

# ***Um Índice Interdisciplinar de Propensão à Desertificação (IPD): Instrumento de Planejamento<sup>1</sup>***

***Manuel Osório de Lima Viana***

*Professor do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA  
Universidade Federal do Ceará - UFC*

***Maria Ivoneide Vital Rodrigues***

*Economista, Técnica em Comunicações da Telecomunicações do Ceará S/A - TELECEARÁ.*

## ***Resumo:***

Estuda a suscetibilidade ou propensão dos diversos municípios do Estado do Ceará à desertificação. Constrói uma matriz de variáveis naturais, agrícolas e econômicas, demográficas e sociais relacionadas com o fenômeno e, a seguir, aplica o modelo estatístico multivariado da Análise Fatorial. Elabora um índice intencionalmente fundamentado no conceito interdisciplinar da desertificação proposto pelas Nações Unidas, a fim de se classificarem os municípios do Ceará em seis níveis de suscetibilidade à desertificação: grave, muito forte, forte, moderado, fraco, e muito fraco. Tal índice de propensão à desertificação (IPD) pode ser útil instrumento preliminar para a identificação, planejamento e manejo de áreas semi-áridas e outras suscetíveis à degradação dos solos e a processos de desertificação.

## ***Palavras-Chave:***

Desertificação; Índice; Análise Fatorial; Gerenciamento Ambiental; Brasil-Ceará; Brasil-Nordeste.

---

<sup>1</sup>Apresentado na V Conferência Bienal da Sociedade Internacional de Economia Ecológica (ISEE), realizada em Santiago do Chile, de 15 a 19 de novembro de 1998.

# 1- INTRODUÇÃO

## 1.1 - Desertificação

O tema da desertificação passou a ter atenção especial após a prolongada seca ocorrida no Sahel africano, de 1968 a 1973. Desde então, os pesquisadores e governos têm estudado este fenômeno que não apenas afeta as regiões tropicais, mas também aquelas localizadas em zonas subtropicais e temperadas (RODRIGUES, 1996).

Ciente das grandes perdas econômicas, sociais e ambientais causadas por aquela seca, a Organização das Nações Unidas (ONU) convocou uma Conferência Internacional, em Nairobi, capital do Quênia, em agosto de 1977. O evento teve como finalidade aprofundar o conhecimento sobre a desertificação, suas causas, suas consequências sócio-econômicas e ambientais, e sobre o desenvolvimento e adoção de medidas de controle em países afetados pelo mesmo fenômeno.

A desertificação foi discutida novamente em fórum internacional durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) realizada no Rio de Janeiro, em 1992. Na Agenda-21<sup>2</sup>, elaborada durante aquela reunião, o capítulo 12 trata da luta contra a desertificação e da resistência a seus efeitos em zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas do planeta.

A tensão ambiental definida como desertificação, palavra frequentemente mal utilizada até mesmo por cientistas e pesquisadores, não deve ser confundida com fenômenos semelhantes como a seca ou o deserto. De acordo com NIMER (1988), deserto, seca e desertificação têm a mesma etimologia, porém significam fenômenos distintos. Assim, a desertificação será considerada nos parágrafos seguintes para ser contrastada mais adiante com os conceitos de deserto e seca.

A literatura apresenta várias definições similares para desertificação:

"É a ação predatória do homem sobre ecossistemas, a curto e médio prazos." (REIS, 1988).

---

<sup>2</sup> Conjunto de medidas para a implementação dos princípios da Declaração do Rio.

"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).

Melhor entendimento sobre este fenômeno é alcançado à medida que informações mais detalhadas são obtidas; é o que se percebe nas definições holísticas, mais amplas e mais aceitas apresentadas pelas Nações Unidas:

"A desertificação é a degradação do solo em áreas áridas, semi-áridas e subúmidas 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 b).

Ponto comum enfatizado pelas definições acima é que a desertificação é um problema mundial causado, principalmente, pela ação degradadora do homem sobre o meio ambiente.

Outra maneira de se entender melhor o significado desta severa degradação ambiental é a apresentação de suas principais causas e consequências. De acordo com RODRIGUES (1994), as causas da desertificação dificilmente poderiam ser atribuídas às mudanças climáticas, pois pesquisas científicas recentes não têm atestado mudanças climáticas significativas nas regiões afetadas pelo fenômeno.

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

Seguem-se as causas<sup>3</sup> mais frequentemente referidas que induzem uma área à desertificação:

- sobrepastoreio;
- cultivos excessivos;
- desenvolvimento de culturas de exportação impróprias para o clima e o solo da região;

---

<sup>3</sup> RODRIGUES (1994).

- irrigação inadequada;
- desmatamento ou queimada generalizada da cobertura vegetal;
- mineração<sup>4</sup>;
- demanda de energia (lenha, carvão vegetal etc.);
- crescimento populacional;
- urbanização.

São conseqüências<sup>5</sup> principais ou efeitos da desertificação:

- destruição do solo por meio de processos erosivos e/ou químicos;
- eliminação da cobertura vegetal natural e surgimento de ervas invasoras;
- assoreamento dos reservatórios de água;
- empobrecimento dos lençóis freáticos;
- perda da diversidade biológica;
- redução de opções de desenvolvimento;
- empobrecimento e fuga do homem.

Apresentadas as definições, causas e conseqüências da desertificação, pode-se voltar à afirmativa inicial de que tal fenômeno tem significado diferente daqueles de deserto e seca. Para deserto, a definição apresentada por NIMER (1988) é suficientemente clara:

"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, definição satisfatória é apresentada pelas Nações Unidas:

"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." (ONU, 1994 a).

<sup>4</sup> A mineração é considerada um forte fator para o surgimento de uma área em desertificação quando o local minerado não for reparado. Destaca-se como atividade degradadora o ramo da construção civil.

<sup>5</sup> RODRIGUES (1994).

Em suma, desertificação é o processo em que ocorre a diminuição progressiva da capacidade produtiva dos recursos naturais, principalmente, devida à ação degradante do ser humano sobre o meio ambiente. Deserto é um fenômeno natural, a longo prazo, não dependente da ação humana. Secas são um fenômeno climático natural que consiste em uma estiagem prolongada.

## 1.2 - O caso do Nordeste do Brasil

O Nordeste do Brasil é a área mais vulnerável do País à incidência da degradação ambiental: meio ambiente frágil, fundamentado em grande parte sobre um embasamento cristalino, com solos rasos, com amplas zonas tropicais semi-áridas e uma forte pressão demográfica; tudo isto, durante quase cinco séculos de povoamento europeu, com visão imediatista. Sua área, sob processos de desertificação, é maior do que aquela da úmida Amazônia brasileira onde tem ocorrido o desmatamento que atraiu a atenção do mundo. Para a região semi-árida, portanto, deveria voltar-se a maioria dos estudos sobre a desertificação que se referem ao território brasileiro.

Como indicado, esta área está em larga proporção dentro das Regiões Tropicais Semi-Áridas do mundo (TSA), de tal forma que o Nordeste do Brasil é incluído no grande mapa da desertificação preparado pelas Nações Unidas. Trata-se, então, da região mais ambientalmente comprometida em todo o País. Mas, não só o Nordeste é suscetível ao fenômeno da desertificação. Por ser problema causado principalmente pela ação do homem, a degradação ambiental é também percebida em pequenas áreas de outros Estados brasileiros fora do TSA, por exemplo, nos municípios de Alegrete e São Francisco, no extremo sul (Estado do Rio Grande do Sul).

Além das grandes secas periódicas que ocorrem nos sertões do Nordeste do Brasil e pioram ainda mais a situação rural, as atividades econômicas daquela área semi-árida, baseadas na pecuária extensiva e em práticas inadequadas, quer tradicionais quer modernas, de uso do solo agrícola, também são um forte fator para aumentar a degradação ambiental no Nordeste brasileiro.

O Estado do Ceará representa 9,6% da área do Nordeste e 1,7% do território brasileiro<sup>6</sup>, correspondendo a uma área de 148.016 km<sup>2</sup> com uma população de, aproximadamente, 6.362.620<sup>7</sup> de habitantes. Tem 92% (LEITE, 1992) de seu território inserido na área semi-árida do Nordeste do Brasil ou dentro das isoietas com menos de 800 mm de chuvas anuais<sup>8</sup>. E a sua economia é baseada em modelo inadequado e predatório dos recursos naturais, de modo que tal exploração, sem consciência de preservação, põe em torno de 25.483 km<sup>2</sup>, correspondentes a 17,7% da superfície total do Estado sob um perigoso processo de desertificação.

De acordo com LEITE (1994), os fatores principais que têm contribuído para os processos de desertificação no Estado do Ceará são:

- práticas agrícolas primitivas;
- altas densidades demográficas;
- intensas atividades pastoris em ecossistemas frágeis (trópico semi-árido);
- desmatamento sem controle;
- irrigação inadequada;
- queimadas.

Depreende-se que existe um número considerável de municípios afetados por processos de desertificação no Estado do Ceará e que este número pode aumentar se não forem levados em conta os diferentes fatores que provocam o fenômeno. Isto deve acarretar maior preocupação por parte do governo e de entidades de pesquisa, para se esclarecer o fenômeno à população de forma objetiva. De modo concreto, recursos humanos e materiais devem ser urgentemente destinados para que se combata a expansão dos processos de desertificação.

O propósito deste artigo é selecionar algumas variáveis que podem ser usadas em uma definição sistêmica da desertificação, de acordo com os

<sup>6</sup> IPLANCE (1993)

<sup>7</sup> IPLANCE (1993)

<sup>8</sup> Isoieta que, segundo a Portaria nº 703, de 21.12.89 da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), pluviometricamente conceitua o Semi-árido, em acordo com a Lei nº 7.287/89, regulamentadora do Art. 159 da Constituição Federal que instituiu o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE).

documentos da ONU (1992) ONU (1994), fazendo-se um levantamento das mesmas nos municípios do Estado do Ceará. Efetuar-se-á, em seguida, a construção interdisciplinar de um índice de vulnerabilidade ou propensão à desertificação para ordenar os municípios de acordo com a maior ou menor gravidade de fenômeno. Esta classificação dos municípios pode ser a primeira ferramenta útil para a elaboração de um plano de ação necessário para o enfrentamento da desertificação.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 - Construção de indicadores e índices

O estudo do fenômeno da desertificação, com a apresentação de indicadores, foi sugerido desde o Seminário de Nairobi (1977), buscando-se detectar o problema logo no início do seu aparecimento em qualquer área (GLANTZ & ORLOVSKY, 19--). 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 já era indicada por VASCONCELOS (1978):

"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 natureza da área e o problema..." Mas, segundo o mesmo autor, nenhum indicador pode representar a desertificação, por si só.

