

DESERTIFICAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE UM COEFICIENTE INTERDISCIPLINAR PARA O ESTADO DO CEARÁ

Maria Ivoneide Vital Rodrigues

TELECEARÁ

Manuel Osório de Lima Viana

UFC. PRODEMA

RESUMO: O fenômeno da desertificação é um problema mundial em que ocorre a perda da capacidade produtiva dos recursos naturais e é causado, principalmente, pela ação degradante do homem sobre um meio-ambiente predisposto. O Estado do Ceará possui 92% de seu território inserido no Trópico Semi-árido; logo, é uma área de alta vulnerabilidade a processos de desertificação, sobretudo após quase cinco séculos de povoamento inconseqüente.

Para se estudar a propensão dos diversos municípios do Estado ao processo de desertificação, foi construída uma matriz de variáveis ou indicadores relacionados com o fenômeno, sendo aplicado à mesma o modelo estatístico multivariado da Análise Fatorial. O resultado final foi a construção de um coeficiente que, baseado na conceituação interdisciplinar proposta pelas Nações Unidas (1992, 1994), classificou os municípios cearenses em seis níveis de propensão à desertificação: Grave, Muito Forte, Forte, Moderado, Fraco e Muito Fraco.

ABSTRACT: The desertification phenomenon is a worldwide problem which provokes loss in natural resources productive capacity, having as its main cause the degrading action of human beings on a prone environment. The state of Ceará (Northeast Brazil) has 92% of its territory included in the Semi-arid Tropics which means that it is a highly vulnerable area to desertification processes, after almost five centuries of inconsequential settlement.

In order to study the various State counties propension to desertification, a matrix of variables or indicators related to the phenomenon was built, and then the multivariate statistical model of Factor Analysis was applied to it. The final result was the construction of a coefficient, based on the interdisciplinary conception proposed by the United Nations (1992, 1994), for classifying the counties into six levels of propension to desertification: severe, very strong, strong, moderate, weak, and very weak.

Introdução

Desertificação

A conscientização sobre o fenômeno da desertificação começou a difundir-se no mundo logo após uma prolongada seca de 6 anos (1968-1973) que ocorreu no Sahel, área que se estende por diversos países africanos. Desde então, governos e pesquisadores o vêm estudando, preocupando-se com um problema que afeta não somente os países localizados na região tropical mas, também, aqueles situados nas faixas subtropical e temperada. (Rodrigues, 1996).

Tendo conhecimento dos grandes prejuízos causados, tanto sociais como ambientais e econômicos pela grande seca do Sahel, a ONU convocou, em agosto de 1977, na cidade de Nairóbi, uma Conferência para ampliar o conhecimento sobre a desertificação, suas conseqüências sócio-econômicas e ambientais, e o desenvolvimento e a adoção de medidas de controle nos países afetados pelo fenômeno.

Mas, os esforços não ficaram somente nessa Conferência. A desertificação foi novamente discutida em fórum internacional, entre os temas da CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio-Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro, em 1992. Nessa Conferência, elaborou-se a Agenda 21¹ e, um de seus capítulos, o décimo segundo, aborda aspectos ligados ao combate à desertificação e à resistência aos efeitos das secas nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas do planeta.

Essa crise ecológica definida como desertificação - palavra muitas vezes desconhecida e mal interpretada até por cientistas e pesquisadores - não pode ser confundida com outros fenômenos semelhantes, tais como a seca e o deserto. Segundo Nimer² (1986), deserto, seca e desertificação possuem a mesma etimologia, mas designam fenômenos distintos. Assim, tratar-se-á a seguir de desertificação, voltando-se mais adiante aos conceitos de deserto e seca.

A desertificação é explicada por vários autores:

- “É a ação predatória do homem sobre ecossistemas a curto e médio prazo.” (Reis, 1988).
- “Fenômeno integrador de processos econômicos, sociais, naturais e/ou induzidos, que destroem o equilíbrio do solo, da vegetação e da água, bem como, a qualidade da vida humana, nas áreas sujeitas a uma natureza edáfica e/ou climática.” (Ferreira, 1994).
- À proporção que o fenômeno é melhor estudado, obtêm-se informações mais apuradas sobre o mesmo; é o que se percebe na definição mais ampla e mais aceita sobre a desertificação apresentada pela CNUMAD:

¹ Conjunto de medidas para a implementação dos princípios da Declaração do Rio. (D.G. Ferreira, 1994).

² Analista especializado em Geografia, da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - FIBGE.

- “A desertificação é a degradação do solo em áreas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de diversos fatores, inclusive de variações climáticas e, principalmente, de atividades humanas.” (ONU, 1992)
- “A desertificação tem sua origem nas complexas interações de fatores físicos, biológicos, políticos, sociais, culturais e econômicos.” (ONU, 1994).

Refletindo sobre essas definições, percebe-se um ponto comum a todas elas: a desertificação é um problema mundial causado, principalmente, pela ação degradadora do homem sobre o meio-ambiente.

Relacionar as principais causas e conseqüências seria mais uma forma de tentar explicar o fenômeno da degradação ambiental incontrolada. As causas, segundo Rodrigues³ (1994), dificilmente poderiam ser atribuídas às adversidades climáticas porque, de acordo com as pesquisas realizadas, não têm sido demonstradas mudanças climáticas significativas nas regiões afetadas.

Comprova-se, então, que o principal agente causador da desertificação é o homem, com seu uso não sustentável dos recursos naturais e práticas agrícolas não adequadas.

Seguem-se as causas⁴ mais freqüentemente referidas que levam uma área a tornar-se desertificada:

- Sobrepastoreio;
- Irrigação inadequada;
- Desmatamento ou queimada generalizada da cobertura vegetal;
- Mineração⁵;
- Demanda de energia (lenha, carvão vegetal etc.);
- Urbanização;
- Cultivos excessivos;
- Crescimento populacional;
- Desenvolvimento de culturas de exportação que não estão adaptadas ao clima e ao solo da região.

Com relação às características⁶ que a desertificação apresenta, podem-se enumerar as seguintes:

- Destruição do solo através de processos erosivos e/ou químicos;
- Assoreamento⁷;
- Empobrecimento e fuga do homem;
- Empobrecimento dos lençóis freáticos;
- Perda da diversidade biológica;
- Redução nas opções de desenvolvimento;
- Eliminação da cobertura vegetal natural e surgimento de plantas invasoras.

Apresentadas a definição, as principais causas e as conseqüências da desertificação, pode-se voltar à afirmativa inicial de que tal fenômeno não significa o mesmo que deserto e seca. Pois, deserto, numa análise mais abrangente (Nimer, 1986),

³ Professor da Universidade Federal do Piauí - Núcleo Desert.

⁴ Rodrigues, V. (1987).

⁵ A mineração é considerada um forte fator para o surgimento de uma área desertificada quando o local minerado não for recuperado. Destaca-se com atividade degradadora, o ramo da construção civil.

⁶ Citação em Rodrigues, V. (1987).

⁷ Amontoadão de areias ou de terras no leito dos rios, lagoas, barragens e açudes.

“é um fenômeno resultante da evolução de processos que alcançaram uma certa estabilidade final, isto é, alcançaram uma espécie de equilíbrio homeostático natural, independente da ação conseqüente ou inconseqüente do homem sobre o meio-ambiente. É um clímax ecológico atingido.” Trata-se, pois, de um fenômeno da natureza.

No que tange às secas, a definição mais ampla é dada pela ONU:

“constituem-se em uma deficiência constante das precipitações, que afeta amplas zonas de determinada região e se traduz em um período de clima anormalmente seco e suficientemente prolongado para que a escassez de água dê lugar a um agudo desequilíbrio hídrico.” (Assembléia Geral, 1994).

Em suma, a desertificação é um processo em que ocorre a diminuição progressiva da capacidade produtiva dos recursos naturais devida, principalmente, à ação degradante do ser humano sobre o meio-ambiente. Deserto é um fenômeno natural que independe da ação humana. Com relação às secas, pode-se defini-las como sendo um fenômeno climático natural que consiste em uma estiagem prolongada.

O caso brasileiro/nordestino

O Nordeste brasileiro é a área do país mais fortemente vulnerável à incidência da degradação ambiental: um meio-ambiente frágil, com amplas áreas tropicais e semi-áridas, exposto a forte pressão demográfica, durante quase cinco séculos de povoamento. É para aí que se volta a maioria dos estudos referentes à desertificação no território brasileiro.

É uma área que está, em grande proporção, dentro do Trópico Semi-árido (TSA) do globo terrestre, incluindo-se, por isso, o Nordeste brasileiro, no grande mapa das Nações Unidas sobre a desertificação. É, então, a região mais comprometida ambientalmente em todo o país. Mas, não somente o Nordeste está susceptível ao fenômeno da desertificação. Por ser um problema causado, principalmente, pela ação do homem sobre o meio-ambiente, a degradação ambiental é percebida em pequenas áreas de outros Estados brasileiros não situados no TSA, por exemplo, nos municípios de Alegrete e São Francisco, no Estado do Rio Grande do Sul.

Além das grandes secas periódicas que ocorrem no sertão nordestino, agravando ainda mais a situação rural, as atividades econômicas dessa região semi-árida, baseadas na pecuária extensiva e em práticas tradicionais de uso do solo, são, também, um forte fator para aumentar a degradação ambiental no Nordeste brasileiro.

O Estado do Ceará, representando 9,6% da região Nordeste e 1,7% do território brasileiro⁸, possui uma área total de 148.016km² e uma população de 6.362.620 habitantes⁹, tem 92% (Leite, 1992) de seu território inserido na região de semi-aridez nordestina ou entre as isoietas com menos de 800mm de chuvas anuais¹⁰; possui uma economia baseada em um modelo primitivo, extrativista e predatório dos recursos naturais renováveis. Com essa exploração, sem consciência de preservação, cerca de 15.128,5km², correspondendo a 10,2% da superfície total do Estado¹¹, estão sob um perigoso processo de desertificação.

Os principais fatores, segundo Leite (1994), que colaboraram e colaboram para o avanço da desertificação no Estado do Ceará são:

- Práticas agrícolas primitivas
- Alta densidade demográfica
- Atividades pastoris intensas para ecossistemas frágeis (trópico semi-árido)
- Desmatamento sem controle
- Irrigação inadequada
- Queimadas

⁸ Anuário Estatístico do Ceará - 1993. IPLANCE. Ver bibliografia.

