe-3 (vegetação degradada em 48% da área) e Classe-4 (cerrado-caatinga em 13% da área). As imagens de satélite mostraram que a Classe-2 é convertida em Classe-3 quando inicia o período chuvoso, pois a precipitação é capaz de revigorar a cobertura vegetal. O aumento das áreas degradadas nos períodos de estiagem, que dominam o semiárido piauiense, revela a maior



fragilidade dessas áreas, demandando uma análise histórica de imagens como forma de mitigar o grave processo de desertificação.

Amorim e Oliveira (2008) trabalharam a partir do conceito de geossistema, para identificar e caracterizar os agentes e processos físicos e ambientais atuantes na área costeira no Município de São Vicente - SP. Baseados na metodologia de Rodriguez, Silva e Cavalcante (2002) e utilizando o critério geomorfológico delimitaram as seguintes Unidades Geoambientais: Unidade Geoambiental Planície Flúvio-Marinha, que juntamente com o Terraço Marinho e a Planície Marinha apresentam impermeabilização do solo devido à expansão urbana; Unidade Geoambiental Terraço Marinho, subdividida em: com ocupação verticalizada, com ocupação horizontal, parcialmente urbanizado; Unidade Geoambiental Planície Marinha; Unidade Geoambiental Serra do Mar, juntamente como os Morros Residuais apresentam graves problemas ambientais ligados à sua morfologia natural devido aos movimentos de massa; Unidade Geoambiental Morros Residuais subdividida em: Morros Residuais Florestados e Morros Residuais com urbanização consolidada.

Cândido (2008) buscou avaliar a degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Uberaba - MG. O uso de imagens do satélite CBERS-2 resultou na elaboração do mapa de zonas homólogas, que mostrou áreas variando de 0,42 km² a 139 km²; há maior predominância de Latossolo Vermelho distroférico; a vegetação torna-se bastante pobre, aberta e rala, na estação seca; quanto ao potencial natural de erosão da bacia, predomina a classe média, que influencia no índice de degradação ambiental moderado em torno de 50% da bacia; o relevo da bacia é predominantemente plano (0% a 3%) a ondulado (8% a 20%); o índice de mecanização ficou em 26,52%; a área agrícola (> 50 % em cada zona homóloga) resultou em 25,76% e o índice de pecuarização em 62,12%. Os processos de degradação ambiental na bacia do rio Uberaba encontram-se em níveis acentuados e severos, representam juntos 52,06 % de toda extensão da bacia, atingindo inclusive áreas protegidas por lei.

Aquino (2010) embasou-se na TGS e no Índice Climático (IC), Erosividade da Chuva (R), Erodibilidade do Solo (K), Declividade (D) e Índice de Cobertura Vegetal (ICV), para estudar a degradação/desertificação no núcleo de São Raimundo Nonato - Piauí. Delimitou as seguintes unidades ambientais: Superfície Conservada Sedimentar, com risco de degradação física médio de 84,8% e risco de degradação efetiva médio de 68,9%, em 2007; Superfície Pediplanada, com risco de degradação física médio de 84,5% e risco efetivo médio de 81,5%; Superfície Conservada Cristalina, com risco de degradação física médio de 69,3% e risco de degradação efetiva médio de 87,7%; Planície Fluvial, com risco de degradação física médio de 77% e risco efetivo alto de 55,9%; Vales Pedimentados e Interplanálticos, com risco de degradação física alto de 75,7% e risco

efetivo alto de 97,6%. Os dados mostram que o equilíbrio ecológico dinâmico está presente na área, mas uma atenção maior deve voltar-se para as unidades geoambientais classificadas como de alto risco de degradação, devendo haver um planejamento ambiental visando à recuperação de suas áreas.

Utilizando o conceito de paisagem, Lima et al. (2010) buscaram identificar, caracterizar e apresentar as potencialidades e limitações dos sistemas geoambientais do município do Crato/CE. A área geoambiental compartimentada possui quatro sistemas: Sistema geoambiental Chapada do Araripe: Platô e Encosta, com limitações provenientes da altimetria, baixa precipitação, baixo potencial hidrogeológico e degradação da cobertura vegetal; Maciços e Cristas Residuais, com vertentes íngremes e superfície dissecada, superfícies elevadas e dissecadas com regime intermitente dos rios; Sertões da Depressão Periférica Meridional do Ceará, com processo de pedimentação e superfície plana a ondulada, superfície parcialmente dissecada, caatinga arbóreo-arbustiva degradada e vegetação secundária; Planícies Fluviais, com rios temporários, intensa remoção e deposição de sedimentos e vegetação secundária. Os sistemas ambientais do Crato permitem o desenvolvimento das atividades agropecuárias, agroextrativistas, turismo científico e de lazer.