Os vários indicadores usados destinam-se, principalmente, a quatro objetivos:

- prever a desertificação antes que comece;
- vigiar o processo em áreas que sofrem a desertificação e nas que se considera correrem perigo;
- avaliar a vulnerabilidade de uma área à desertificação;
- avaliar os efeitos dos processos de desertificação e dos programas para combatê-los.

Para a construção do índice, a partir de variáveis<sup>9</sup> que podem estar correlacionadas com a degradação ambiental e, deste modo, com a desertificação, um grupo de novas variáveis (razões ou cocientes) foi aqui construído. Sublinhe-se a falta de variáveis mais específicas sobre a degradação dos solos e da cobertura vegetal. As razões referidas são uma tentativa de representação de cada fenômeno de forma relativa, a fim de, sobretudo, se neutralizar as diferenças existentes de superfície geográfica entre os municípios do Estado do Ceará e, de antemão, a diversidade inicial de unidades de medida das variáveis originais. Deste modo, as variáveis utilizadas são razões municipais ou taxas de crescimento, todas elas divididas pela respectiva variável estadual. Fica claro, então, que as variáveis finais não têm dimensão; quer dizer, são números puros.

Para a construção de um indicador da desertificação, são inúmeras as possíveis categorias de variáveis, mas somente foram usadas as mais facilmente obtidas para todos os municípios do Estado, na literatura ou nas instituições de pesquisa. Classificaram-se em quatro grupos:

- agrícolas e econômicas
- demográficas
- sociais
- naturais

Apresentam-se, a seguir, os quatro grupos, com suas áreas temáticas e a especificação das respectivas variáveis. Os dados estatísticos foram coletados de publicações da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1982); IBGE (1983); IBGE (1991) e IBGE (1992), Instituto de Planejamento do Estado do Ceará - IPLANCE (1989) e IPLANCE (1993), e Fundação de Meteorologia do Estado do Ceará - FUNCEME (1990). Foram obtidas sessenta e

cinco variáveis originais, a partir das quais se criaram quarenta e seis variáveis finais.

## 2.2 - Variáveis selecionadas

### 2.2.1 - Especificação das variáveis e unidades iniciais de medida<sup>10</sup>

#### Grupo 1: variáveis agrícolas e econômicas

##### Bovinocultura:

AREMUBOV (km<sup>2</sup>/cabeça): relação entre a área do município em quilômetros quadrados e o número de cabeças bovinas (1991);

VACALEIT (vacas ordenhadas/1000 ℓ): relação entre o número de vacas ordenhadas e milhares de litros de leite produzidos no município (1991);

##### Caprinocultura:

CAPRAREM (cabeças/km<sup>2</sup>): relação entre o número de caprinos (1991) e a área do município em quilômetros quadrados;

##### Ovinocultura:

OVINAREM (cabeças/km<sup>2</sup>): relação entre o número de ovinos (1991) e a área do município em quilômetros quadrados;

##### Área agrícola:

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

ARFEAMUN (ha/ha): relação entre a área cultivada com feijão em hectares (1991) e a área do município em hectares;

ARMIAMUN (ha/ha): relação entre a área cultivada com milho em hectares (1991) e a área do município em hectares;

##### Extrativismo vegetal:

PCVMPCVE (milhares de cruzeiros/Cr\$ 176.109)\*(148.016 km<sup>2</sup> / área do município em km<sup>2</sup>): relação entre a razão do valor da produção de carvão vegetal do município para o valor da

<sup>9</sup> Segundo WÁLTER & BRAGA (1979), os indicadores ou variáveis são, geralmente, representados como:

**Índices:** números índices (dados temporais em relação a um ano base);

**Coefficientes:** parte/todo (proporções, percentagens);

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

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

Além dos referidos por estes autores, podem-se acrescentar as **Taxas de crescimento:** intensidade ou velocidade por unidade de tempo.

<sup>10</sup> Similares às variáveis construídas por VIANA, (1980); VIANA (1990).

produção de carvão vegetal do Estado (1990) e a razão da área do município em quilômetros quadrados para a área do Estado;

PMAMPMAE (milhares de cruzeiros/Cr\$ 1.114.000) \* (148.016 km<sup>2</sup> / área do município em km<sup>2</sup>): relação entre a razão do valor da produção de madeira do município para o valor da produção de madeira do Estado (1990) e a razão da área de município em quilômetros quadrados para a área do Estado;

PLEMPLEE (milhares de cruzeiros/Cr\$ 1.957.445)\*(148.016 km<sup>2</sup> / área do município em km<sup>2</sup>): relação entre a razão do valor da produção de lenha do município para o valor da produção de lenha do Estado (1990) e a razão da área do município em quilômetros quadrados para a área do Estado;

#### **Mecanização:**

TRATAREA (tratores/km<sup>2</sup>): relação do número de tratores (1985) para a área do município em quilômetros quadrados;

#### **Áreas com culturas temporárias:**

TEMPAEST (ha/ha): relação da área com culturas temporárias em hectares (1980) para a área total dos estabelecimentos em hectares;

#### **Áreas com pastagens naturais:**

APASTNAT (ha/ha): relação da área com pastagens naturais em hectares para a área total dos estabelecimentos em hectares (1980);

#### **Uso de fertilizantes:**

ADUBESTA (estabelecimentos / estabelecimentos): relação do número de estabelecimentos que utilizam fertilizantes para o número total de estabelecimentos do município (1980);

#### **Orientação produtiva:**

PPECPAGR (milhares de cruzeiros / milhares de cruzeiros): relação do valor da produção pecuária do município para o valor de produção agrícola (1980);

#### **Irrigação:**

IRRAREST (ha/ha): relação da área irrigada em hectares para a área total dos estabelecimentos em hectares (1985);

#### **Consumo de energia elétrica:**

ARMUELET (km<sup>2</sup>/mwh): relação da área do município em quilômetros quadrados para o consumo total de energia elétrica em miliwatts-horas (1991);

POPELETR (habitantes/mwh): relação da população total para o consumo total de energia elétrica em miliwatts-horas (1991);

#### **Rendimentos dos cultivos:**

INVREMAI (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);

INVREMFE (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 agrária:**

AREMESTA (ha/estabelecimento = área média dos estabelecimentos): relação da área total dos estabelecimentos em hectares para o número total de estabelecimentos do município (1985);

EXPLAPRO (ha/ha): relação da área explorada em hectares para a área aproveitável do município em hectares (1991).

#### **Grupo 2: variáveis demográficas**

##### **Densidade demográfica:**

DENSIDEM (habitantes/km<sup>2</sup>): relação do número de habitantes (1991) para a área do município;

##### **Estrutura da população:**

RURAPOPU (habitantes/habitantes = proporção): relação da população rural para a população total do município (1980);

##### **Evolução demográfica:**

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

### **Migração:**

IMIGRPOP (habitantes/habitantes = proporção): relação do número de imigrantes (pessoas rurais e urbanas não nascidas no município onde vivem) para a população total do município (1980);

IMIGNATU (habitantes/habitantes = proporção): relação da população imigrante para a população natural do município (1980).

### **Grupo 3: variáveis sociais**

#### **Educação:**

ALUNODOC (alunos/professor): relação do número de alunos matriculados para as funções docentes em exercício no município (1992);

ALUNOSAL (alunos/sala de aula): relação do número de alunos matriculados para o número de salas de aula existentes (1992);

#### **Saúde:**

HABLEITO (milhares de habitantes / leito): relação de milhares de habitantes para o número de leitos hospitalares (1992);

HABMEDIC (milhares de habitantes / médico): relação de milhares de habitantes para o número de médicos (1992);

#### **Bem-estar social:**

ABASAGUA (habitantes/m<sup>3</sup>): relação entre a população abastecida com água e o volume de água produzido (1992);

DESOCASA (domicílios/domicílios = proporção): relação do número de domicílios particulares desocupados para o total de domicílios particulares (1991);

POPINDIG (habitantes/habitantes = proporção): relação da população indigente para a população total do município (1991);

#### **Associativismo:**

ESTASCOO (estabelecimentos/estabelecimentos = proporção inversa): relação do número total de estabelecimentos para o número de estabelecimentos com produtores associados a cooperativas (1980);

Índice de desenvolvimento humano (HDI):

CLASSIDH ( $0 \leq \text{HDI} \leq 1$ ): indicador usado pelo IPLANCE para ordenar os municípios do Estado do Ceará, a partir dos menos aos mais carentes. Baseia-se na metodologia do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e sintetiza informações sobre a taxa de analfabetismo, renda *per capita*, taxa de mortalidade infantil, proporção de famílias indigentes, e um índice de pobreza rural relativa dos municípios.

### **Grupo 4: variáveis naturais**

#### **Suscetibilidade climática:**

EVAPRECI (mm/mm): relação da evapotranspiração média do município para a precipitação pluviométrica média (1912-1984);

ARIDUMID (%/%): relação da média do índice de aridez para a do índice de umidade do município (1912-1984);

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

#### **Antropismo:**

ANTRAMUN (km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup> = proporção): relação da área antropizada (1990) para a área total do município;

CRESANTR (km<sup>2</sup>/km<sup>2</sup> = proporção no período): crescimento absoluto da área antropizada do município (1985-1990);

#### **Disponibilidade de água:**

ARMUREAG (ha/m<sup>3</sup>): relação da área do município em hectares para a soma das águas subterrâneas, compostas da disponibilidade atual e das reservas exploráveis (1993);

AREAAGUA (km<sup>2</sup>/1000 m<sup>3</sup>): relação da área de município em quilômetros quadrados para a soma da capacidade dos açudes e lagoas em milhares de metros cúbicos (1993).