⁹ *ibid.*

¹⁰ Isoieta que conceitua pluviometricamente o Semi-árido, segundo a Lei Nº 7.287/89 regulamentadora do Art. 159 da Constituição Federal que instituiu o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE.

¹¹ Citação em Leite, F.R.B. *et alii*, 1994. Ver bibliografia.

Depreende-se que existe um considerável número de municípios afetados por processos de desertificação no Estado do Ceará e que este número pode ser agravado se não forem levados em conta os diferentes fatores que provocam o fenômeno. Isto deve acarretar uma maior preocupação por parte das entidades governamentais e de pesquisa, para se esclarecer de forma objetiva o fenômeno à população, podendo-se, assim, otimizar as pesquisas até então realizadas e contribuir com novos recursos para evitar a expansão de tal processo.

O propósito deste artigo é discutir os indicadores a serem utilizados para uma definição da desertificação, de acordo com os documentos das Nações Unidas (1992, 1994), fazendo um levantamento dos mesmos nos municípios do Estado do Ceará. Em seguida, elaborar-se-á a construção interdisciplinar de um indicador sintético de susceptibilidade à desertificação que ordenará os municípios quanto à maior ou menor gravidade do fenômeno.

2. Material e método

2.1. Construção e indicadores e índices

O estudo do fenômeno da desertificação, com a apresentação de indicadores, tem sido sugerido desde o Seminário de Nairóbi (1977), buscando-se detectar o problema logo ao início do seu aparecimento em qualquer área. Através de algumas variáveis, diagnostica-se a desertificação em todos os seus processos físicos, biológicos, econômicos e sociais.

A definição do que venha a ser um indicador é dada por Vasconcelos Sobrinho (1977):

“É um dado estatístico que se considera possuir um valor informativo específico; ... serve para o diagnóstico e contribuição para execução de programas corretivos; ... sua aplicação adota diferentes formas segundo a índole da região e o problema...”

Mas, segundo o mesmo autor, nenhum indicador pode, por si só, representar a desertificação. Destinam-se os diversos indicadores, principalmente, a quatro objetivos:

1. Prever a desertificação antes que ela se inicie;
2. Vigiar o processo nas regiões que sofrem a desertificação e nas que se considera correrem perigo;
3. Avaliar a vulnerabilidade de uma área à desertificação;
4. Avaliar os efeitos dos processos de desertificação e dos programas para combatê-los.

A partir de variáveis que podem estar correlacionadas com a degradação ambiental e, deste modo, com a desertificação, foi construído aqui um conjunto de novas variáveis ou indicadores¹². Estes, no presente estudo, procuram representar cada fenômeno em termos relativos, de modo a se neutralizarem, principalmente, as diferenças de superfície geográfica existentes entre os municípios do Estado do Ceará e a diversidade de unidades de medida das variáveis originais. São inúmeras as possíveis categorias de indicadores, mas somente os que apresentaram maior disponibilidade na literatura foram utilizados. Classificaram-se em quatro grupos:

1. Agropecuários e econômicos
2. Demográficos
3. Sociais
4. Naturais

Apresentam-se, a seguir, os quatro grupos com seus respectivos indicadores e especificação das variáveis. Os dados estatísticos foram coletados a partir de publicações da FIBGE (1982, 1983, 1991 e 1992), IPLANCE

¹²Os indicadores são, geralmente, representados como:

Índices: números índices (dados temporais em relação ao ano base);

Coefficientes: parte/todo (proporções, percentagens);

Quocientes: a/b (relações entre valores heterogêneos, razões);

Diferenças absolutas: a-b (diferenças entre valores homogêneos);

FONTE: Wálter, M. A. e Braga, H. R. Ver bibliografia. Pode-se acrescentar: **Taxas de crescimento:** intensidade ou velocidade por unidade de tempo

(1989, 1993) e FUNCEME. Foram coletados nas fontes existentes sessenta e seis variáveis originais, com as quais se criaram os quarenta e seis indicadores, a seguir.

2.2. Variáveis selecionadas

2.2.1. Especificação das variáveis

Grupo 1: indicadores agropecuários e econômicos:

Bovinocultura:

AREMUBOV = $\text{km}^2/\text{bovino}$: relação entre a área do município em quilômetros quadrados e o número de bovinos (1991);

VACALEIT = $\text{vacas ordenhadas}/1000\%$: relação entre o número de vacas ordenhadas e a quantidade de leite produzida (1991);

Caprinocultura:

CAPRAREM = $\text{caprinos}/\text{km}^2$: relação entre o número de caprinos e a área do município em quilômetros quadrados (1991);

Ovinocultura:

OVINAREM = $\text{ovinos}/\text{km}^2$: relação entre o número de ovinos e a área do município em quilômetros quadrados (1991);

Área agrícola:

ARALAMUN = ha/ha (número puro): relação entre a área cultivada de algodão arbóreo em hectares e a área do município em hectares (1991);

ARFEAMUN = ha/ha (número puro): relação entre a área cultivada de feijão em hectares e a área do município em hectares (1991);

ARMIAMUN = ha/ha (número puro): relação entre a área cultivada de milho em hectares e a área do município em hectares (1991);

Extrativismo vegetal:

PCVMPCVE = $[(\text{mil cruzeiros}/\text{Cr\$ } 176.109) * (148.016 \text{ km}^2/\text{área do município})]$ (proporção): relação entre a razão do valor da produção de carvão vegetal do município e o valor da produção de carvão vegetal do Estado (1990) e a razão da área do Estado e a área do município em quilômetros quadrados (1990);

PMAMPMAE = $[(\text{mil cruzeiros}/\text{Cr\$ } 1.114.000) * (148.016 \text{ km}^2/\text{área do município})]$ (proporção): relação entre a razão do valor da produção de madeira do município e o valor da produção de madeira do Estado (1990) e a razão da área do Estado e a área do município em quilômetros quadrados (1990);

PLEMPLEE = $[(\text{mil cruzeiros}/\text{Cr\$ } 1.957.445) * (148.016 \text{ km}^2/\text{área do município})]$ (proporção): relação entre a razão do valor da produção de lenha do município e o valor da produção de lenha do Estado (1990) e a razão da área do Estado e a área do município em quilômetros quadrados (1990);

Mecanização:

TRATAREA = $\text{tratores}/\text{km}^2$: relação entre o número de tratores e a área do município em quilômetros quadrados (1985);

Áreas com lavouras temporárias:

TEMPAEST = ha/ha (número puro): relação entre a área com lavouras temporárias em hectares e a área total dos estabelecimentos em hectares (1980);

Áreas com pastagens naturais:

APASTNAT = ha/ha (número puro): relação entre a área com pastagens naturais em hectares e a área total dos estabelecimentos em hectares (1980);

Defensivos agrícolas:

ADUBESTA = estab./estab. (número puro): relação entre o número de estabelecimentos que usam adubos e o número total de estabelecimentos (1980);

Orientação produtiva:

PPECAGR = mil cruzeiros/mil cruzeiros (número puro) relação entre o valor da produção da pecuária do município e o valor da produção agrícola (1980);

Irrigação:

IRRAREST = ha/ha (número puro): relação entre a área irrigada em hectares e a área total dos estabelecimentos em hectares (1985);

Consumo de energia elétrica:

ARMUELET = km²/mwh: relação entre a área do município em quilômetros quadrados e o consumo total de energia elétrica em miliwatthora (1991);

POPELETR = hab/mwh: relação entre a população total e o consumo total de energia elétrica em miliwatthora (1991);

Rendimentos dos cultivos:

INVREMA = 1/kg/ha (ha/kg): inverso do rendimento médio do algodão arbóreo (1991);

INVREMAR = 1/kg/ha (ha/kg): inverso do rendimento médio do arroz em casca (1991);

INVREMF = 1/kg/ha (ha/kg): inverso do rendimento médio do feijão em grão (1991);

INVREMAN = 1/kg/ha (ha/kg): inverso do rendimento médio da mandioca (1991);

INVREMIL = 1/kg/ha (ha/kg): inverso do rendimento médio do milho em grão (1991);

Estrutura fundiária:

AREMESTA = ha/estabelecimentos: relação entre a área total dos estabelecimentos em hectares e o número total de estabelecimentos do município (1985);

EXPLAPRO = ha/ha (número puro): relação entre a área explorada em hectares e a área aproveitável do município em hectares (1991);

Grupo 2: indicadores demográficos:

Densidade demográfica:

DENSIDEM = habitantes/km²: relação entre o número de habitantes e a área do município (1991);

Migração:

MIGRAPOP = habitantes/habitantes (número puro): relação entre a imigração (pessoas não naturais do município onde residem procedentes da zona urbana e rural) e a população do município (1980);

RURAPOPU = habitantes/habitantes (número puro): relação entre a população rural e a população total do município (1980);

IMIGNATU = habitantes/habitantes (número puro): relação entre a população imigrante e a população natural do município (1980);

Evolução demográfica:

CRECSPOP = taxa de crescimento: taxa geométrica de crescimento anual da população do município (1980-1991);

Grupo 3: indicadores sociais

Educação:

ALUNODOC = alunos/professor: relação entre o número de alunos matriculados e as funções docentes em exercício do município (1992);

ALUNOSAL = alunos/salas de aula: relação entre o número de alunos matriculados e o número de salas de aula existentes (1992);

Saúde:

HABLEITO = 1000 habitantes/leito: relação entre milhares de habitantes e o número de leitos dos hospitais (1992);

HABMEDIC = 1000 habitantes/médico: relação entre milhares de habitantes e o número de médicos (1992);

Bem-estar social:

ABASAGUA = habitantes/m³: relação entre a população abastecida com água e o volume de água produzido (1992);

DESOCASA = domicílios/domicílios (número puro): relação entre os domicílios particulares não ocupados e o total de domicílios particulares (1991);

POPINDIG = habitantes/habitantes (número puro): relação entre a população indigente e a população total do município (1991);

Associativismo:

ESTASCOO = estab./estab. (número puro): relação entre o número total de estabelecimentos e o número de estabelecimentos com produtores associados a cooperativas (1980);

Índice de desenvolvimento humano (IDH):

CLASSIDH ($0 \leq \text{IDH} \leq 1$): indicador que foi utilizado pelo IPLANCE e teve como principal objetivo ordenar os municípios do Estado do Ceará, a partir dos menos aos mais carentes. Contém informações sintetizadas da taxa de analfabetismo, da renda *per capita*, da taxa de mortalidade infantil, da taxa de famílias indigentes do Ceará e do índice de pobreza rural relativa.