Utilizando o Índice de Suscetibilidade Geoambiental Natural à Degradação (ISGND), Muniz e Oliveira (2010) estudaram os condicionantes naturais e socioeconômicos da desertificação nos trechos médio e baixo do vale do rio Jaguaribe, no Ceará. Os autores constataram que no intervalo entre 1986 e 1989, os índices de degradação em média foram altos para todos os municípios. Quanto aos valores do Índice de Cobertura Vegetal, os mesmos mostraram que o nível de proteção da cobertura vegetal aumentou no intervalo entre 1986, 1989 e 2007, evoluindo de forma significativa em todos os municípios. Os resultados estão relacionados à diminuição do estrato arbóreo/arbustivo e à quase extinção da cultura do algodão herbáceo em mais de 90% da área, aumento das áreas cultivadas com culturas tradicionais e extensivas, como o milho e o feijão, e eliminação da cobertura vegetal natural arbustiva/arbórea e sua substituição pelo extrato herbáceo para produção de forrageiras.

Landim et al. (2011) investigaram as possíveis causas climáticas e antrópicas da desertificação em Irauçuba, Ceará, utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), na análise de ondeletas e Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). Os resultados mostraram que Irauçuba apresenta acentuado estado de desertificação, sendo uma das principais causas da escassez de água precipitada e má distribuição dos dias de chuva, o que leva a um *déficit* hídrico, decorrente da evapotranspiração superior à transpiração. Identificaram um desequilíbrio entre os anos chuvosos



e secos após 1995; as zonas de transição entre desertificação e vegetação esparsa diminuíram, porém, a área de vegetação rala ou sem vegetação aumentou em decorrência do aumento de áreas agrícolas. Em suma, o estudo mostrou que Irauçuba é influenciada pelos eventos de El Niño e La Niña, sendo que o primeiro diminui o volume dos corpos hídricos, contribuindo para a desertificação.

Melo et al. (2011) analisaram a cobertura vegetal da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos por meio do *NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)*. Os autores selecionaram imagens de 1979 e 2006 e utilizaram o *Vegetation* do software IDRISI 32 que calculou o *NDVI* através do processamento das bandas 3 e 4. O *Reclass* do IDRISI 32 reclassificou as imagens de cobertura vegetal em 5 classes, para o ano de 2006: alto, representado pela Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial ou Mata seca, com 5% da área da microbacia; moderadamente alto, com Floresta Caducifólia Espinhosa ou Caatinga Arbórea, abrangendo 2% da área; médio, representado pela Caatinga arbustiva aberta, com 19% da área; moderadamente baixo, identificado pelas lavouras e pastagens, com 32% da área; baixo, correspondendo às áreas desprovidas de vegetação ou solo nu, com 0,5%. As áreas mais próximas aos açudes no município de Crateús, Ceará, apresentam os mais sérios problemas de erosão dos solos, favorecendo o aparecimento de voçorocas.

Pinheiro (2011) baseou-se no Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC) para analisar o processo de degradação/desertificação na bacia do riacho Feiticeiro, município de Jaguaribe, Ceará. A bacia foi setorizada de acordo com as cotas altimétricas, em alto curso (setor A, com limites de 430m a 230m de altitude); médio curso (setor B, de 230m a 180m) e baixo curso (setor C, 180m a 100m de altitude). Os parâmetros demonstraram que grande parte da área da bacia do riacho Feiticeiro já tem seus recursos naturais degradados pelo sistema de produção. A vegetação das caatingas apresenta evidências dos efeitos de devastação dos solos. Os mais altos níveis de risco de degradação ambiental ocorrem no setor do médio curso e o de pior estado de conservação da vegetação ocorre no setor baixo curso. Na análise socioeconômica, verificou-se redução na capacidade produtiva das atividades primárias, o que pode ter relação direta com a redução da produtividade dos solos e da capacidade de suporte do ambiente.