A pesquisa foi direcionada aos cento e setenta e sete municípios do Ceará (hoje, 184), considerando-se também os criados em 1988: Acarape, Amontada, Banabuiú, Barreira, Barroquinha, Chorozinho, Croatá, Cruz, Ereré, Eusébio, Forqui-

Iha, Graça, Guaiúba, Horizonte, Ibaretama, Ibicuitinga, Icapuí, Ipaporanga, Itarema, Madalena, Maracanaú, Milhã, Miraíma, Ocara, Paraipaba, Pindoretama, Pires Ferreira, Potiretama, Quiterianópolis, Quixelô, Salitre, Tarrafas, Tejuçuoca, Tururu, Umirim e Varjota. Como o Estado tem, agora, cento e oitenta quatro municípios, isto significa que os seguintes não foram explicitamente desmembrados de suas origens: Deputado Irapuan Pinheiro, Ararendá, Catunda, Jijoca de Jericoacara, Choro, Itaitinga e Fortim.

Para os trinta e seis municípios mencionados acima, quando em fontes bibliográficas, não se obtiveram dados necessários para a formação das variáveis.

ADUBESTA, TEMPAEST,  
APASTNAT, IRRAREST,  
PPECPAGR, ESTASCOO,

AREMESTA e IMIGNATU, foram repetidos os dados respectivos de seus municípios de origem.

Semelhantemente, a média dos municípios vizinhos foi utilizada, no caso da variável INVREMAN, para os municípios seguintes: Altaneira, Alto Santo, Aquiraz, Aracati, Aracoiaba, Beberibe, Camocim, Cascavel, Choro, Crato, Croatá, Eusébio, Graça, Guaraciaba do Norte, Guaramiranga, Horizonte, Ibiapina, Ibicuitinga, Icapuí, Itaíba, Jaguaruana, Juazeiro 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, para a variável INVREMAR, nos municípios seguintes: Acaraú, Alcântaras, Aquiraz, Aracati, Beberibe, Bela Cruz, Carnaubal, Cascavel, Cruz, Eusébio, Guaramiranga, Horizonte, Icapuí, Itaíba, Itarema, Meruoca, Monsenhor Tabosa, Mulungu, Pacajus, Palhano, Pindoretama, Poranga e Tamboril. E, para os municípios de Amontada, Croatá e Miraíma, foram colocados os dados dos municípios de origem.

A média dos municípios vizinhos foi introduzida, para a variável INVREMAN, em Aurora, Baixo, Ipaumirim, Lavras da Mangabeira e Várzea Alegre. Em referência a Erere e Miraíma, foram colocados os dados dos municípios de origem.

Para a variável HABLEITO, a média dos municípios vizinhos foi incluída também nos municípios seguintes: Abaiara, Alcântaras, Arneiroz, Catarina, Granjeiro, Guaiúba, Guaramiranga, Independência, Irauçuba, Pacatuba, Penaforte e Senador Sá. E, para os municípios de Barroquinha, Choro, Forquilha, Ibaretama, Miraíma, Pires Ferreira, Salitre, Tarrafas e Tejuçuoca, foram incluídos os dados dos municípios de origem.

A média dos municípios vizinhos foi incluída, para a variável 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. Também para os municípios de Barreira, Barroquinha, Choro, Cruz, Eusébio, Horizonte, Ibaretama, Ibicuitinga, Ipaporanga, Itarema, Itatira, Miraíma, Ocara, Pindoretama, Pires Ferreira, Potiretama, Quiterianópolis, Salitre, Tarrafas, Tejuçuoca e Tururu, foram colocados os dados dos municípios de origem.

Para a variável HABMEDIC, foram colocados os dados dos municípios de origem, nos casos de Salitre e Tarrafas.

Para os municípios de Aracati, Carnaubal, Cascavel, Croatá, Ibicuitinga, Itaíba, Mulungu e Ocara, nas variáveis ARIDUMID e EVAPRECI, os dados incluídos basearam-se nas médias das variáveis originais (precipitações pluviométricas, evapotranspiração, índice de aridez e índice de umidade) dos municípios mais próximos.

Para a variável ARMUREAG, a média dos municípios vizinhos foi colocada no caso de Banabuiú, e o dado do município de origem para o 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, prefe-



re-se aqui falar de propensão à desertificação em vez de processo de desertificação. Por outro lado, algumas das variáveis introduzidas podem ser consideradas como causas e outras como efeitos da desertificação. Ambas são indicativas do fenômeno, mas não explicam de *per si* como o processo evolui. Há, pois, o cuidado de não se dar a entender que a presente análise tem um cunho fundamentalmente dinâmico. Constata-se o fenômeno, sua gravidade e tendência, mas não se explicam com maior profundidade as causas e a dinâmica do processo.

## 2.3 - Análise fatorial

Como já se disse, este trabalho envolveu um total de sessenta e cinco variáveis originais para a constituição de quarenta e seis variáveis derivadas relacionadas com o fenômeno da desertificação. Para tentar reduzir este número relativamente grande de variáveis, foi aplicado o modelo da análise fatorial, o qual consiste em um método multivariado que sintetiza as informações de um conjunto maior de variáveis em uns poucos fatores comuns ortogonais ou independentes (novas variáveis).

No que se segue, será feita uma breve apresentação da análise fatorial, explicando o modelo, deduzindo a construção do índice interdisciplinar classificatório, e expondo os resultados da aplicação.

### 2.3.1 - Conceitos básicos

A análise fatorial é uma técnica multivariada que, como acima dito, tenta sintetizar as informações de um número elevado de variáveis em um conjunto reduzido de denominados fatores comuns que são adicionalmente vetores ortogonais ou independentes. Busca-se, também, que cada fator sintetize um agrupamento de variáveis que apresentam informações semelhantes, constituindo, assim, um conceito específico. Quer dizer, o ideal é que cada fator selecionado tenha um significado extraído das variáveis originais que mais fortemente contribuem para sua composição.

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 um componente

comum,  $C$ , e um componente singular,  $U$  (RUMMEL, 1970). Simbolicamente:

$$V = C + U = C + S + E = R + E$$

onde,

$V$  = variabilidade, variância;

$C$  = comunalidade;

$U$  = unicidade, singularidade;

$S$  = especificidade;

$E$  = aleatoriedade, erro estocástico;

$R$  = reproducibilidade, confiabilidade.

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. De início, as variáveis são transformadas matematicamente pela própria técnica estatística: centralizadas em torno da média, padronizadas e normalizadas.

O autor clássico há pouco referido define as parcelas respectivas da variância, em linhas semelhantes às seguintes:

- 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.
- a singularidade ou unicidade de uma variável  $X_j$  em uma matriz de  $v$  variáveis é o componente da variância de  $X_j$  que não é comum às outras  $(v-1)$  variáveis.
- a especificidade de uma variável é aquela porção de sua singularidade que é reproduzível.
- a reproducibilidade ou confiabilidade é aquela porção da variância que permanece constante em amostras sucessivas. É a soma dos componentes comuns e específicos da variância de uma variável.
- a aleatoriedade de uma variável é a porção de sua singularidade ou unicidade que não é reproduzível.

### 2.3.2 - O modelo

Há vários modelos de análise fatorial. Para aquele chamado modelo- $r$  ( $r$  = rows, linhas), as variáveis estão nas colunas da matriz de dados e as observações (casos) em suas linhas. Para começar, cada vetor coluna é centralizado em torno de sua média, dividido por seu desvio-padrão, e forçado a ter uma norma igual à unidade. Assim,

$X_{o,v}$  é uma matriz com  $o$  observações (linhas -  $i$ : 1,...,  $o$ ) e  $v$  variáveis (colunas -  $j$ : 1,...,  $v$ ), em que as variáveis são centralizadas, padronizadas e normalizadas. (APÊNDICE I).

O modelo pode ser representado pela equação seguinte:

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

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 (elementos específicos dos vetores); valores para cada observação em cada fator comum;

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

$G_{o,v}$  - matriz de escores fatoriais para cada observação em cada fator singular.

Aqui, os subscritos indicam linhas e colunas de matrizes ou vetores. Não serão, porém, utilizados quando não ocorrer confusão, sendo reintroduzidos quando necessários à clareza do texto.

Deve ser chamada a atenção para o fato de que todo o interesse do modelo é dirigido aos fatores comuns que contêm as informações que são comuns às variáveis. Por outro lado, as transformações matemáticas e particularmente as exigências de ortogonalidade entre todos os fatores comuns, entre todos os fatores singulares, e entre todos os vetores de ambos os conjuntos são representadas pelos postulados seguintes:

$F'_{k,o} \cdot F_{o,k} = I_{k,k}$  (normalização das variáveis e ortogonalidade entre fatores comuns; matriz quadrada unidade);

$G'_{v,o} \cdot G_{o,v} = I_{v,v}$  (normalização das variáveis e ortogonalidade entre fatores singulares; matriz quadrada unidade);

$F'_{k,o} \cdot G_{o,v} = 0'_{k,v}$  (ortogonalidade entre fatores comuns e singulares; matriz zero).

### 2.3.3 - Matriz de correlação das variáveis

A matriz de correlação ( $R = X'X$ ) das variáveis transformadas é obtida a partir do produto matricial seguinte:

$$\begin{aligned} X'_{v,o} \cdot X_{o,v} &= (FA' + GB')' \cdot (FA' + GB') \\ &= (AF' + BG') \cdot (FA' + GB') \\ &= AF'FA' + BG'GB' + \\ &\quad AF'GB' + BG'FA' \\ &= AI_{k,k}A' + BI_{v,v}B' + \\ &\quad A0'_{k,v}B' + B0_{v,k}A' \\ &= AA' + BB' = R_{v,v} \end{aligned}$$

Atente-se aqui para o fato de que:

$$AA' = X'FF'X \neq X'X$$

$$BB' = X'GG'X \neq X'X$$

O resultado é o Teorema Fundamental da Análise Fatorial:

$$AA' = R - BB'$$

(variâncias ou correlações absolutas entre as variáveis, explicadas pelos fatores comuns). Ou, em termos de proporções:

$$AA' \cdot (X'X)^{-1} = I_{v,v} - BB' \cdot (X'X)^{-1}$$

A matriz de correlação é a base de todo o modelo da análise fatorial, permitindo, assim, as seguintes possibilidades: 1) a seleção das variáveis pertinentes para a explicação do problema em estudo, pela análise dos seus coeficientes de correlação linear; se uma variável é fracamente correlacionada com as outras não será incluída nos fatores comuns e deverá ser eliminada; 2) a dedução da matriz de cargas fatoriais; 3) o cálculo da matriz de coeficientes de correlação parcial; quanto menor este coeficiente para uma variável, melhor; 4) o cálculo das raízes características ou eigenvalores e os percentuais das variâncias total e comum explicados pelo modelo; e 5) a dedução

de outras estatísticas importantes ( $KMO^{11}$ ,  $MSA_i^{12}$  e o coeficiente de Bartlett<sup>13</sup>).