Grupo 4: indicadores naturais

Susceptibilidade climática:

EVAPRECI = milímetro/milímetro (número puro): relação entre as médias de evapotranspiração e precipitações pluviométricas do município (1912-1984);

ARIDUMID = milímetro/milímetro (número puro): relação entre as médias do índice de aridez e do índice de umidade do município (1912-1984);

INVPLUVI = 1/ milímetro: inverso da pluviometria média do município: (1993);

Antropismo:

ANTRAMUN = km²/km² (número puro): relação entre a área antropizada e a área total do município (1990);

CRESANTR = km²/km²/período (proporção no período): crescimento do antropismo do município (1985-1990);

Disponibilidade de água:

ARMUREAG = hac/m³: relação entre a área do município em hectares e o somatório das águas subterrâneas, composto da disponibilidade atual e das reservas exploráveis (1993);

AREAAGUA = km²/1000m³: relação entre a área do município e o somatório da capacidade dos açudes e lagoas (1993).

A pesquisa foi direcionada aos cento e setenta e sete municípios cearenses (hoje, 184), considerando-se, também, os criados no ano de 1.988: Acarape, Amontada, Banabuiú, Barreira, Barroquinha, Chorozinho, Croatá, Cruz, Ereré, Eusébio, Forquilha, Graça, Guaiuba, Horizonte, Ibareta, Ibicuitinga, Icapuí, Ipaoranga, Itarema, Madalena, Maracanaú, Milhã, Miraíma, Ocara, Paraipaba, Pindoretama, Pires Ferreira, Potiretama, Quiterianópoles, Quixelô, Salitre, Tarrafas, Tejuçuoca, Tururu, Umirim e Varjota. Como o Estado tem, atualmente, cento e oitenta e quatro municípios, isto significa que não foram desmembrados de suas origens os

municípios seguintes: Deputado Irapuan Pinheiro, Ararendá, Catunda, Jijoca de Jericoacoara, Choró, Itaitinga e Fortim.

Para os trinta e seis municípios citados acima, quando em fontes bibliográficas não se obtiveram dados necessários para a formação dos indicadores ADUBESTA, TEMPAEST, APASTNAT, IRRAREST, PPECAPGR, ESTASCOO, AREMESTA e IMIGNATU, foram repetidos os dados dos municípios de origem dos quais faziam parte as localidades antes do desmembramento.

No indicador INVREMA, por inexistência de dados, colocou-se a média dos municípios vizinhos nas seguintes localidades: Altaneira, Alto Santo, Aquiraz, Aracati, Aracoiaba, Beberibe, Camocim, Cascavel, Chorozinho, Crato, Croatá, Eusébio, Graça, Guaraciaba do Norte, Guaramiranga, Horizonte, Ibiapina, Ibicuitinga, Icapuí, Itaíçaba, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Missão Velha, Morada Nova, Mulungu, Ocara, Pacajus, Pacoti, Palhano, Pindoretama, Quixeramobim, Russas, São Benedito, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Trairi, Ubajara, Viçosa do Ceará e Fortaleza. No que se refere aos municípios de Barreira e Cruz colocou-se o dado do município de origem.

Incluiu-se a média dos municípios vizinhos, no indicador INVREMA, nas localidades relacionadas a seguir: Acaraú, Alcântaras, Aquiraz, Aracati, Beberibe, Bela Cruz, Carnaubal, Cascavel, Cruz, Eusébio, Guaramiranga, Horizonte, Icapuí, Itaíçaba, Itarema, Meruoca, Monsenhor Tabosa, Mulungu, Pacajus, Palhano, Pindoretama, Poranga e Tamboril. E para os municípios de Amontada, Croatá e Miraima foram colocados os dados dos municípios de origem.

A média dos municípios vizinhos foi incluída no indicador INVREMA nas localidades de Aurora, Baixo, Ipaumirim, Lavras da Mangabeira e Várzea Alegre. No que tange aos municípios de Ereré e Miraima foram colocados os dados dos municípios de origem.

No indicador HABLEITO incluiu-se, também, a média dos municípios vizinhos nos seguintes municípios: Abaiara, Alcântaras, Arneiroz, Catarina, Granjeiro, Guaiuba, Guaramiranga, Independência, Irauçuba, Pacatuba, Penaforte e Senador Sá. E para os municípios de Barroquinha, Chorozinho, Forquilha, Ibaretama, Miraima, Pires Ferreira, Salitre, Tarrafas e Tejuçuoca foram incluídos os dados do município de origem.

Incluiu-se a média dos municípios vizinhos, no indicador ABASAGUA, nos municípios de Aiuaba, Alcântaras, Altaneira, Aratuba, Assaré, Brejo Santo, Caririaçu, Cariús, Cedro, Chaval, Crato, Graça, Granjeiro, Hidrolândia, Martinópolis, Meruoca, Mombaça, Mulungu, Piquet Carneiro, Poranga, Saboeiro, São Benedito, São João do Jaguaribe e Tianguá. Já para os municípios de Barreira, Barroquinha, Chorozinho, Cruz, Eusébio, Horizonte, Ibaretama, Ibicuitinga, Ipaporanga, Itarema, Itatira, Miraima, Ocara, Pindoretama, Pires Ferreira, Potiretama, Quiterianópolis, Salitre, Tarrafas, Tejuçuoca e Tururu, foram colocados os dados dos municípios de origem.

Para o indicador HABMEDIC foram colocados os dados dos municípios de origem nos municípios de Salitre e Tarrafas.

Para os municípios de Aracati, Carnaubal, Cascavel, Croatá, Ibicuitinga, Itaíçaba, Mulungu e Ocara, nos indicadores ARIDUMID e EVAPRECI, o dado foi incluído obedecendo a média das variáveis originais (precipitações pluviométricas, evapotranspiração, índice de aridez e índice de umidade) dos municípios mais próximos ao município em referência.

E para o indicador ARMUREAG foi colocada a média dos municípios vizinhos na localidade de Banabuiú e o dado de origem no município de Potiretama.

Deve ficar bem claro que, como a maioria dos dados utilizados não são oriundos de séries temporais ou não são taxas de crescimento, prefere-se aqui falar de propensão à desertificação em vez de processo de desertificação. Há, pois, o cuidado de não dar a entender que a presente análise tenha cunho fundamentalmente dinâmico. Anteve-se a tendência, mas não se explica com maior profundidade a dinâmica do processo.

2.3. Análise Fatorial

Como já se disse, esse trabalho envolveu um total de sessenta e seis variáveis originais para a constituição de quarenta e seis indicadores, que se relacionam com o fenômeno da desertificação. Para tentar reduzir esse número relativamente grande de indicadores, foi aplicado o modelo da Análise Fatorial, o qual consiste em uma análise multivariada que sintetiza as informações de um conjunto maior de variáveis em poucos fatores comuns ortogonais (novas variáveis).

A seguir, será feita uma breve apresentação da Análise Fatorial, explicando o modelo, deduzindo a construção do coeficiente classificatório interdisciplinar e expondo os resultados da aplicação.

2.3.1. O modelo

O postulado inicial da análise fatorial diz respeito aos componentes da variabilidade das variáveis. Admite-se, então, que a variância, V , de um conjunto de variáveis tem uma parte comum, C , e uma parte singular, U (Rummel, 1970).

Simbolicamente:

$$V = C + U \quad [= C + S + E = R + E]$$

onde,

V = variabilidade, variância

C = comunalidade¹³

U = unicidade, singularidade¹⁴

S = especificidade¹⁵

E = aleatoriedade, erro estocástico¹⁶

R = reproducibilidade, confiabilidade.¹⁷

A base do modelo da Análise Fatorial é a matriz de dados, $X_{o,v}$, na qual as variáveis ($j:1,...,v$) estão representadas nas colunas e as observações ($i:1,...,o$), nas linhas. Considera-se, inicialmente, que as variáveis foram matematicamente transformadas: centralizadas em torno de sua média, padronizadas e normalizadas. Representa-se, então, o modelo pela seguinte equação:

$$X_{o,v} = F_{o,k}A'_{k,v} + G_{o,v}B'_{v,v}$$

onde,

$X_{o,v}$: matriz de v variáveis transformadas ($j:1,...,v$), cada uma com o observações ($i:1,...,o$).

$A_{v,k}$: matriz de cargas fatoriais para cada variável ($j:1,...,v$), em cada fator comum ($\ell:1,...,k$); seus elementos são coeficientes de correlação linear entre as variáveis e os fatores comuns.

$F_{o,k}$: matriz de escores fatoriais; valores para cada observação ($i:1,...,o$) em cada fator comum ($\ell:1,...,k$).

$B_{v,v}$: matriz de cargas fatoriais para cada variável ($j:1,...,v$), em cada fator singular ($j:1,...,v$); seus elementos são coeficientes de correlação linear entre as variáveis e os fatores singulares.

$G_{o,v}$: matriz de escores fatoriais para cada observação ($i:1,...,o$), em cada fator singular ($j:1,...,v$).

A matriz de correlação entre as variáveis transformadas é obtida pelo produto matricial:

$$X'_{v,o}X_{o,v} = (FA' + GB')(FA' + GB')$$

Resolvendo o produto, obtém-se

$$X'_{v,o}X_{o,v} = AA' + BB' = R_{v,v}$$

¹³ A comunalidade de uma variável X_j em uma matriz de v variáveis é a variância de X_j comum às outras $(v-1)$ variáveis.

¹⁴ É o componente da variância de X_j não comum às outras $(v-1)$ variáveis.

¹⁵ É a parte da unicidade (singularidade) que é confiável, reproduzível.

¹⁶ Porção da unicidade que não é confiável.

¹⁷ Somatório da comunalidade com a especificidade.