Oliveira (2011) em estudo realizado na Ilha de Santiago, Cabo Verde/África, buscou conhecer a dinâmica e o estado de degradação em que se encontram os sistemas ambientais. Estabeleceu indicadores biofísicos de desertificação para os seguintes sistemas: Maciços do Pico de Antónia com baixo índice biofísico de desertificação, ambiente de transição tendendo para estabilidade; Maciços da Serra Malagueta com baixo índice, ambiente de transição tendendo para estabilidade; Planaltos Interiores de Santa Catarina com baixo índice, ambiente de transição

tendendo para instabilidade; Patamares Parcialmente Dissecados com índice muito alto, ambiente de forte instabilidade; Patamares Aplainados com índice muito alto, ambiente de baixa instabilidade; Superfície Dissecada em Cristas com índice baixo, ambiente de transição tendendo para instabilidade; Coroamento Rochoso com alto índice, ambiente de baixa instabilidade; Cones Vulcânicos com índice muito alto, ambiente de transição; Planícies Litorâneas com alto índice, ambiente instável; Planícies e os Terraços Fluviais com índice muito baixo, ambiente de transição tendendo à instabilidade.

Silva et al. (2012) delimitaram as unidades geoambientais que compõem a bacia hidrográfica do rio Natuba a partir das suas unidades pedológicas visando gerar subsídios para o planejamento ambiental da bacia. Os atributos para nomear as unidades geoambientais foram os assentamentos: Unidades Geoambientais da Divina Graça, Natuba, Ronda e Serra Grande; e de assentamentos: Unidades Geoambientais da Canha, Chá dos Patinhos, Mocotó e Pacas. Das citadas Unidades Geoambientais definidas, a Unidade Chá dos Patinhos apresentou processos erosivos mais acentuados, com grande incidência de sulcos e ravinas. Por outro lado, a Unidade Geoambiental com maior índice de preservação foi a Ronda, possivelmente devido ao relevo onde há predominância do relevo fortemente ondulado.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, constata-se a importância da abordagem geossistêmica como base para compreender as interações entre os elementos bióticos, abióticos e ação antrópica, permitindo delimitar sistemas ambientais, conhecer suas características, potencialidades e limitações. Outro elemento fundamental diz respeito ao uso do geoprocessamento como ferramenta fundamental na síntese das características geoambientais.

A base teórica promovida pela TGS mostra-se satisfatória quando aplicada ao estudo da dinâmica ambiental, sobretudo para o estudo da degradação/desertificação. Os trabalhos exemplificados permitem afirmar que o conceito de desertificação mais utilizado baseia-se na Agenda 21, que define a desertificação como a degradação das terras secas em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, decorrente de causas naturais ou antrópicas. Não há um método de estudo único para o estudo da desertificação, ao passo que vários são os parâmetros usados para delinear o nível de degradação/desertificação numa determinada área.

Embora sem a definição precisa de um método único, os estudos acima expostos, permitem afirmar que as causas da degradação/desertificação derivam de ordem múltipla, ou seja, há uma suscetibilidade resultante das próprias características naturais que aliadas à falta de planejamento



ambiental desencadeiam processos erosivos, que resultam na desertificação. Esse fenômeno agride a qualidade de vida da população atingida que, como forma de sobrevivência, busca explorar mais intensamente os recursos disponíveis no meio.

Deve-se ressaltar que a busca por estudos mais aprofundados sobre as características geoambientais não se limitam aos trabalhos descritos acima. Esses estudos foram apenas exemplos que revelam a importância da abordagem geossistêmica aplicada ao estudo das unidades ou sistemas ambientais, bem como a aplicação do sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica na compartimentação do meio e as características geomorfológicas como base para a delimitação desses sistemas ambientais.

Portanto, apreende-se com o presente trabalho que o debate acerca de uma metodologia adequada para a pesquisa sobre parâmetros e delineamento dos níveis de degradação, principalmente da desertificação, encontra-se em construção. Cabe então ao geógrafo físico buscar compreender a organização do espaço, em seus mais variados elementos, para que possa produzir uma síntese das características geoambientais, cujo propósito seja construir uma base de dados, que permita um diagnóstico e posterior planejamento para mitigação da degradação/desertificação onde esta já se encontra instalada.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Gilcean Silva; ROCHA, Jancerlan Gomes. A desertificação no município de Picuí-PB: o geoprocessamento aplicado a um diagnóstico ambiental. **Anais II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**, João Pessoa - PB, 2007.
- AMORIM, Raul Reis; OLIVEIRA, Regina Célia. As unidades de paisagem como uma categoria de análise geográfica: o exemplo do município de São Vicente - SP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (2), dez. 2008. p.177-198.
- AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de; OLIVEIRA, José Gerardo Beserra de; SALES, Marta Celina Linhares. Suscetibilidade das terras secas do estado do Piauí à desertificação: avaliação a partir de índices. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 05, nº 09, 2006.
- AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de. **Estudo da degradação / desertificação no núcleo de São Raimundo Nonato - Piauí**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe - UFSE. São Cristóvão, 2010.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 2. ed. Brasília: Editora Petrópolis/Vozes, 1975.
- BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, v. 13, IG-USP. 1972. p.1-27.
- BETIOL, Vinícios de Moraes. Sistemas, Complexidade e os Sistemas Ambientais na Prática, no Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.1, n.4. 2012. p.91-101.