### 2.3.4 - *Eigenvetores e eigenvalores*

Como  $AA'$  é a matriz quadrada pertinente na análise fatorial, é necessário lidar com os conceitos de raízes características e vetores característicos. O problema matemático é achar um vetor,  $e_{v,1}$ , e um escalar,  $w$ , tais que:

$$AA'_{v,v} \cdot e_{v,1} = w \cdot e_{v,1}$$

(equação característica)

ou, matricialmente:

$$AA'_{v,v} \cdot E_{v,v} = W_{v,v} \cdot E_{v,v}$$

Então:

$$AA' \cdot E - W \cdot E = 0_{v,v}$$

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

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

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

Portanto, a matriz  $E$  contém os eigenvetores, e a matriz  $W$ , os eigenvalores do problema matemático acima referido.

A raiz característica de um fator (comum) é a soma dos quadrados de suas cargas fatoriais. Dividida pelo número de variáveis e multiplicada por 100, representa a percentagem da variância total que é explicada por aquele fator.

Finalmente, como  $AA'$  é uma matriz simétrica, seus traço e determinante são:

$TrAA' = \sum w_\ell$  (somatório de todas as raízes características)

$|AA'| = \prod w_\ell$  (produto de todas as raízes características).

Resumindo a simbologia:

$w_\ell$  - eigenvalor do fator (vetor) comum  $\ell$ ;

$\sum w_\ell$  - variância total absoluta (do conjunto de variáveis), explicada pelo conjunto de fatores comuns;

$(100/v)w_\ell$  - percentagem da variância total, explicada pelo fator comum  $\ell$ ;

$(100/v)\sum w_\ell$  - percentagem da variância total, explicada pelo conjunto de fatores comuns. (É geralmente menor do que 100%, porque só os fatores comuns com peso relevante – eigenvalor maior do que ou igual à unidade – são selecionados).

### 2.3.5 - *Matrizes de cargas fatoriais*

$$F'X = F'(FA' + GB')$$

$$= F'FA' + F'GB'$$

$$= A'_{k,v}$$

Logo, a matriz  $A$  de cargas fatoriais dos fatores (comuns) é, também, a matriz de correlações lineares entre os fatores comuns e as variáveis transformadas. Igualmente:

$$G'X = G'(FA' + GB')$$

$$= G'FA' + G'GB'$$

$$= B_{v,v}$$

Então,  $B$  é a matriz de correlações entre os fatores singulares e as variáveis.

### 2.3.6 - *Rotação dos fatores*

Para ter-se melhor idéia sobre as variáveis mais pertinentes na composição de cada fator comum, uma rotação geométrica (ortogonal ou oblíqua) dos mesmos fatores pode ser realizada. Por exemplo, o método VARIMAX é um dos mais utilizados para rotações ortogonais. Como já dito, a rotação dos vetores enfatiza as variáveis mais relevantes em cada fator comum e aumenta suas cargas fatoriais. Deste modo, torna mais fácil a identificação de um conceito que dê um signifi-

<sup>11</sup> 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.

<sup>12</sup>  $MSA_i$  (*Measure of Sampling Adequacy*): medida de adequação da amostra que indica se esta é apropriada para a análise fatorial ou não. Quanto mais altos tais valores, melhor.

<sup>13</sup> Testa a hipótese de a matriz de correlação ser uma matriz unidade.

cado interpretativo a cada fator comum. Por exemplo: o conjunto de variáveis que constituem este fator pode significar o grau de antropismo; outro indica a existência de infra-estruturas sociais; e assim por diante.

Tomando-se, pois, o modelo:

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

e descartando os fatores singulares, tem-se:

$$X_{o,v} = F_{o,k} \cdot A'_{k,v}$$

Seja,

$T'_{k,k} \cdot T_{k,k} = I_{k,k}$  uma transformação ortonormal; então:

$$\begin{aligned} X_{o,v} &= FT'TA' \\ &= P_{o,k} \cdot Q'_{k,v} \end{aligned}$$

onde:

$P = FT'$  - nova matriz de fatores comuns (ortogonais, independentes), e

$Q' = TA'$  - nova matriz de cargas fatoriais, depois da rotação (ortogonal) dos fatores comuns.

Verifica-se, também, por ser

$$F'X = A'$$

que:

$$TF'X = TA'$$

ou:

$$P'_{k,o} \cdot X_{o,v} = Q'_{k,v}$$

Mas  $Q \neq A$ , significando que  $Q$ , matriz de cargas fatoriais depois da rotação ortogonal, representa correlações lineares entre as variáveis transformadas e os fatores comuns depois do processo de rotação. Ademais,

$$\begin{aligned} Q_{v,k} \cdot Q'_{k,v} &= (TA')' \cdot TA' \\ &= AT'TA \\ &= AA' \end{aligned}$$

e, assim:

$$R_{v,v} = X'X = AA' + BB' = QQ' + BB'$$

Ou seja:

$$QQ' = R - BB'$$

que é, novamente, o Teorema Fundamental da Análise Fatorial.

### 2.3.7 - Matriz de escores fatoriais ou dos elementos dos fatores comuns

Voltando ao modelo inicial, tem-se:

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

Semelhantemente ao caso da rotação dos vetores, podem-se utilizar vários métodos para obter-se os escores fatoriais ou valores dos elementos de cada vetor comum que substituem os valores tomados pelas variáveis originais. Por exemplo, um dos mais citados é o método da regressão linear que faz a matriz de escores fatoriais ou de fatores comuns,  $F_{o,k}$ , uma função linear da matriz de variáveis transformadas,  $X_{o,v}$ . (Este método, porém, pode sofrer o problema de multicolinearidade entre variáveis).

Admite-se, então que:

$$F_{o,k} = X_{o,v} \cdot b'_{v,k}$$

Assim:

$$\begin{aligned} X'_{v,o} \cdot F_{o,k} &= X'_{v,o} \cdot X_{o,v} \cdot b'_{v,k} \\ A_{v,k} &= R_{v,v} \cdot b'_{v,k} \end{aligned}$$

e, então:

$$b' = R^{-1} \cdot A$$

(Isto é semelhante a  $b' = (X'X)^{-1}X'Y$ , o vetor de coeficientes de regressão obtido pelo método dos mínimos quadrados, na regressão linear). Por substituição, obtêm-se os escores fatoriais:

$$F_{o,k} = X_{o,v} \cdot R^{-1} \cdot A_{v,k}$$

Este método demonstra que os escores fatoriais são dependentes das variáveis originais (trans-

formadas), das correlações entre as mesmas (inversamente), e das correlações entre elas e os fatores comuns (ortogonais).

### 2.3.8 - Construção teórica de um índice para ordenar as observações (municípios)

Os fatores comuns ortogonais (vetores independentes) sintetizam as informações contidas em múltiplas variáveis, além de distribuí-las em agrupamentos (conceitos). Até certo ponto, cada fator representa um conjunto bem definido de variáveis.

As informações, agora concentradas em fatores, podem ser sintetizadas mais ainda em índices globais, um para cada caso ou observação. Já que, em cada diferente fator, a mesma observação recebe um valor diferente (escore fatorial), um índice intuitivo pode ser construído a partir da soma (ou da média) ponderada dos escores que pertencem à mesma observação em todos os fatores selecionados (aqueles com um eigenvalor igual ou maior do que a unidade). Tais escores fatoriais podem ser respectivamente ponderados pela participação relativa de cada fator nas variâncias total ou comum do conjunto de variáveis.

Em outras palavras, tal índice sintético que pode ordenar cardinalmente as observações será, assim, a soma (ou média) ponderada dos escores tomados pelas mesmas observações em cada fator comum ortogonal (selecionado).

Teoricamente, como primeiro passo, o índice pode ser representado pelos seguintes vetores de somas de produtos:

$M_{i,1}$ : conjunto das somas dos produtos dos escores fatoriais correspondentes a uma observação ( $i:=1,...,o$ ) pelas participações relativas dos fatores comuns respectivos na explicação da variância total.

$N_{i,1}$ : conjunto das somas dos produtos dos escores fatoriais correspondentes a uma observação pelas participações relativas dos fatores comuns respectivos na explicação da variância comum.