Note-se que

$$\mathbf{AA}' = \mathbf{X}'\mathbf{F}\mathbf{F}'\mathbf{X} \neq \mathbf{X}'\mathbf{X} \quad \mathbf{e}$$

$$\mathbf{BB}' = \mathbf{X}'\mathbf{G}\mathbf{G}'\mathbf{X} \neq \mathbf{X}'\mathbf{X}$$

O resultado é o **Teorema Fundamental da Análise Fatorial**:

$$\mathbf{AA}' + \mathbf{BB}' = \mathbf{R}$$

$\mathbf{AA}' = \mathbf{R} - \mathbf{BB}'$ (variâncias ou, com as transformações matemáticas feitas, correlações absolutas entre as variáveis, explicadas pelos fatores comuns).

A matriz de correlação é a base para todo o modelo da Análise Fatorial e é através dela que se obtêm: 1) a seleção das variáveis importantes para a explicação do problema em estudo, analisando, inicialmente, os coeficientes de correlação linear¹⁸ entre as variáveis ou indicadores. Se uma variável for fracamente correlacionada com as demais, não participará dos fatores comuns e deverá ser eliminada; 2) a matriz das cargas fatoriais¹⁹; 3) a matriz dos coeficientes de correlação parcial; 4) o percentual da variância total explicado pelo modelo; 5) e outras estatísticas relevantes (KMO²⁰, MSA²¹ e o coeficiente de Bartlett²²)

Como \mathbf{AA}' é uma matriz quadrada relevante para a análise fatorial, é necessário que se introduza o conceito de raiz característica correspondente a um fator comum, que é a soma dos quadrados das cargas fatoriais relativas ao mesmo. A problemática, agora, consiste em encontrar um vetor $\mathbf{e}_{v,1}$ (vetor característico) e um escalar λ (raiz característica) tais que:

$$\mathbf{AA}'_{v,v} \mathbf{e}_{v,1} = \lambda \mathbf{e}_{v,1} \text{ (equação característica)}$$

ou, trabalhando-se com v vetores e v escalares:

$$\mathbf{AA}'_{v,v} \mathbf{E}_{v,v} = \Lambda_{v,v} \mathbf{E}_{v,v}$$

portanto,

$$\mathbf{AA}' \mathbf{E} - \Lambda \mathbf{E} = \mathbf{0}_{v,v}$$

$$(\mathbf{AA}' - \Lambda) \mathbf{E} = \mathbf{0} \quad \text{(matriz zero)}$$

assim, para se ter $\mathbf{E} \neq \mathbf{0}_{v,v}$, é preciso que o determinante:

$$|\mathbf{AA}' - \Lambda| = 0 \quad \text{(escalar zero)}$$

Na Análise Fatorial, a raiz característica de um vetor comum dividida pelo número de variáveis e multiplicada por cem, representa a percentagem da variância total das variáveis que é explicada pelo fator comum respectivo.

Após a determinação da matriz de correlação entre as variáveis, pela qual se determina o teorema fundamental da análise fatorial, é imprescindível que sejam explicados, para uma melhor compreensão do modelo, outros passos e conceitos importantes, tais como, a matriz de cargas fatoriais, a rotação dos fatores, a matriz de escores fatoriais e o coeficiente que, a partir da Análise Fatorial, classificará as observações.

2.3.2. A matriz de cargas fatoriais

¹⁸ Estimativas das correlações entre as variáveis.

¹⁹ Matriz de correlação entre os fatores comuns e as variáveis transformadas.

²⁰ KMO (Estatística de Kaiser-Meyer-Olkin): compara as magnitudes dos coeficientes de correlação linear observados com as magnitudes dos coeficientes de correlação parcial. Quanto maior essa grandeza, melhor a análise fatorial.

²¹ MSA (Measure of Sampling Adequacy): medida de adequação da amostra. Quanto mais altos os valores de MSA, melhor será a análise fatorial.

²² Testa a hipótese de que a matriz de correlação seja uma matriz identidade.

Demonstra-se que as matrizes de cargas fatoriais do modelo inicial são as matrizes de correlação entre os fatores e as variáveis transformadas. Ou seja, para os fatores comuns, vê-se que:

$$\mathbf{F}'\mathbf{X} = \mathbf{F}'(\mathbf{FA}' + \mathbf{GB}')$$

$$\mathbf{F}'\mathbf{X} = \mathbf{A}_{k,v}$$

Do mesmo modo, para os fatores singulares:

$$\mathbf{G}'\mathbf{X} = \mathbf{G}(\mathbf{FA}' + \mathbf{GB}')$$

$$\mathbf{G}'\mathbf{X} = \mathbf{B}_{v,v}$$

2.3.3. A rotação

Para enfatizar as variáveis mais relevantes que compõem cada fator comum, aumentando suas cargas fatoriais, é geralmente necessário que se faça uma rotação dos fatores. Para isto, o método VARIMAX é um dos mais utilizados pelos pacotes estatísticos computacionais, em uma rotação que, ainda, mantém ortogonais os fatores comuns.

Partindo da equação que representa o modelo da análise fatorial e excluindo os fatores singulares, tem-se

$$\mathbf{X}_{o,v} = \mathbf{F}_{o,k}\mathbf{A}'_{k,v}$$

Admitindo uma transformação ortonormal,

$$\mathbf{T}'_{k,k} \mathbf{T}_{k,k} = \mathbf{I}_{k,k}$$

chega-se a

$$\mathbf{X}_{o,v} = \mathbf{FT}'\mathbf{TA}'$$

$$\mathbf{X}_{o,v} = \mathbf{P}_{o,k}\mathbf{Q}'_{k,v}$$

onde,

P: nova matriz de fatores comuns (que continuam ortogonais, independentes)

Q: nova matriz de cargas fatoriais, após rotação dos fatores comuns.

A matriz **Q** representa as correlações entre as variáveis transformadas e os fatores comuns depois do processo de rotação.

Ademais,

$$\mathbf{Q}_{v,k}\mathbf{Q}'_{k,v} = (\mathbf{TA}')'\mathbf{TA}'$$

$$\mathbf{Q}_{v,k}\mathbf{Q}'_{k,v} = \mathbf{AA}'$$

Mas, como

$$\mathbf{R}_{v,v} = \mathbf{X}'\mathbf{X} = \mathbf{AA}' + \mathbf{BB}'$$

logo,

$$\mathbf{R}_{v,v} = \mathbf{QQ}' + \mathbf{BB}'$$

$$\mathbf{QQ}' = \mathbf{R} - \mathbf{BB}'$$

Assim, após a rotação, obtém-se, novamente, o teorema fundamental da Análise Fatorial.

Depois da explicação da rotação dos fatores comuns será analisada, no próximo item, a matriz de escores fatoriais, que atribui um escore ou um novo valor para cada observação em cada fator comum.

2.3.4. A matriz de escores fatoriais ou de elementos dos fatores comuns

Vários métodos podem ser utilizados para a obtenção dos escores fatoriais ou valores dos elementos de cada vetor comum ortogonal, em substituição aos valores tomados pelas variáveis transformadas originais. Muito utilizado é o método da regressão linear, fazendo-se a matriz de escores fatoriais ou dos fatores comuns uma função linear da matriz das variáveis transformadas.

Assim,

$$\mathbf{F}_{o,k} = \mathbf{X}_{o,v} \beta'_{v,k}$$

logo,

$$\mathbf{X}'_{v,o} \mathbf{F}_{o,k} = \mathbf{X}'_{v,o} \mathbf{X}_{o,v} \beta'_{v,k}$$

$$\mathbf{A}_{v,k} = \mathbf{R}_{v,v} \beta'_{v,k}$$

então,

$\beta' = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{A}$ [$\beta = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{F}$, segundo o método dos mínimos quadrados. Deve-se ter um cuidado especial para evitar o problema da multicolinearidade.]

Substituindo o valor encontrado de β na equação

$$\mathbf{F}_{o,k} = \mathbf{X}_{o,v} \beta'_{v,k}$$

tem-se

$$\mathbf{F}_{o,k} = \mathbf{X}_{o,v} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{A}_{v,k}$$

Portanto, percebe-se que os escores fatoriais dependem das variáveis transformadas, das correlações entre estas mesmas variáveis (inversamente) e das correlações entre elas e os fatores ortogonais comuns.

Uma aplicação da Análise Fatorial pode ser a construção de coeficientes para a classificação ou ordenação de observações estatísticas e, assim, a estimação dos escores²³ é indispensável. A construção de tal coeficiente é o propósito da próxima subseção.

2.3.5. O coeficiente de propensão à desertificação

Os fatores comuns ortogonais (vetores independentes) resumem as informações contidas nas múltiplas variáveis, além de distribuí-las em agrupamentos (conceitos). Os fatores, até certo ponto, representam um grupo bem definido de variáveis, ou seja, podem ser indicativos de um conceito relevante para o assunto em estudo.

As informações, agora concentradas em fatores, podem ser sintetizadas mais ainda em coeficientes globais, um para cada observação. O coeficiente, que ordenará cardinalmente as observações, pode ser construído como a média ponderada dos escores que elas recebem em cada fator ortogonal comum. De duas maneiras diretas podem ser construídos estes coeficientes globais e representados pelos seguintes vetores:

$\mathbf{M}_{o,1}$: somatórios dos produtos dos escores fatoriais (F_{ℓ}), correspondentes a cada observação ($i=1,...,o$), pelas participações relativas dos respectivos fatores ($\ell=1,...,k$) na variância total (V_{ℓ}).

$\mathbf{N}_{o,1}$: somatórios dos produtos dos escores fatoriais (F_{ℓ}), correspondentes a cada observação ($i=1,...,o$), pelas participações relativas dos respectivos fatores ($\ell=1,...,k$) na variância comum (V_{ℓ}).

É fundamental observar que, para o cálculo dos valores do coeficiente para cada observação (município), entraram apenas os fatores comuns selecionados, ou seja, aqueles que possuem uma raiz característica maior ou igual à unidade. Desta maneira, quando se fala, agora, em $\ell = 1,...,k$ fatores comuns, tem-se em mente apenas os fatores selecionados e suas respectivas raízes características.

Assim, para $\mathbf{M}_{o,1}$, tem-se vetorialmente

$$\mathbf{M}_{o,1} = \mathbf{F}_1 V_1 + \mathbf{F}_2 V_2 + \dots + \mathbf{F}_k V_k$$

ou seja,

$$\mathbf{M}^*_{o,1} = \mathbf{M}_{o,1}(v/100) = \mathbf{F}_1 \lambda_1 + \dots + \mathbf{F}_k \lambda_k$$

e, em linguagem matricial:

$$\mathbf{M}^*_{o,1} = \mathbf{F}_{o,k} \cdot \mathbf{\Lambda}'_{k,1}$$

²³ No presente estudo, valores tomados pelos fatores para cada município, obtidos através de combinações lineares dos indicadores.