BRASIL. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992: Rio de Janeiro). Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: de acordo com a Resolução nº 44/228 da Assembleia Geral da ONU, de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento: a **Agenda 21** - Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. Brasília: MMA. 2004.

BRITO, Érika Gomes. **Sistemas ambientais semiáridos e as evidências de degradação/desertificação no município de Canindé** - Ceará - Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza - CE, 2005.

CÂNDIDO, Humberto Gois. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba - MG**. – Jaboticabal, 2008. 96 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008.

CARVALHO, Carolina Monteiro de; ALMEIDA-FILHO, Raimundo. Uso de imagens Landsat-TM para avaliar a extensão da desertificação na região de Gilbués, sul do estado do Piauí. In: **Anais XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE. 2007. p.4365-4372.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, 52 (2, abr./jun. 1990. p.21-35.

FREITAS FILHO, Manuel Rodrigues de; SOUZA, Marcos José Nogueira de. Análise geoambiental com aplicação de geotecnologias nas nascentes do riacho dos Macacos: bacia do rio Acaraú-CE. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE. p.2161-2168.

GUERRA, Maria Daniely Freire; SOUZA, Marcos José Nogueira de; LUSTOSA, Jacqueline Pires Gonçalves. Revisitando a teoria geossistêmica de Bertrand no século XXI: aportes para o GTP (?). **Geografia em Questão**, v.05, n. 02. 2012. p.28-42.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. – 5. ed. – 4. reimpr. – São Paulo: Atlas, 2010.

LANDIM, Rafael Bezerra Tavares Vasques; SILVA, Djane Fonseca da; ALMEIDA, Henrique Ravi Rocha de Carvalho. Desertificação em Irauçuba (CE): Investigação de Possíveis Causas Climáticas e Antrópicas. **Revista Brasileira de Geografia Física** 01. 2011. p.01-21.

LIMA, Flávia Jorge de; CESTARO, Luiz Antonio; ARAÚJO, Paulo Cesar de. Sistemas geoambientais do município do Crato/CE. **Revista Mercator**, vol. 9, nº 19, mai./ago, 2010.

MELO, Ewerton Torres; SALES, Marta Celina Linhares; OLIVEIRA, José Gerardo Bezerra de. Aplicação do índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos, Crateús-CE. **Revista RA'E GA**, Curitiba, Departamento de Geografia - UFPR. vol. 23. 2011. p.520-533.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. Tradução Eloá Jacobina. – 10ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

MUNIZ, Ana Cristina Fernandes; OLIVEIRA, José Gerardo Beserra de. Condicionantes naturais e socioeconômicos da desertificação nos trechos médio e baixo do vale do rio Jaguaribe no estado do Ceará. In: **Anais VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física** Universidade de Coimbra, Maio de 2010.



- OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Indicadores biofísicos de desertificação, Cabo Verde/África. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 22, mai./ago. 2011. p.147-168.
- PINHEIRO, Renata Aline Bezerra. **Análise do processo de degradação/desertificação na bacia do Riacho Feiticeiro, com base no DFC, município de Jaguaribe-Ceará**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Teresina: UFPI, 2011.
- ROBAINA, Luis Eduardo de Souza et al. Método e Tizadas na Análise e Zoneamento Ambiental. **Geografias**. Belo Horizonte 05(2), janeiro-junho de 2009. p.36-49.
- RODRIGUES, Maria Ivoneide Vital. **A propensão à desertificação no Estado do Ceará: análise dos aspectos agropecuários, econômicos, sociais e naturais**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação, Fortaleza - CE, 2006.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8. ed., 3ª reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2010.
- SALES, Marta Celina Linhares. Degradação ambiental em Gilbués, Piauí. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, ano 02, número 04, 2003.
- _____. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste brasileiro. **Revista GEOUSP, Espaço e Tempo**, São Paulo, nº 11. 2002. p.115-126.
- SILVA, Cristiane Barbosa da et al. Delimitação de Geoambientes numa Bacia Hidrográfica na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, nº05. 2012. p.1259-1274.
- SOTCHAVA, Viktor Borisovich. **O Estudo de Geossistemas - 16 Métodos em Questão**. – São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1977.
- TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

Recebido em 24 de novembro de 2014

Aprovado em 22 de fevereiro de 2015