Vetorialmente, então (onde  $k \leq v$ ):

$$\begin{aligned} M_{o,1} &= F_1 \cdot {}^tV_1 + F_2 \cdot {}^tV_2 + \dots + F_k \cdot {}^tV_k \\ &= F_1 \cdot (1/v) \cdot w_1 \cdot 100 + \dots + F_k \cdot (1/v) \cdot w_k \cdot 100 \\ &= (100/v) \cdot [F_1 \cdot w_1 + \dots + F_k \cdot w_k] \end{aligned}$$

assim:

$$M^*_{o,1} = M_{o,1} \cdot (v/100) = F_1 \cdot w_1 + \dots + F_k \cdot w_k$$

E, finalmente, trabalhando-se com matrizes:

$$M^*_{o,1} = F_{o,k} \cdot W'_{k,1}$$

Por outro lado,

$$\begin{aligned} N_{o,1} &= F_1 \cdot {}^cV_1 + F_2 \cdot {}^cV_2 + \dots + F_k \cdot {}^cV_k \\ &= F_1 \cdot [w_1 / \sum w_\ell] \cdot 100 + \dots + F_k \cdot [w_k / \sum w_\ell] \cdot 100 \end{aligned}$$

então:

$$N^*_{o,1} = N_{o,1} \cdot [\sum w_\ell / 100] = F_1 \cdot w_1 + \dots + F_k \cdot w_k$$

Em conclusão, o índice sugerido é igual a:

$$D_{o,1} = M^*_{o,1} = N^*_{o,1} = F_{o,k} \cdot W'_{k,1}$$

onde:

$F_\ell$  - fatores comuns selecionados ( $\ell=1,...,k$ ), cujos elementos são escores fatoriais;

${}^tV_\ell$  - percentagem da variância total explicada pelo fator comum respectivo  $\ell$ ;

$w_\ell = \sum^j a_{j\ell}^2$  - soma dos quadrados das cargas fatoriais do fator comum  $\ell$  (raiz característica de  $\ell$ );

${}^cV_\ell$  - percentagem da variância comum explicada pelo fator comum  $\ell$ ;

$h_j^2 = \sum^\ell a_{j\ell}^2$  - comunalidade da variável  $j$ ; proporção absoluta da variância de  $j$ , explicada pelo conjunto de fatores comuns;

$\sum^\ell w_\ell = \sum^j h_j^2$  - soma das comunalidades das variáveis; variância total absoluta do conjunto de variáveis, explicada pelo conjunto de fatores comuns;

$F_{o,k}$  - matriz de fatores comuns, ou seja, de escores fatoriais;

$W_{1,k}$  - vetor de eigenvalores dos fatores comuns ou da soma dos quadrados das cargas fatoriais dos mesmos vetores comuns. (Como as cargas fatoriais são coeficientes de correlação linear, seus quadrados são coeficientes de determinação que indicam a proporção explicada da variância das variáveis).

### **2.3.9 - Construção prática dos Índices de Propensão à Desertificação (IPD) dos municípios.**

Como já sugerido, a dedução teórica acima pode ser facilmente transformada em médias estatísticas ponderadas. E, por fim, para tornar clara sua comparação, os elementos deste novo vetor de médias podem ser submetidos a uma transformação matemática para apresentar valores dentro do intervalo de 0 a 1 (vezes 100). Quer dizer, a ordem ou classificação de cada caso (município, neste trabalho) será indicada na forma de uma percentagem, como indicado a seguir.

As fórmulas exatas das médias ponderadas aritmética, quadrática, e geométrica, por exemplo, são então aplicadas.

De acordo com um antigo livro introdutório de ARKIN & COLTON (1964), a média aritmética apresenta as seguintes características, vantagens, e desvantagens:

#### **Características**

1. O valor da média aritmética é determinado por cada item da distribuição. É uma média calculada.
2. É muito influenciado pelos valores extremos.
3. A soma dos desvios em torno da média aritmética é zero.
4. A soma dos quadrados dos desvios em torno da média aritmética é menor do que a daqueles computados em relação a qualquer outro ponto.
5. Seu erro-padrão (...) é menor do que a mediana.
6. Em cada caso tem um valor determinado.

7. A soma das médias é igual à média das somas...

#### **Vantagens**

1. A média aritmética é a mais comumente usada, facilmente entendida, e geralmente reconhecida.
2. Seu cálculo é relativamente simples.
3. Somente os valores totais e o número de observações são necessários para sua computação.
4. Pode ser manipulada algebricamente...

#### **Desvantagens**

1. Sua magnitude pode ser fortemente distorcida pelos valores extremos e, então, pode não ser típica."

Os mesmos autores apresentam as seguintes **Características** principais do desvio-padrão, que podem também ser aplicadas à média quadrática:

1. "O desvio-padrão é influenciado pelo valor de cada item.
2. Maior ênfase é dada aos extremos do que no desvio médio, isto porque todos os valores são elevados ao quadrado na computação do desvio-padrão."

Para a média geométrica, ARKIN & COLTON (1994) também indicam as seguintes características, vantagens, e desvantagens:

#### **Características**

1. A média geométrica é um valor calculado e dependente da magnitude de todos os valores.
2. É menos afetada pelos valores extremos do que a média aritmética.
3. Para qualquer série de valores é sempre menor do que a média aritmética.

#### **Vantagens**

1. É uma média mais típica do que a média aritmética já que é menos afetada pelos valores extremos.
2. Pode ser manipulada algebricamente.
3. É particularmente útil na computação de números índices...

#### **Desvantagens**

1. A média geométrica não é amplamente conhecida.
2. A média geométrica é relativamente difícil de se computar.

3. Não pode ser determinada se há valores negativos na série ou se uma das observações é zero.”

Em suma, tomaram-se os seguintes passos para o cálculo do Índice de Propensão à Desertificação (IPD):

- transformação matemática (G): a origem dos escores fatoriais (F) foi deslocada, a fim de se evitar números negativos, zeros, e números positivos menores do que a unidade. Esta transformação, mesmo quando possa ser matematicamente discutível, evita problemas na computação das médias quadrática e geométrica. Ademais, não ocorreu nenhuma alteração na ordenação dos municípios quando da computação da média aritmética com ou sem tal transformação, o que pode ser considerado como uma indicação, dentro da amplitude dos dados usados, de sua conveniência prática.

Assim:

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

onde: m = o menor elemento.

- fórmulas específicas para as Médias Ponderadas Aritmética (MAP), quadrática (MQP), e geométrica (MGP) foram aplicadas:

$$MAP = \left\{ \sum_{\ell=1}^k w_{\ell} G_{i\ell} / \sum_{\ell=1}^k w_{\ell} \right\}$$

$$MQP = \left\{ \sum_{\ell=1}^k w_{\ell} G_{i\ell}^2 / \sum_{\ell=1}^k w_{\ell} \right\}^{1/2}$$

$$MGP = \left\{ \prod_{\ell=1}^k G_{i\ell}^{w_{\ell}} \right\}^{1/\sum_{\ell=1}^k w_{\ell}}$$

- índice absoluto (P): é a média ponderada (MAP ou MQP ou MGP) escolhida por enfatizar as diferenças entre os municípios, representar melhor a realidade conhecida e, ademais, concordar com outros estudos anteriores.
- índice relativo (%):

$$IPD = \{(P_i - P_m) / (P_M - P_m)\} \cdot 100$$

onde:  $P_i$  = respectiva média ponderada;  
 $P_m$  = o menor elemento do vetor;  
 $P_M$  = o maior elemento do vetor.

- níveis de classificação ( $N_h$ ): Estes podem ser definidos com base na média ( $p$ ) e desvio-padrão ( $s$ ) da distribuição do índice selecionado (IPD) para os municípios. E, por fim, são apresentados em mapas cartográficos. Foram, então, criados seis níveis:

1. Grave:  $N_1 \geq (p + 2s)$
2. Muito forte:  $(p + s) \leq N_2 < (p + 2s)$
3. Forte:  $p \leq N_3 < (p + s)$
4. Moderado:  $(p - s) \leq N_4 < p$
5. Fraco:  $(p - 2s) \leq N_5 < (p - s)$
6. Muito fraco:  $N_6 < (p - 2s)$

### 3 - RESULTADOS

Como já referido, criou-se neste estudo, com base em sessenta e cinco variáveis, um grupo de quarenta e seis razões para cada município. Foram realizadas, então, várias tentativas para selecionar-se o conjunto destas variáveis que melhor representasse a propensão à desertificação no Estado de Ceará.

Uma característica importante das primeiras versões da pesquisa era a de que, se apenas as estatísticas selecionadoras extraídas da própria computação do modelo fossem utilizadas para a inclusão ou não das variáveis, o índice obtido revelar-se-ia, principalmente, como um índice de pobreza do município respectivo, tal o poder das variáveis sócio-econômicas. Assim, na primeira versão deste trabalho, as variáveis relacionadas com a aridez (Ciências Naturais) foram forçadas a entrar no modelo, mesmo não satisfazendo às estatísticas (critérios) de seleção. Nesta nova versão, as variáveis expressas como proporção da média estadual (números puros) foram introduzidas no modelo final, por meio de dois critérios concomitantes:

- por concordarem com as estatísticas do modelo: coeficientes de correlação linear ( $r_{ij} \geq 0,5$  ou 0,4 ou 0,3), coeficientes de correlação parcial ( $r_{ij.(v-2)} \leq 0,01$  ou 0,02), medidas de adequação da amostra ( $MSA_i \geq 0,7$  ou 0,6 ou 0,5);
- por se revelarem significantes nos últimos modelos de regressão passo a passo ou paulatina (*stepwise regression*) de cada uma das

sete seguintes variáveis representativas da aridez ou do antropismo (EVAPRECI, INVPLUVI, ARIDUMID, AREAAGUA, ARMUREAG, ANTRAMUN, e CRESANTR) com todas as outras ( $v - 1$ ) variáveis.

Assim, a matriz escolhida consiste de vinte e duas variáveis derivadas (razões), quais sejam: AREMESTA, AREMUBOV, ARFEAMUN, ARMIAMUN, ARMUELET, ARMUREAG, CLASSIDH, CRESCPOP, DENSIDEM, EVAPRECI, IMIGNATU, IMIGRPOP, INVPLUVI, IRRAREST, OVINAREM, POPELETR, POPINDIG, PPECPAGR, RURAPOPU, TEMPAEST, TRATAREA, VACALEIT.

As principais características estatísticas do modelo selecionado foram: determinante da matriz de correlação = 1,149E-05; medida de Kaiser-Meyer-Olkin de adequação da amostra (KMO) = 0,694; teste de esfericidade de Bartlett: qui-quadrado = 1.908,88, graus de liberdade = 231, nível de significância = 0,000; método de extração: análise de componentes principais; método de rotação: equamax-bruto; e 7 fatores comuns que explicaram 71,647% da variância total apresentada pela matriz de variáveis escolhidas.

Na realidade, vários métodos de rotação fatorial foram aplicados. Com as alternativas brutas varimax, quartimax e biquartimax, as principais variáveis incluídas em cada fator (com os sinais aritméticos de suas cargas fatoriais) foram:

1) +IMIGRPOP e +IMIGNATU (imigração: que aumenta a população e, provavelmente, é uma causa da suscetibilidade à desertificação);

2) -TEMPAEST e +POPINDIG (poucas culturas temporárias e conseqüente pobreza: efeitos da desertificação);

3) -ARFEAMUN e -ARMIAMUN (poucas culturas tradicionais de alimentação básica - feijão e milho: um efeito);

4) -PPECPAGR e -DENSIDEM (baixas densidades demográfica e de rebanhos: efeitos);

5) +ARMUELET e +POPELETR (falta de infra-estruturas de eletricidade: causa e/ou efeito);

6) +EVAPRECI e +INVPLUVI (indicadores de déficit hídrico ou aridez: causas);

7) +OVINAREM e +VACALEIT (pisoteio do solo pelos ovinos e baixa produtividade das vacas leiteiras: uma causa e um efeito).