Por outro lado,

$$\mathbf{N}_{o,1} = \mathbf{F}_1 \cdot \mathbf{V}_1 + \mathbf{F}_2 \cdot \mathbf{V}_2 + \dots + \mathbf{F}_k \cdot \mathbf{V}_k$$

ou seja,

$$\mathbf{N}_{o,1}^* = \mathbf{N}_{o,1}(\sum \lambda_{\ell}/100) = \mathbf{F}_1 \lambda_1 + \dots + \mathbf{F}_k \lambda_k$$

e, em linguagem matricial:

$$\mathbf{N}_{o,1}^* = \mathbf{F}_{o,k} \cdot \Lambda'_{k,1}$$

Desse modo, o coeficiente ($\mathbf{D}_{o,1}$) sugerido é igual a:

$$\mathbf{D}_{o,1} = \mathbf{M}_{o,1}^* = \mathbf{N}_{o,1}^* = \mathbf{F}_{o,k} \cdot \Lambda'_{k,1}$$

onde,

$\mathbf{F}_{o,k}$: matriz dos fatores comuns, ou seja, dos escores fatoriais

$\Lambda_{1,k}$: vetor das somas dos quadrados das respectivas cargas fatoriais dos fatores comuns, ou seja, de suas raízes características. (Note-se que, se as cargas fatoriais são coeficientes de correlação, seus quadrados são coeficientes de determinação que indicam proporções explicadas da variância das variáveis).

$\sum \lambda_{\ell}$: soma das comunalidades das variáveis.

\mathbf{F}_{ℓ} : fatores comuns selecionados ($\ell=1, \dots, k$), cujos elementos são os escores fatoriais.

λ_{ℓ} : soma dos quadrados das cargas fatoriais do fator comum ℓ (raiz característica de ℓ).

Finalmente, para um melhor entendimento, os elementos do vetor $\mathbf{D}_{o,1}$ podem ser reescalados, dividindo-os pelo maior elemento encontrado e multiplicando-os por cem. Assim, a classificação de cada observação será representada como uma percentagem (índice) em relação à mais destacada.

Após a dedução teórica do coeficiente, realizaram-se, na prática, transformações matemáticas (deslocamentos da origem) dos escores fatoriais a fim de se evitar trabalhar com zeros e números negativos. Os coeficientes foram, a seguir, calculados por três métodos diferentes (método da média aritmética, da média quadrática e da média geométrica ponderadas), com a finalidade de se verificarem as diferenças entre as classificações, de acordo com cada método utilizado, e compará-las com outras informações apresentadas pela literatura.

2.4. Médias Ponderadas

2.4.1. Método da média aritmética

Os escores fatoriais passaram pela seguinte transformação matemática, apenas com o fim de se utilizarem os mesmos valores iniciais, nos três métodos. Assim:

$$\mathbf{G}_{i\ell} = \mathbf{F}_{i\ell} - \mathbf{F}_{m\ell} + 1$$

onde,

$\mathbf{G}_{i\ell}$: escore fatorial, após transformação matemática para eliminar zeros e negativos

$\mathbf{F}_{i\ell}$: escore fatorial original

i: observações ($i = 1, \dots, o$)

ℓ : fatores comuns selecionadas ($\ell=1, \dots, k$)

m: elemento de valor mínimo do vetor

Em seguida, fez-se a ponderação dos fatores por suas respectivas raízes características:

$$\mathbf{H}_{i\ell} = \lambda_{\ell} \mathbf{G}_{i\ell}$$

onde,

$H_{i\ell}$: ponderação dos fatores transformados (escore fatorial transformado e ponderado)

λ_{ℓ} : raiz característica do fator comum ℓ

O passo seguinte foi determinar a média aritmética ponderada ou coeficiente absoluto (P_i), para cada observação:

$$P_i = \sum \lambda_{\ell} G_{i\ell} / \sum \lambda_{\ell}$$

onde,

$i=1, \dots, o$: observações (municípios)

$\ell=1, \dots, k$: fatores selecionados.

A classificação final dos municípios é feita através da forma percentual do coeficiente acima, em relação à observação de maior valor numérico do problema em questão:

$$I_i = \{(P_i - P_m) / (P_M - P_m)\} * 100$$

onde,

I_i : índice aritmético (percentual) para cada município (observação)

P_m : valor mínimo da média aritmética ponderada

P_M : valor máximo da média aritmética ponderada

Segundo Arkin e Colton (1964), as principais características, vantagens e desvantagens da média aritmética são:

Características:

É determinada por todos os itens da distribuição; é uma média calculada;

É fortemente afetada pelos valores extremos;

A soma dos desvios ao redor da média aritmética é igual a zero;

A soma dos quadrados dos desvios da média aritmética é menor do que o valor calculado ao redor de qualquer outro ponto;

Seu erro-padrão é menor do que a mediana;

Em qualquer caso, têm-se um valor determinado;

A soma das médias é igual a média das somas.

Vantagens:

A média aritmética é a mais comumente usada, facilmente entendida e geralmente reconhecida;

Seu cálculo é relativamente simples;

Somente os valores totais e o número de itens são necessários para o cálculo;

Pode ser manipulada algebricamente.

Desvantagem:

A principal desvantagem para o uso da média aritmética é que seu valor pode ser fortemente distorcido pelos valores extremos, conseqüentemente, a média aritmética pode não ser típica.

2.4.2. Método da média quadrática

Neste método, são enfatizadas as diferenças entre os municípios. Após a mesma transformação matemática ($G_{i\ell}$), elevaram-se ao quadrado os fatores transformados:

$$H_{i\ell} = (G_{i\ell})^2$$

onde,

$H_{i\ell}$: quadratura dos fatores comuns selecionados (transformados).

Após a quadratura, os fatores foram ponderados:

$$R_{i\ell} = \lambda_{\ell} G_{i\ell}^2$$

Com essa operação, as diferenças entre os municípios tornaram-se elevadas e o cálculo do coeficiente absoluto foi feito pela fórmula da média quadrática ponderada:

$$Q_i = \{(R_{i1} + R_{i2} + \dots + R_{ik}) / \sum \lambda_{\ell}\}^{0.5}$$

Assim como no método anterior, a classificação final de cada observação foi obtida com um índice percentual, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$I'_i = \{(Q_i - Q_m) / (Q_M - Q_m)\} * 100$$

onde,

I'_i : índice quadrático (relativo)

Q_m : valor mínimo da média quadrática

Q_M : valor máximo da média quadrática

As principais características da média quadrática, segundo Arkin e Colton (1964), são: 1) é afetada pelo valor de cada item; e 2) é dada uma maior ênfase aos valores extremos, isto porque todos os valores são elevados ao quadrado em seu cálculo.

2.4.3. Método da média geométrica

Neste método, igualmente ao realizado nos anteriores, a transformação matemática dos escores fatoriais foi obtida pela seguinte fórmula:

$$G_{i\ell} = F_{i\ell} - F_{m\ell} + 1$$

em que o menor elemento dessa transformação é igual à unidade. Neste caso, a eliminação de negativos e zeros é imprescindível.

A ponderação foi realizada no passo seguinte, quando os escores fatoriais transformados foram elevados por suas raízes características:

$$H_{i\ell} = (G_{i\ell})^{\lambda_{\ell}}$$

O próximo passo foi o cálculo da média geométrica ponderada (M_i) ou coeficiente absoluto:

$$M_i = (H_{i1} * H_{i2} * \dots * H_{ik})^{1/\sum \lambda_{\ell}}$$

Como nos demais métodos, a classificação final dos municípios foi obtida pelo índice geométrico percentual (I''_i):

$$I''_i = \{(M_i - M_m) / (M_M - M_m)\} * 100$$

onde,

I''_i : índice geométrico (relativo)

M_m : valor mínimo da média geométrica

M_M : valor máximo da média geométrica.

A média geométrica possui, segundo Arkin e Colton (1964), as **características** a seguir:

É um valor calculado e depende da magnitude de todos os valores;

É menos afetada pelos valores extremos do que a média aritmética;

Para qualquer série de itens, a média geométrica é sempre menor que a média aritmética.

As principais **vantagens** são:

É um valor menos afetado pelos extremos do que a média aritmética;

Pode ser algebricamente manipulada;

É particularmente usada no cálculo de números índices.

A média geométrica possui três **desvantagens**:

Não é amplamente conhecida;

Seu cálculo é relativamente difícil; e

Não pode ser calculada quando existirem valores iguais a zero ou valores negativos.

2.5. Níveis de classificação

Após o cálculo dos coeficientes e índices, pelos três métodos citados anteriormente, os municípios foram ordenados cardinalmente e classificados em cinco níveis:

1. Grave (N_1)
2. Muito Forte (N_2)
3. Forte (N_3)
4. Moderado (N_4)
5. Fraco (N_5)
6. Muito Fraco (N_6)

No *nível grave* de propensão à desertificação, o índice (representado por N_1) adquiriu valores maiores do que sua média, adicionada ao dobro do desvio-padrão, ou seja,

$$N_1 \geq (p + 2s)$$

onde,

p: média do coeficiente para todas as observações

s: desvio-padrão do coeficiente para as observações.

Com relação ao *nível muito forte* (N_2), as observações foram classificadas de acordo com o intervalo:

$$(p + s) \leq N_2 < (p + 2s)$$

O *nível forte* de propensão à desertificação (N_3) obteve valores maiores do que a média, porém, menores do que o somatório da média com o desvio padrão:

$$p \leq N_3 < (p + s)$$

Os municípios que obtiveram um *nível moderado* (N_4) de propensão à desertificação, foram classificados de acordo com o intervalo:

$$(p - s) \leq N_4 < p$$

O *nível fraco* (N_5) de propensão à desertificação obteve valores enquadrados no seguinte intervalo:

$$(p - 2s) \leq N_5 < (p - s)$$

E, finalmente, os demais municípios ou observações que não estiveram enquadrados nos cinco casos acima, foram classificados no *nível muito fraco* de propensão à desertificação, isto é,

$$N_6 < (p - 2s).$$

Logo em seguida, fez-se um estudo comparativo de cada classificação, escolhendo-se a que mais enfatizou as diferenças entre os municípios e, coincidentemente, se aproximou dos estudos realizados pela FUNCEME (1991). É de interesse notar que, em todas as tentativas, a melhor ordenação dos municípios foi sempre obtida com a média geométrica ponderada. Teoricamente, esta é menos afetada pelos valores extremos e enfatiza as diferenças entre os municípios, já que os seus pesos são expoentes. Assim, a média geométrica ponderada destacou-se, por razões teóricas e empíricas.