Com as alternativas normalizadas varimax, equamax, quartimax e biquartimax, só os componentes relevantes do primeiro fator mudaram para as variáveis: -TRATAREA e +RURAPOPU (deficiência de tratores por área, um efeito; e forte magnitude da população rural, uma causa da desertificação). Também, no quinto fator, a variável +ARMUELET substituiu +POPELETR (mantendo o mesmo significado).

Como antes dito, as variáveis incluídas no modelo foram aquelas estatisticamente significantes em regressões com variáveis indicadoras de antropismo ou de aridez, na busca de se dirigir o estudo para o fenômeno da desertificação. No entanto, apenas duas do último tipo apareceram como relevantes e só no sexto fator. Uma vez mais, isto revela o peso das variáveis sócio-econômicas numa definição da desertificação que segue os princípios das convenções e documentos das Nações Unidas sobre o assunto. Tal conceito interdisciplinar chama a atenção para as relações entre os aspectos naturais e sócio-econômicos (sejam causas ou efeitos) da desertificação. Do lado prático ou empírico, no Ceará e no Nordeste do Brasil, desertificação e pobreza (com migração rural-urbana) são irmãs siamesas.

Todavia, as variáveis representativas da aridez subiram para o segundo fator quando o método de rotação equamax-bruto foi utilizado. De acordo com esta alternativa, podem os sete fatores, ser descritos como a seguir:

- o primeiro fator que explica 21,612% da variância revela as deficiências em infra-estruturas de eletricidade, nos municípios que sofrem das causas e efeitos da desertificação. Este fator é, então, fortemente influenciado pelas variáveis +ARMUELET e +POPELETR. Pode dizer-se que área e população excessivas do município,



em relação às infra-estruturas de eletricidade, revelam um efeito da propensão à desertificação.

- o segundo fator que explica 12,564% da variância total expressa a aridez do município. É principalmente representado pelas variáveis naturais (+EVAPRECI e +INVPLUVI), revelando que o Estado do Ceará, dentro de um meio ambiente tropical semi-árido, é naturalmente propenso a processos de desertificação. As variáveis pertinentes deste fator recomendam medidas de política (não apenas hídrica) para a preservação do meio ambiente no sentido de se reverter ou controlar a desertificação no Estado.
- o terceiro fator que explica 10,886% da variância, é correlacionado negativamente com as áreas cultivadas com culturas de alimentação básica (-ARFEAMUN e -ARMIAMUN). Isto pode ser resultado de condições de aridez e/ou do antropismo, numa palavra, da suscetibilidade à desertificação.
- o quarto fator explica 9,219% da variância. É negativamente correlacionado com variáveis que representam densidade demográfica e também densidade pecuária ou orientação para atividades pecuárias (-DENSIDEM e -PPECAPGR). Este é um resultado de processos de desertificação: áreas “desertificadas” tornam-se um deserto de pessoas e de gado.
- o quinto fator explica 6,630% da variância das variáveis. Correlaciona-se positivamente com a imigração para os municípios (variáveis +IMIGRPOP e +IMIGNATU). A imigração aumenta a população do município e pode tornar-se uma causa para o crescimento do antropismo e da degradação ambiental.
- o sexto fator explica 6,029% da variância. Correlaciona-se de forma positiva com a proporção de área com culturas temporárias (+TEMPAEST). Isto sugere que a generalizada e tradicional tecnologia agrícola de derrubadas e queimadas aparece, agora, como uma causa da desertificação. É surpreendente, porém, a correlação negativa, com Pobreza ou Indigência (-POPINDIG), de um fator que explica a desertificação. Uma interpretação plausível poderia ser a imensa emigração dos

pobres rurais, nas últimas décadas, para as grandes cidades do Estado e, principalmente, para sua capital, Fortaleza. Com cerca de dois milhões de habitantes, esta cidade caracteriza-se por uma disparidade social chocante e pela concentração da renda, demonstradas no visível contraste entre os ricos apartamentos e mansões em contraposição ao grande número de casebres e favelas predominantes na maior parte de seus bairros. Assim, a maioria dos pobres vive onde vive a maioria dos ricos, ou seja, nas áreas urbanas. Isto soa como uma confirmação da veracidade daquela afirmativa lapidar atribuída ao professor Ignacy Sachs: “O Brasil que poderia ser um paraíso rural, tornou-se um inferno urbano”.

- finalmente, o sétimo fator comum explica 4,706% da variância total. É correlacionado positivamente com duas variáveis relevantes (+OVINAREM e +VACALEIT). A primeira pode indicar o pisoteio do solo causado por rebanhos de ovelhas. A segunda se refere à queda da produtividade das vacas leiteiras, em uma área sob processos de desertificação.

Depois desta rápida análise e conceituação de cada fator, volte-se à construção dos índices (absolutos e relativos) de propensão à desertificação, pela aplicação dos três diferentes métodos de cálculo aos dados coletados. A TABELA 1 apresenta o número de municípios em cada nível de propensão à desertificação, de acordo com as diferentes médias ponderadas.

Fosse a classificação apenas em três níveis, reunindo o grave com o muito forte, o forte com o moderado, e o fraco com o muito fraco, o número de municípios, de acordo com os dois primeiros métodos, seria o mesmo, nos respectivos níveis (19, 133, e 25); enfatizar-se-iam, porém, os extremos da distribuição com a média geométrica ponderada. De outra parte, a teoria estatística diz que as médias quadrática e aritmética são maiores do que ou iguais à média geométrica. Neste trabalho, a classificação dos municípios indica que sua distribuição, segundo a média aritmética ponderada, está em um ponto intermédio entre as da média quadrática e da média geométrica.

**TABELA 1**  
**ESTADO DO CEARÁ - NÚMERO DE MUNICÍPIOS, SEGUNDO MÉTODOS DE CÁLCULO E NÍVEIS DE PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO.**

NÍVEIS	MQP	MAP	MGP
Grave	8	6	5
Muito Forte	11	13	19
Forte	62	67	66
Moderado	71	66	59
Fraco	25	23	24
Muito Fraco	0	2	4
<b>TOTAL</b>	<b>177</b>	<b>177</b>	<b>177</b>

**FONTE:** Resultados da Pesquisa

Mesmo que a média geométrica tenha sido escolhida em uma versão anterior deste trabalho, as três razões empíricas acima aconselham a seleção da média aritmética. Esta é, também, uma escolha conservadora, quando adota uma solução intermédia. Adicionalmente, a inclusão da capital do Estado, Fortaleza, na análise traz alguma luz: sendo o grande centro da vida industrial e econômica, aparece no primeiro nível (grave), de acordo com a média quadrática ponderada. Este método parece sublinhar, aqui, os aspectos relacionados com a degradação ambiental em uma região fortemente urbanizada. De outro lado, a média geométrica parece enfatizar os aspectos relacionados com pobreza versus afluência ao pôr a capital estadual no último nível (muito fraco), juntamente com dois outros municípios da rica área metropolitana.

**TABELA 2**  
**ESTADO DO CEARÁ - PERCENTAGEM DE MUNICÍPIOS, ÁREA E POPULAÇÃO (1991), SEGUNDO NÍVEIS DE PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO.**

NÍVEIS	Municípios (%)	Área (%)	População (%)
Grave	3,3	5,5	1,2
Muito Forte	+ 7,6	12,2	4,0
Forte	* 37,5	36,8	46,0
Moderado	# 37,5	38,4	31,8
Fraco	\$ 13,0	7,0	14,2
Muito Fraco	1,1	0,1	2,8
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

**FONTE:** IPLANCE (1993) - IPLANCE (1998)

(Obs.: Os quatro sinais na TABELA significam a inclusão dos sete novos municípios:

+ Catunda

\* Dep. Irapuan Pinheiro, Ararendá

# Choró, Fortim, Jijoca de Jericoacoara

\$ Itaitinga)

A média aritmética, porém, apresenta Fortaleza no meio do terceiro nível (forte). Há, neste caso, a sugestão de um equilíbrio entre variáveis naturais e sócio-econômicas mais próximo da visão da desertificação recomendada pelos trabalhos das Nações Unidas. A inclusão de uma área altamente urbanizada, significando mais degradação do que propriamente desertificação, serviu para iluminar o comportamento mútuo dos tipos diferentes de variáveis. Esta série de indicações, enfim, induz à adoção do método da média aritmética ponderada que, além do mais, não é dependente do, até certo ponto, discutível deslocamento matemático das origens dos vetores.

O ordenamento dos municípios por níveis de propensão à desertificação é apresentado em mapas do Estado e na série final de TABELAS (APÊNDICES II e III). A situação pode ser resumida na TABELA 2 que inclui a capital, Fortaleza.

Atenção especial deve ser dada ao fato de que 17,7% da área e 5,2% da população do Estado do Ceará estariam sob condições de muito forte a grave suscetibilidade à desertificação. Isto abrangeria o total de 25.483 quilômetros quadrados e 323.310 pessoas, em 1991. Estes números de população não são maiores porque uma área propensa à desertificação é, também, naturalmente propensa, como já afirmado, a se tornar um deserto de pessoas. Isto pode ser visto claramente na TABELA 3.

Em geral, os resultados apresentados por esta pesquisa indicam a gravidade da situação em muitos municípios do Ceará, recomendando que deveriam ser tomadas medidas sérias para controlar sua propensão à desertificação. Tais medidas, como a educação ambiental, ações de desenvolvimento social para aliviar a pobreza, mudanças no uso da terra e da água, introdução de tecnologias apropriadas e, em suma, a implantação de projetos de desenvolvimento sustentável, deveriam ser implementadas no curto e médio prazos. Elas não apenas devem ser direcionadas aos municípios sob as mais severas condições de deserti-

ficação, como o demonstra o ordenamento apresentado por este estudo, mas também para muitos outros indicados na mesma classificação dos municípios. Seguramente, a propensão à desertificação afeta fortemente ao redor 50% da área e população estaduais.

Embora este trabalho ainda possa ser aperfeiçoado na direção de aspectos dinâmicos, pelo uso de taxas de crescimento, a classificação dos municípios aqui construída tem

**TABELA 3**

ESTADO DO CEARÁ - DENSIDADES DEMOGRÁFICAS (HABITANTES/KM<sup>2</sup>, EM 1991), SEGUNDO NÍVEIS DE PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO E MÉTODOS DE CÁLCULO

NÍVEIS	MQP	MAP	MGP
Grave	+ 10,11	9,64	9,03
Muito Forte	15,24	14,34	15,39
Forte	20,93	* 22,00	22,20
Moderado	35,88	36,68	44,98
Fraco	103,36	90,30	73,28
Muito Fraco	-	1.130,04	# 725,00

**FONTE:** Resultados da Pesquisa e Cálculos dos Autores  
(Obs.: Incluindo-se Fortaleza = 5.255,34 hab./km<sup>2</sup>: + 94,57; \* 55,23; #3.313,76)

algumas características que a tornam bem mais robusta para propósitos do planejamento do Desenvolvimento Sustentável do que aquelas comumente encontradas. Isto porque:

- tenta seguir, como enfatizado logo de início, a definição de desertificação apresentada pelas convenções e documentos oficiais das Nações Unidas;
- introduz, com tal intento, variáveis que não só representam aspectos naturais dos municípios, mas também suas características econômicas, sociais e demográficas;
- utiliza uma metodologia estatística relativamente sofisticada e sólida, a Análise Fatorial, que transforma um grande número de variáveis relacionadas ou interdependentes em um conjunto bem menor de vetores ortogonais, independentes;

- extrai endogenamente os pesos dos fatores (eigenvalores), a partir da própria computação do modelo.

O problema da propensão ou suscetibilidade à desertificação, nos municípios do Estado do Ceará, é examinado, por conseguinte, sob uma ótica sistêmica ou interdisciplinar que toma em conta seus diversificados componentes, causas e efeitos. Como todos os outros, porém, e como já foi dito, este estudo sempre necessitará novos aperfeiçoamentos. A pesquisa é sem fim.

## 4 - CONCLUSÃO

No curso deste trabalho, verificou-se que o tema da desertificação, embora já tratado por especialistas e pesquisadores, recebeu pouca atenção do ponto de vista da aplicação efetiva de soluções técnicas pelos governos e entidades não-governamentais. Tal realização seria realmente uma grande e necessária empresa, já que existe a necessidade de se implementarem medidas preventivas em terras não ainda atingidas pela desertificação ou que estão apenas ligeiramente degradadas, mas, ao mesmo tempo, aquelas gravemente afetadas pelo fenômeno não podem ser negligenciadas.

Constatou-se, aqui, que as condições de desertificação no Ceará estão diretamente correlacionadas com deficiências de infra-estruturas elétricas e tamanho da população, aridez tropical, imigração, áreas com cultivos temporários, baixa produtividade leiteira, e altas densidades de ovinos; por outro lado, estão inversamente correlacionadas com áreas de culturas de alimentação básica e valores de sua produção, densidade demográfica e números de pessoas indigentes já que estas fogem para as grandes cidades.

Deve ficar claro que a construção de um índice de propensão à desertificação não precisa distinguir entre suas causas e efeitos. Pode até mesmo lançar alguma luz sobre isto; sua meta é, porém, a de descobrir a mera existência e o grau relativo de avanço do fenômeno. Tal índice, no entanto, pode ser de grande ajuda como o primeiro passo em um processo de planejamento do Desenvolvimento Sustentável regional. Nesta fase, um instrumento para medir o grau relativo em que diferentes municípios ou regiões são afe-

tados pela ou suscetíveis à desertificação é extremamente necessário. Além disso, quanto mais sistêmica e abrangente a concepção de tal índice, tanto mais útil será ele para se enfrentar com êxito o total da realidade ou a totalidade do real. Sua sinalização será mais precisa.

Em poucas e finais palavras, a desertificação advém do uso predatório e abusivo dos recursos naturais pelos seres humanos, geralmente em um meio ambiente propenso ou frágil. Pode existir, pois, uma desertificação dos ricos como, também, uma desertificação dos pobres. Por exemplo, no primeiro caso, através de muitas das tecnologias da moderna agricultura, da mineração e da indústria; no segundo, pela necessidade de extrair a subsistência familiar da minúscula gleba agrícola, os minifúndios próprios ou em parceria. Por conseguinte e sobretudo nos sertões semi-áridos, não se pode pensar em conservar o meio ambiente ou combater os processos de desertificação se não forem, ao mesmo tempo, destinados recursos humanos e financeiros para a luta contra a pobreza. Tudo isso inequivocamente significa a prática do Desenvolvimento Sustentável, ou seja, a aceitação de um tipo de crescimento que não cause a destruição do habitat onde a existência humana se baseia e, assim, não destrua a própria vida humana.

Este estudo mostra que o Estado do Ceará apresenta preocupantes níveis de degradação ambiental em muitos municípios, de acordo, uma vez mais, com uma definição que tenta seguir as recomendações das Nações Unidas. Insistir no aprofundamento deste estudo e na busca de soluções responsáveis para os processos de desertificação constituir-se-ia num esforço para reverter a situação presente em amplas áreas do Estado. Para isto, e não é uma perda de tempo repeti-lo continuamente, o primeiro passo é entender tais processos por enfoque sistêmico e holístico, não só em suas características fisiográficas ou naturais, mas também através da dinâmica das condições da antropização e das distribuições da riqueza e da renda, geradas por atividades econômicas e pressões demográficas.

Nestes aspectos mais relacionados com a economia política da desertificação há ainda um largo campo para futura pesquisa. De um modo especial, no ambiente frágil dos trópicos semi-áridos do Nordeste do Brasil, a propensão à ou,

até mesmo, os processos de desertificação são também dependentes das forças produtivas e relações de produção que ali foram construídas em quase cinco séculos de história. Há, como faz pouco se disse, espaço para maior aprofundamento deste tipo de estudo.

Depois da definição de desertificação aqui utilizada e da aplicação de uma metodologia estatística robusta para o caso do Estado do Ceará, a conclusão deste estudo termina com uma admoestação final: para reverter as tendências verificadas, não se poderá contar com tanto tempo quanto o tiveram disponível o povoamento europeu e a conseqüente (mas inconseqüente) exploração da região até os dias de hoje.

---

## ***Agradecimento***

---

O autor agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa (FUNCAP), do Estado do Ceará, pelo financiamento parcial a este trabalho, mediante uma bolsa.

---

## ***Abstract:***

---

The desertification phenomenon is a worldwide problem that 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 (SAT) which means that it is a highly vulnerable area to desertification processes, after almost five centuries of inconsequential human settlement. In order to study the various state counties propensity to desertification, a matrix of natural, agricultural and economic, demographic, and social variables 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 an index, based on the interdisciplinary conception on desertification proposed by the United Nations (1992, 1994), for classifying the counties into six levels of propensity to desertification: severe, very strong, strong, moderate, weak, and very weak. Such a desertification propensity index (DPI) may be a useful preliminary planning and management tool

in semi-arid and other areas susceptible to land degradation and desertification processes.

## **Key Words:**

---

Desertification; Index; Factor Analysis; Environmental Management.

## **5 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

- ARKIN, H., COLTON, R.R. **Statistical Methods**. 4. ed. rev. New York: Barnes & Noble, 1964.
- BRASIL. Senado Federal. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**: agenda 21. Brasília, 1996.
- FERREIRA, D.G. et al. A desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectiva. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1994.
- IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1992.
- \_\_\_\_\_. **Censo agropecuário - Ceará**. Rio de Janeiro, 1983. V. 2. Tomo 3.
- \_\_\_\_\_. **Censo demográfico**: dados gerais - migração, instrução, fecundidade e mortalidade. Rio de Janeiro, 1982. V. 1. Tomo 4.
- \_\_\_\_\_. **Censos econômicos de 1985 - Censo agropecuário - Ceará**. Rio de Janeiro, 1991.
- FUNCEME. **Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955)**: período 1912 - 1984 - temperatura estimada através de regressão múltipla. Fortaleza, 1990. (Série 1961 - 1990).
- GLANTZ, Michael H., ORLOVSKY, Nicoli S. **Desertification**: anatomy of a complex environmental process. [S.l.: s.n.], [19--].
- IPLANCE. **Anuário estatístico do Ceará**. Fortaleza, 1993.
- IPLANCE. **Atlas do Ceará**. Fortaleza, 1989.
- \_\_\_\_\_. **Ranking dos municípios 1996/97**. Fortaleza, 1998.
- LEITE, F.R.B. et al. **Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará - Brasil**. Fortaleza: FUNCEME, 1992.
- LEITE, F.R.B. et al. Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará: 2ª aproximação. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza. **Anais...** 1994.
- NIMER, E. **Desertificação**: realidade ou mito?. Rio de Janeiro, 1988.
- ASAMBLEA GENERAL NACIONES UNIDAS. 1994, Genebra. **Anais...**
- CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN EN LOS PAISES AFECTADOS POR SEQUÍA GRAVE O DESERTIFICACIÓN, EN PARTICULAR EN ÁFRICA. 1994, Paris. **Anais...** (Via Internet).
- RODRIGUES, V. Avaliação do quadro da desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas. In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza. **Anais...**
- RODRIGUES, M.I.V. **Desertificação e construção de um coeficiente interdisciplinar para o Estado do Ceará**. Fortaleza, 1996. Monografia (Graduação)- Faculdade de Economia, Universidade Federal do Ceará UFC.
- REIS, J. G. **Desertificação no Nordeste**. Recife: SUDENE, 1988.
- RUMMEL, R.J. **Applied factor analysis**. North Western: University Evanston, 1970.

VASCONCELOS Sobrinho, J. **Processos de desertificação no Nordeste**. Recife: SUDENE, 1983.

\_\_\_\_\_. **Processos de desertificação no Nordeste brasileiro**. Recife: SUDENE., 1978.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para identificação de processos de desertificação**: manual de indicadores. Recife: SUDENE, 1978

VIANA, M.O.L. **A unidade de produção agropecuária**: banco de dados da agricultura - manual do usuário. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1990. V. 7.