A próxima subseção terá o propósito de apresentar os resultados que foram obtidos com a aplicação da Análise Fatorial à matriz de dados.

3. Resultados

Neste estudo, com a aplicação da metodologia da Análise Fatorial e o uso do programa computacional *SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)*, foram realizadas vinte e quatro rodadas da matriz de variáveis construídas e transformadas, com o intuito de selecionar o conjunto que melhor representasse a propensão à desertificação no Estado do Ceará.

Foi escolhida a rodada RODAD55.TXT, formada por variáveis que indicam a ação humana e por variáveis representantes de aspectos naturais dos municípios. Constituiu-se de vinte e sete variáveis: ADUBESTA, ALUNODOC, ALUNOSAL, APASTNAT, AREMESTA, AREMUBOV, ARMIAMUN, ARMUELET, ARMUREAG, CLASSIDH, CRESANTR, CRESCPOP, DENSIDEM, EVAPRECI, IMIGNATU, INVPLUVI, INVREMAR, MIGRAPOP, OVINAREM, POPELETR, POPINDIG, PPECAPGR, RURAPOPU, TEMPAEST, TRATAREA e VACALEIT. Suas características estatísticas foram: KMO=0,74791; Coeficiente de Bartlett=2054,5685; e 8 fatores comuns que explicaram 66,2% da variância total contida na matriz de variáveis selecionadas.

Deve-se explicitar que o presente trabalho ainda é exploratório, já que não se deve aceitar um resultado que explique menos de 70% da variância total. Novas variáveis e novos aperfeiçoamentos terão de ser introduzidas, na busca de uma solução mais satisfatória.

Dos oito fatores, o que mais se destacou, tendo obtido um peso explicativo de 21,7%, pode ser definido como representante da **deficiência das infra-estruturas sociais e do desenvolvimento humano do município**. O segundo fator, com peso de participação de 12,3%, identificou-se como sendo ligado ao **grau de aridez**; o terceiro fator, com peso de explicação de 7,6%, foi representado pela **densidade demográfica com especialização para a pecuária**. O quarto fator, com peso explicativo de 6,5%, representou a **imigração** da população. A **produtividade das culturas de subsistência e o crescimento da antropização** foram representados pelo quinto fator, com peso de 5,7%. Já a **intensidade das reservas de água e da eletrificação**, com peso de 4,6%, foi identificado no sexto fator; o sétimo fator, com peso de 4,2% representou a **baixa produtividade de rebanhos e culturas** e, finalmente, o último fator explicou 3,8% da variância total, representando a **intensidade da agropecuária no município**.

Faz-se, em seguida, uma rápida caracterização dos fatores. O **primeiro fator** revela as deficiências nas infra-estruturas físicas e sociais e no desenvolvimento humano do município. É formado por variáveis que demonstram o grau de instrução da população (ALUNOSAL e ALUNODOC), o nível de eletrificação (ARMUELET e POPELETR), o crescimento populacional, a intensidade da população rural e o índice de desenvolvimento humano do município (CRESCPOP, RURAPOPU e CLASSIDH).

O **segundo fator** que expressa a aridez, foi representado por variáveis naturais (INVPLUVI, EVAPRECI e APASTNAT) que revelam o quanto o Estado do Ceará está sujeito a ambientes semi-áridos e naturalmente propensos à desertificação. As variáveis relevantes deste fator servem de base para que sejam aplicadas, às populações locais direta e indiretamente afetadas, medidas de preservação do meio-ambiente para, assim, se tentar evitar o surgimento ou reverter/controlar o processo de desertificação no Estado.

O **terceiro e quarto fatores**, densidade demográfica com especialização para a pecuária e imigração, respectivamente, ficaram expressos por variáveis relacionadas com a população, a pobreza e a pecuária (DENSIDEM, POPINDIG, PPECAPGR, IMIGNATU e MIGRAPOP). Sabe-se que a densidade demográfica provoca uma pressão muito forte sobre o meio-ambiente e, apesar da pesquisa não possuir dados indicativos de emigração, as variáveis relevantes indicam a explosão demográfica que ocorreu nas últimas décadas (só mais

recentemente contida no país), enquadrando-se como um dos causadores da expansão da desertificação. Um outra variável que merece ênfase é a que está relacionada à pobreza, POPINDIG, que pode ser considerada como uma forte causa e efeito da desertificação.

O **quinto fator**, a produtividade das culturas de subsistência e o crescimento da antropização, foi representado pelo inverso da produtividade da cultura do arroz (INVREMAR) e pelo crescimento do antropismo (CRESANTR). Esse fator expressa a superexploração das terras cultiváveis existentes e, também, dos últimos resquícios de terras virgens com o objetivo de suprir o aumento das necessidades humanas (reveladas pela explosão populacional já patente em fatores anteriores). Como a produção de alimentos básicos é fundamentalmente realizada por minifúndios, vislumbram-se aqui, através de variáveis relevantes no fator, os efeitos perversos da estrutura agrária sobre o meio-ambiente.

Com relação ao **sexto fator**, intensidade das reservas de água e da eletrificação, foi representado pelas seguintes variáveis: ARMUELET e ARMUREAG. Esse fator revela a importância das reservas de água, principalmente, para aplicações em projetos de irrigação com o intuito de reverter, controlar ou prevenir a propensão à desertificação no município. Isto tem freqüentemente se transformado em causas de processos de salinização dos solos.

O **sétimo fator** comum, baixa produtividade de culturas e rebanhos, foi representado pela variável (ADUBESTA), indicando que o seu consumo no processo de produção agrícola pode ser benéfico ou maléfico à região. Será benéfico se estudos do solo, por exemplo, forem realizados antes de se aplicarem os adubos ou se implantarem os projetos de irrigação e/ou de adubação, caso contrário, servirá, apenas, para aumentar o grau de salinidade/alcalinidade do solo, tornando-o cada vez mais improdutivo; este fator é representado, também, pela variável VACALEIT, que está relacionada à queda da produtividade das vacas leiteiras em uma área desertificada.

O **oitavo** e último fator, representado pelas variáveis, AREMUBOV e ARMIAMUN, indicou a baixa capacidade de suporte para os rebanhos e a inadequação ao cultivos de determinadas culturas nos municípios propensos à desertificação.

Após a rápida análise e conceituação de cada fator, foram aplicados os três métodos diferentes para se calcular o coeficiente ou índice de propensão à desertificação (CPD, $IPD = D_{0.1}$). O modelo final ficou representado por aquele em que o CPD foi calculado pela média geométrica, que dá maior destaque (pesos exponenciais) às diferenças entre as observações (municípios) e se aproximou do estudo da FUNCEME (1991), que considerara apenas o índice de Thornthwaite e Mather (1955)²⁴.

Com a utilização da média geométrica, o processo de degradação ambiental deu-se mais intensamente (nível grave e nível muito forte), em vinte e três municípios: Aiuaba, Antonina do Norte, Arneiroz, General Sampaio, Irauçuba,, Quiterianópolis, Tarrafas, Caridade, Catarina, Guaramiranga, Independência, Madalena, Milhã, Monsenhor Tabosa, Palhano, Parambu, Paramoti, Piquet Carneiro, Potengi, Saboeiro, Senador Sá, Tamboril e Tejuçuoca. Estes municípios representam uma área de, aproximadamente, 22.421km² ou 15.2% da área total do Estado do Ceará, afetando uma população de, aproximadamente, 298.017hab ou 4.7% da população total. Os municípios de Aiuaba, Arneiroz Irauçuba, Parambu e Paramoti também foram classificados como municípios mais críticos quanto à desertificação, na classificação da FUNCEME; com relação ao município de Catarina, localizado nos Sertões dos Inhamuns, foi considerado menos crítico; e o município de Saboeiro classificou-se como medianamente crítico. Deve-se atentar para o município de Guaramiranga onde, por estar localizado em uma zona serrana e próxima a Fortaleza, tem havido desmatamento e forte antropização, com a finalidade de se edificarem casas para classes privilegiadas que vêm na serra uma forma de refúgio da agitação da capital. Este é um fato que merece atenção: um município que não se localiza no trópico semi-árido, estando em um microclima particular de um raro exemplar da úmida mata atlântica, em uma área de preservação ambiental (APA), apresenta indícios de forte degradação ambiental, fundamentalmente pela ação inconseqüente do homem.

O terceiro nível, forte, foi representado por cinquenta e nove municípios. O município de Novo Oriente, na relação da FUNCEME, em que foram analisadas apenas as variáveis naturais, é considerado como mais crítico quanto à situação de desertificação; entre esses municípios, merecem qualificação os de Fortaleza e Maracanaú em que se manifesta um alto nível de antropização para a construção de prédios, urbanização, industrialização etc., não tendo sentido falar em propensão à desertificação, nestes casos.

²⁴ Esse índice tem como variáveis as precipitações pluviométricas (mm) e a evapotranspiração (mm) da localidade em estudo.

Os municípios incluídos nos três níveis supracitados possuem, em geral, elevado grau de propensão à desertificação exigindo, assim, maiores preocupações e atenções por parte de estudiosos, pesquisadores e responsáveis pelas políticas estaduais.

O nível moderado ficou representado por setenta e quatro municípios, merecendo destaque os municípios de Jaguaribe e Tauá que, outrossim, foram classificados pela FUNCEME como municípios mais críticos; e o nível fraco obteve dezenove representações. Tais municípios, apesar de estarem inclusos em níveis não tão preocupantes, segundo a pesquisa, não podem deixar de requerer atenção.

O sexto e último nível de propensão à desertificação, denominado muito fraco, obteve duas representações: os municípios de Chaval e de Pacajus. (Figura 1)

Diante dos resultados apresentados por esta pesquisa, percebe-se a gravidade da situação em que se encontram muitos dos municípios cearenses, necessitando, assim, de sérias medidas para se tentar frear a propensão à desertificação. Tais medidas, como a educação ambiental, o desenvolvimento social, a erradicação da pobreza e, sobretudo, a introdução de projetos de desenvolvimento sustentável deverão ser implementadas a curto e médio prazos e direcionadas, principalmente, para aqueles municípios que apresentaram um quadro mais grave, na classificação apresentada por este estudo e por outros.

Apesar de poder ser ainda aperfeiçoada sob o aspecto dinâmico, pela utilização de taxas de crescimento, a classificação construída neste estudo tem características que a podem tornar mais robusta em relação às comumente encontradas. Isto porque:

- Procura seguir a definição de desertificação apresentada por Convenções e documentos oficiais das Nações Unidas;
- Introduz, com tal intento, variáveis que representam não apenas aspectos naturais dos municípios, mas também econômicos, sociais e demográficos;
- E utiliza uma metodologia estatística relativamente sofisticada e sólida (Análise Fatorial).
- O problema da propensão ou susceptibilidade à desertificação nos municípios do Estado do Ceará é, portanto, examinado sob uma ótica interdisciplinar, levando em consideração componentes diversificados e complementares. No entanto, como já foi visto, este estudo tem necessidade de maiores aperfeiçoamentos.

4. CONCLUSÃO

Durante esta pesquisa, constatou-se que a questão da desertificação, embora já tenha sido tratada por estudiosos e pesquisadores, evoluiu muito pouco no que diz respeito à aplicação efetiva das leis, normas e soluções técnicas propostas pelas entidades supragovernamentais, governamentais e não-governamentais, as quais defendem, *a priori*, a implementação de medidas preventivas para as terras ainda não atingidas pela desertificação ou que estão apenas levemente degradadas, sem negligenciar aquelas que estão seriamente afetadas pelo fenômeno.

Percebeu-se, aqui, que as principais causas do surgimento da desertificação são: o aumento populacional, a forma predatória e abusiva de utilização dos recursos naturais, e a própria pobreza. Aqui, portanto, há uma desertificação dos ricos e uma desertificação dos pobres. Assim, também, não se pode pensar em conservar o meio-ambiente, para impedir o processo de desertificação, se não se direcionarem recursos para combater, ao mesmo tempo, a pobreza. Isto é praticar o desenvolvimento sustentável, ou seja, crescer sem causar a destruição do habitat onde se fundamenta a existência humana e sem destruir vidas humanas.

Com a utilização do modelo estatístico da Análise Fatorial, o presente estudo analisa os municípios do Estado do Ceará, classificando-os a partir dos mais até os menos propensos à desertificação. Os resultados obtidos aproximaram-se daqueles de estudos já realizados por órgão como a FUNCEME, fundamentando-se, porém, em conceituações mais amplas e interdisciplinares.

O mapa de propensão à desertificação, referente ao Estado do Ceará, deixa evidente que, além dos municípios classificados como em situação grave e muito forte quanto ao fenômeno, um grande número de outros municípios está sendo atingido. Tais municípios estão em níveis não tão preocupantes: forte e moderado. O referido mapa também revela que existe, se comparado com o total, um número pequeno de municípios (19) afetados fracamente por processos de desertificação. Apenas Chaval e Pacajus foram incluídos no nível muito fraco.

Verifica-se, então, numa pesquisa direcionada especificamente para o Estado do Ceará, que este apresenta níveis preocupantes de degradação ambiental em diversos e variados municípios, segundo uma definição que busca seguir as recomendações das Nações Unidas. Empenhar-se no aprofundamento desse estudo e na busca responsável de soluções seria uma forma de visar à reversão do processo de desertificação em amplas áreas do Estado. Para isto, o primeiro passo é entender o processo de forma sistêmica ou holística, não apenas nos seus aspectos fisiográficos e naturais, mas também através das dinâmicas da antropização e da distribuição da riqueza e da renda, geradas pelas atividades econômicas e pressões demográficas. Nestes aspectos mais relacionados com a economia política, ainda há muito campo para futuras pesquisas.

De modo especial, no frágil meio-ambiente do Trópico Semi-Árido, a propensão à, ou mesmo, o processo de desertificação vão depender das forças produtivas e das relações de produção que ali se construíram em quase cinco séculos de história. Há, como se acabou de dizer, terreno para maior aprofundamento deste tipo de estudo.

Após a definição de desertificação aqui utilizada e a aplicação de uma metodologia estatística robusta para o caso do Estado do Ceará, pode-se concluir com a admoestação final de que, para reverter as tendências verificadas, não se poderá contar com tanto tempo quanto o tiveram disponível o povoamento e a exploração inconseqüentes da região, até os dias de hoje.

Nível Grave de Propensão à Desertificação

MUNICÍPIO	Área em km %	Pop. Total em 1.99 %	ÍNDICE
AIUABA	2527 1.755	13219 0.208	100.000
GAL. SAMPAIO	128 0.086	5567 0.087	80.432
ARNEIROZ	969 0.655	7378 0.116	75.270
IRAUÇUBA	1451 0.980	17156 0.270	66.748
QUITERIANÓPC	1202 0.812	17345 0.273	65.819
TARRAFAS	582 0.393	10090 0.159	65.214
ANTONINA DO I	264 0.178	5083 0.080	62.996
TOTAL	7.123 4.859	75.838 1.193	-

Nível Muito Forte de Propensão à Desertificação

MUNICÍPIO	Área em km2	% Pop. Total em 1.991	% ÍNDICE
CATARINA	485	0.328	11929 0.187 60.241
SABOEIRO	1358	0.917	15446 0.243 59.552
TAMBORIL	1700	1.149	26262 0.413 56.705
P. CARNEIRO	508	0.343	13075 0.205 54.782
PARAMBU	2027	1.369	30087 0.473 52.275
INDEPENDÊNCIA	3338	2.255	24033 0.378 52.173
MONS. TABOSA	807	0.545	15528 0.244 51.439
PARAMOTI	691	0.467	10453 0.164 51.398
TEJUÇUOCA	796	0.538	11784 0.185 50.774
MADALENA	1043	0.705	12654 0.199 50.304
GUARAMIRANGA	95	0.064	5282 0.083 50.155
PALHANO	469	0.317	7948 0.125 48.893
MILHÃ	475	0.321	12040 0.189 48.711
POTENGI	389	0.263	8148 0.128 46.800
SENADOR SÁ	423	0.286	5131 0.081 46.700
CARIDADE	694	0.469	12379 0.195 46.698
TOTAL	15.298	10.336	222.179 3.492 -

Nível Forte de Propensão à Desertificação

MUNICÍPIO	Área em km2	% Pop. Total em 1.991	% ÍNDICE
SOLONÓPOLES	1534	1.036	15832 0.249 46.024
IBARETAMA	870	0.588	11252 0.177 45.946
ACOIARA	2046	1.382	49307 0.775 45.258
SALITRE	1187	0.802	12620 0.198 45.236
FORTALEZA	336	0.227	1765794 27.753 44.604
IPAUMIRIM	257	0.174	11295 0.178 44.391
POTIRETAMA	422	0.285	1443 0.022 44.139
CAMPOS SALES	1622	1.096	23204 0.365 44.081
FORQUILHA	800	0.540	15250 0.240 43.471
IPAPORANGA	458	0.309	10850 0.171 43.028
S. QUITÉRIA	3780	2.554	49412 0.777 42.191
S. J. JAGUARIBE	391	0.264	8000 0.126 41.718
BAIXIO	157	0.106	5408 0.085 41.065
QUIXELÔ	775	0.524	15680 0.246 40.543
APUIARÉS	390	0.263	9525 0.150 40.277
CARIRÉ	683	0.461	17755 0.279 39.785
NOVO ORIENTE	1249	0.844	26316 0.414 39.736
ITATIRA	514	0.347	13788 0.217 39.527
JUCÁS	869	0.578	21104 0.332 39.349
CARIÚS	1075	0.726	17545 0.276 39.134
L. MANGABEIRA	1072	0.724	30751 0.483 38.725
SENADOR POMPEU	1067	0.721	26593 0.418 38.314
JATI	303	0.205	6858 0.108 37.907
OCARA	762	0.515	19942 0.313 37.888
PORANGA	318	0.215	11049 0.174 37.772
CEDRO	739	0.499	22922 0.360 37.591
CHOROZINHO	199	0.134	15515 0.244 37.441
GRANJEIRO	158	0.107	4744 0.075 36.910
HIDROLÂNDIA	764	0.516	17905 0.281 36.881
TAUÁ	4306	2.909	51321 0.807 36.218
ITAIÇABA	296	0.200	5699 0.090 35.898
MORAÚJO	417	0.282	6264 0.098 35.648
JAGUARIBE	1891	1.278	32327 0.508 35.604
BOA VIAGEM	3264	2.205	47928 0.753 35.603
BELA CRUZ	780	0.527	25961 0.408 35.547
PENA FORTE	213	0.144	6432 0.101 35.484
MOMBAÇA	2457	1.660	40814 0.641 34.913
ARARIPE	853	0.576	17401 0.273 34.779
GRAÇA	266	0.180	14336 0.225 34.542
MAURITI	1263	0.853	37145 0.584 34.504

Nível Forte de Propensão à Desertificação

MUNICÍPIO	Área em km2	% Pop. Total em 1.991		% ÍNDICE	
S. DO ACARAÚ	1085	0.733	22448	0.353	34.851
ERERÉ	402	0.272	6428	0.101	34.772
JAGUARETAMA	1913	1.292	17550	0.276	34.496
ASSARÉ	972	0.657	19633	0.309	34.442
AURORA	942	0.636	24426	0.384	34.378
UMARI	237	0.160	7897	0.124	33.991
PIRES FERREIRA	248	0.168	9441	0.148	33.832
BARRO	571	0.386	19388	0.305	33.530
ITAPIÚNA	562	0.380	12840	0.202	33.363
PACUJÁ	98	0.066	5003	0.079	33.038
GROAÍRAS	192	0.130	8081	0.127	32.914
FARIAS BRITO	525	0.355	17624	0.277	32.452
CANINDÉ	2883	1.948	61650	0.969	32.167
QUIXERÉ	598	0.404	13802	0.217	32.154
CRATEÚS	2770	1.871	66634	1.047	31.928
ALTANEIRA	186	0.126	4806	0.076	31.913
NOVA OLINDA	179	0.121	11358	0.179	31.883
ALTO SANTO	1161	0.784	13564	0.213	31.881
TAB. DO NORTE	941	0.636	25117	0.395	31.840
TOTAL	50.895	34.380	2.772.915	43.586	-

Nível Moderado de Propensão à Desertificação

MUNICÍPIO	Área em km2	% Pop. Total em 1.991	% ÍNDICE
BARREIRA	202 0.136	14756 0.232	31.722
IBICUITINGA	385 0.260	8593 0.135	31.461
COREAÚ	778 0.526	17620 0.277	31.369
ABAIARA	209 0.141	7897 0.124	30.940
CROATÁ	621 0.420	14826 0.233	30.812
JARDIM	600 0.405	23841 0.375	30.795
QUIXERAMOBIM	3579 2.418	59115 0.929	30.492
MIRAÍMA	660 0.446	10044 0.158	30.384
BEBERIBE	1617 1.092	36751 0.578	30.232
PEDRA BRANCA	1197 0.809	38760 0.609	30.159
URUOCA	482 0.326	10215 0.161	30.110
S. DO CARIRI	923 0.624	15405 0.242	30.014
PENTECOSTE	598 0.404	32247 0.507	29.902
IRACEMA	689 0.465	14010 0.220	29.889
BANABUIÚ	1118 0.755	14366 0.226	29.859
ICAPUÍ	406 0.274	13665 0.215	29.798
S. L. CURU	123 0.083	10610 0.167	29.480
MULUNGU	219 0.148	7863 0.124	28.643
GRANJA	2797 1.890	41473 0.652	28.608
MORRINHOS	450 0.304	14522 0.228	27.774
MORADA NOVA	2838 1.917	58891 0.926	27.713
ICÓ	1967 1.329	60469 0.950	27.687
MILAGRES	678 0.458	24213 0.381	27.520
LIMOEIRO	564 0.381	41683 0.655	27.509
ITAPAJÉ	1330 0.899	33648 0.529	27.382
ITAREMA	1008 0.681	25551 0.402	26.927
MARANGUAPE	672 0.454	71628 1.126	26.733
JAGUARIBARA	731 0.494	7718 0.121	26.681
MARCO	439 0.297	20733 0.326	26.629
PINDORETAMA	115 0.078	12440 0.196	26.118
MISSÃO VELHA	559 0.378	29318 0.461	26.006
NOVA RUSSAS	1106 0.747	37828 0.595	25.922
ARACOIABA	728 0.492	22477 0.353	25.815
PALMÁCIA	107 0.072	10250 0.161	25.764
BATURITÉ	262 0.177	27515 0.432	25.476
IPUEIRAS	1204 0.813	35106 0.552	25.333
S. G. AMARANTE	782 0.528	29293 0.460	25.294
RERIUTABA	345 0.233	17307 0.272	24.768
FRECHEIRINHA	202 0.136	9703 0.153	24.482
AQUIRAZ	471 0.318	46225 0.727	24.435

Nível Moderado de Propensão à Desertificação

MUNICÍPIO	Área em km2	% Pop. Total em 1.991		% ÍNDICE	
HORIZONTE	192	0.130	18262	0.287	24.261
GUAIÚBA	259	0.175	17542	0.276	23.910
JUAZEIRO	219	0.148	173320	2.724	23.670
MARTINÓPOLES	397	0.268	6449	0.101	23.578
CRATO	1026	0.693	90413	1.421	23.561
ALCÂNTARAS	107	0.072	8613	0.135	23.536
TRAIRI	756	0.511	36352	0.571	23.533
CARNAUBAL	373	0.252	13627	0.214	22.816
CARIRIAÇU	431	0.291	21322	0.335	22.632
UMIRIM	290	0.196	15329	0.241	22.533
VARJOTA	265	0.179	13478	0.212	22.508
JAGUARUANA	966	0.653	25926	0.407	22.475
RUSSAS	1500	1.013	46582	0.732	22.307
PACOTI	120	0.081	10091	0.159	22.225
TURURU	211	0.143	9916	0.156	21.991
MASSAPÊ	349	0.236	23704	0.373	21.861
MERUOCA	275	0.186	10453	0.164	21.633
QUIXADÁ	1798	1.215	72297	1.136	21.438
ITAPIPOCA	1782	1.204	77225	1.214	21.241
SOBRAL	1729	1.168	127459	2.003	21.179
CAPISTRANO	252	0.170	15555	0.244	21.166
IGUATU	728	0.492	75619	1.188	21.075
MUCAMBO	286	0.193	11910	0.187	20.982
ACARAÚ	922	0.623	45475	0.715	20.861
CAUCAIA	1293	0.874	165015	2.594	20.753
CRUZ	278	0.188	20068	0.315	20.662
BARROQUINHA	380	0.257	12931	0.203	20.091
URUBURETAMA	338	0.228	15530	0.244	19.445
ACARAPE	144	0.097	10203	0.160	19.296
BREJO SANTO	631	0.426	33728	0.530	18.017
REDENÇÃO	204	0.138	22757	0.358	17.985
VIÇ. DO CEARÁ	1283	0.867	41035	0.645	17.969
TIANGUÁ	854	0.577	44031	0.692	17.529
PEREIRO	547	0.370	14786	0.232	17.489
TOTAL	54.946	37.122	2.375.578	37.338 -	

Nível Fraco de Propensão à Desertificação					
MUNICÍPIO	Área em km2	% Pop. Total em 1.991		% ÍNDICE	
AMONTADA	682	0.461	25167	0.396	17.110
CASCADEL	822	0.555	46497	0.731	16.884
PARAIPABA	320	0.216	19778	0.311	16.840
GUARACIABA	365	0.247	30209	0.475	15.881
VÁRZEA ALEGRE	704	0.476	31341	0.493	15.617
IBIAPINA	333	0.225	20067	0.315	15.473
ARACATI	1132	0.765	60708	0.954	15.390
UBAJARA	385	0.260	23347	0.367	14.995
ARATUBA	165	0.111	10565	0.166	14.815
ORÓS	528	0.357	21993	0.346	11.682
PORTEIRAS	206	0.139	15023	0.236	10.319
IPU	403	0.272	35700	0.561	9.145
CAMOCIM	1147	0.775	51031	0.802	9.124
S. BENEDITO	306	0.207	36747	0.578	7.846
BARBALHA	497	0.336	38438	0.604	7.579
MARACANAÚ	82	0.055	157029	2.468	7.361
PARACURU	208	0.141	20937	0.329	5.059
EUSÉBIO	75	0.051	20388	0.320	4.673
PACATUBA	141	0.095	60024	0.943	4.159
TOTAL	8.501	5.744	724.989	11.395 -	

Nível Muito Fraco de Propensão à Desertificação					
MUNICÍPIO	Área em km2	% Pop. Total em 1.991		% COEFICIENTE	
CHAVAL	286	0.193	10510	0.165	1.247
PACAJUS	227	0.153	31769	0.499	0.000
TOTAL	513	3.46	42.279	0.664 -	

BIBLIOGRAFIA

1. ARKIN, H. e COLTON, R.R. Statistical Methods (4ª edição, revisada; reimpressão). Barnes & Noble, Inc. New York, 1964.
2. FERREIRA, D.G. *et al.* A desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectiva. UFPI - Núcleo Desert. Teresina, 1994.
3. FIBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 1992.
4. FIBGE. Censo Agropecuário - Ceará. Vol. 2, tomo 3, n. 9, 1ª e 2ª partes. Rio de Janeiro, 1983.
5. FIBGE. Censo Demográfico - dados gerais - migração, instrução, fecundidade e mortalidade. Vol. 1, tomo 4, n. 9. Rio de Janeiro, 1982.
6. FIBGE. Censos econômicos de 1985 - Censo Agropecuário - Ceará. Número 11. Rio de Janeiro, agosto 1991.
7. IPLANCE. Anuário Estatístico do Ceará. Fortaleza, 1993.
8. IPLANCE/SEPLAN. Atlas do Ceará. Fortaleza, 1989.
9. LEITE, F.R.B. *et al.* Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará - Brasil. FUNCEME, UFC e UFPI. Fortaleza, 1992.
10. LEITE, F.R.B. *et al.* Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará - 2ª aproximação. In: Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação. Fortaleza, 1994.
11. NIMER, E. Desertificação: realidade ou mito? Rio de Janeiro. Março, 1988.
12. ONU. Agenda 21 - Capítulo 12: Manejo de Ecossistemas Frágeis: A Luta contra a Desertificação e a Seca. In: CNUMAD: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio-Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro, 1992.
13. ONU. Assembleia General - Naciones Unidas. Genebra, 21 a 31 de março de 1994.
14. ONU. Convención de la Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en Particular en África. (Via INTERNET). Paris, 16 de junho de 1994.

15. RODRIGUES, V. Avaliação do Quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnóstico e Perspectivas. UFPI. In: Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação. Fortaleza, 1994.
16. RODRIGUES, M.I.V. Construção de um Coeficiente Interdisciplinar para o Estado do Ceará. (mimeo.). Monografia de Graduação. Faculdade de Economia. UFC. Fortaleza, 1996.
17. REIS, J. G. Desertificação no Nordeste. SUDENE. Recife, 1988.
16. RUMMEL, R.J. Applied factor analysis. NorthWestern University. Evanston, 1970.
17. SOBRINHO, J. V. Processos de Desertificação no Nordeste. SUDENE/SEMA. Recife, 1983.
18. SOBRINHO, J. V. Processos de Desertificação no Nordeste Brasileiro. SUDENE/SEMA. Recife, 1978.
19. SOBRINHO, J. V. Metodologia para Identificação de Processos de Desertificação - Manual de Indicadores. SUDENE/SEMA. Recife, 1978.
20. VIANA, M.O.L. A unidade de produção agropecuária. Vol. 7: Banco de dados da agricultura - manual do usuário. BNB - ETENE. Fortaleza, 1990.
21. VIANA, M.O.L. "Efeitos do mercado sobre a agricultura regional". Revista Econômica do Nordeste. Vol. 11, nº 1 - jan/mar 1980. Fortaleza, 1980.