\_\_\_\_\_. Efeitos do mercado sobre a agricultura regional. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 11, n. 1, p. 83-103, jan./mar. 1980.

WÁLTER, M. A, BRAGA, H. R. **Demonstrações financeiras**: um enfoque gerencial. São Paulo: Saraiva., 1979.

\_\_\_\_\_  
Recebido para publicação em 30.DEZ.1997.

## APÊNDICE I

### RESULTADOS RELEVANTES DA TRANSFORMAÇÃO DAS VARIÁVEIS ORIGINAIS

#### I. Sem transformação:

1.  $X, Y$  (variáveis originais)
2.  $X^* = n^{-1} \Sigma X$ ;  $Y^* = n^{-1} \Sigma Y$
3.  $S_x^2 = n^{-1} \Sigma (X - X^*)^2 = n^{-1} \Sigma X^2$ ;  
 $S_y^2 = n^{-1} \Sigma (Y - Y^*)^2 = n^{-1} \Sigma Y^2$
4.  $\text{Cov}(X, Y) = n^{-1} \Sigma (X - X^*)(Y - Y^*) = n^{-1} \Sigma xy$
5.  $r_{x,y} = (S_x^2)^{-1/2} \text{Cov}(X, Y) (S_y^2)^{-1/2}$   
 $= S_x^{-1} \text{Cov}(X, Y) S_y^{-1}$   
 $= n^{-1} S_x^{-1} \Sigma xy S_y^{-1}$

#### II. Centralização:

1.  $x = (X - X^*)$ ,  $y = (Y - Y^*)$   
( $x, y$ : variáveis centralizadas)
2.  $x^* = n^{-1} \Sigma x = n^{-1} \Sigma (X - X^*)$   
 $= n^{-1} (\Sigma X - n X^*) = 0$   
 $y^* = n^{-1} \Sigma y = n^{-1} \Sigma (Y - Y^*)$   
 $= n^{-1} (\Sigma Y - n Y^*) = 0$
3.  $S_x^2 = n^{-1} \Sigma (x - 0)^2 = n^{-1} \Sigma x^2 = S_x^2$   
 $S_y^2 = n^{-1} \Sigma (y - 0)^2 = n^{-1} \Sigma y^2 = S_y^2$
4.  $\text{Cov}(x, y) = n^{-1} \Sigma xy = \text{Cov}(X, Y)$
5.  $r_{x,y} = n^{-1} S_x^{-1} \Sigma xy S_y^{-1} = r_{X,Y}$

#### III. Padronização (com Centralização):

1.  $z = S_x^{-1} (X - X^*) = S_x^{-1} x$   
 $u = S_y^{-1} (Y - Y^*) = S_y^{-1} y$   
( $z, u$ : variáveis padronizadas)
2.  $z^* = n^{-1} \Sigma z = n^{-1} S_x^{-1} \Sigma x = 0$   
 $u^* = n^{-1} \Sigma u = n^{-1} S_y^{-1} \Sigma y = 0$
3.  $S_z^2 = n^{-1} \Sigma (z - 0)^2 = n^{-1} \Sigma z^2$   
 $= n^{-1} \Sigma (S_x^{-1} x)^2 = (S_x^2)^{-1} n^{-1} \Sigma x^2$   
 $= (S_x^2)^{-1} S_x^2 = 1$

$$S_u^2 = 1$$

4.  $\text{Cov}(z, u) = n^{-1} \Sigma zu = n^{-1} \Sigma S_x^{-1} x S_y^{-1} y$   
 $= n^{-1} S_x^{-1} \Sigma xy S_y^{-1}$   
 $= n^{-1} S_x^{-1} \Sigma xy S_y^{-1} = r_{X,Y}$
5.  $r_{z,u} = n^{-1} S_z^{-1} \Sigma zu S_u^{-1} = n^{-1} \Sigma zu$   
 $= n^{-1} \Sigma (S_x^{-1} x) (S_y^{-1} y)$   
 $= n^{-1} S_x^{-1} \Sigma xy S_y^{-1} = r_{X,Y} = \text{Cov}(z, u)$

#### IV. Normalização (com Centralização e Padronização):

1.  $w = |z|^{-1} z = n^{-1/2} z$   
 $o = |u|^{-1} u = n^{-1/2} u$ ;  
( $w, o$ : variáveis normalizadas)

Como:  $|z| = (z, z)^{1/2} = (\Sigma z^2)^{1/2}$

e  $S_z^2 = n^{-1} \Sigma z^2 = 1$

logo,  $|z|^2 = \Sigma z^2 = n S_z^2 = n$  e  $|z| = n^{1/2}$

Então:  $|w| = |n^{1/2} z| = n^{1/2} |z|$   
 $= n^{1/2} (\Sigma z^2)^{1/2} = S_z = 1$

e  $|o| = 1$

2.  $w^* = n^{-1} \Sigma w = n^{-1} n^{-1/2} \Sigma z = 0$   
 $o^* = n^{-1} \Sigma o = n^{-1} n^{-1/2} \Sigma u = 0$
3.  $S_w^2 = n^{-1} \Sigma w^2 = n^{-1} \Sigma (n^{-1/2} z)^2$   
 $= n^{-1} n^{-1} \Sigma z^2 = n^{-1} n^{-1} \Sigma (S_x^{-1} x)^2$   
 $= n^{-1} S_x^{-2} n^{-1} \Sigma x^2 = n^{-1} S_x^{-2} S_x^2 = n^{-1}$   
 $S_o^2 = n^{-1}$
4.  $\text{Cov}(w, o) = n^{-1} \Sigma wo$   
 $= n^{-1} \Sigma n^{-1/2} z n^{-1/2} u = n^{-1} n^{-1} \Sigma zu$   
 $= n^{-1} r_{X,Y}$
5.  $r_{w,o} = n^{-1} S_w^{-1} \Sigma wo S_o^{-1}$   
 $= S_w^{-1} n^{-1} r_{X,Y} S_o^{-1}$   
 $= n^{-1} n^{1/2} n^{1/2} \Sigma wo = \Sigma wo = r_{X,Y}$

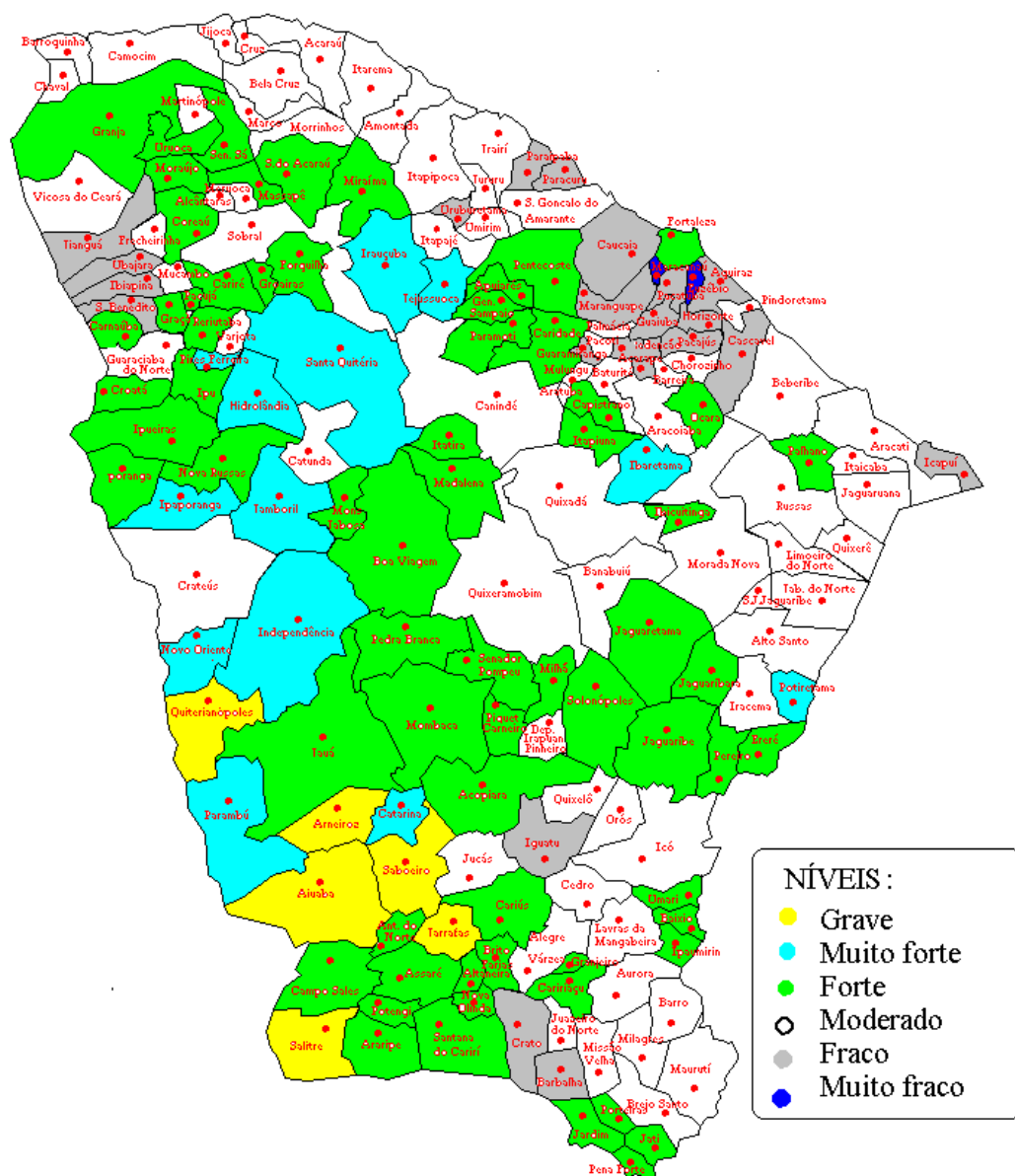
Obs.: O asterisco (\*) indica médias aritméticas das respectivas variáveis.

## APÊNDICE II

### Mapas do Ceará e Níveis de Propensão à Desertificação

#### MAPA 1

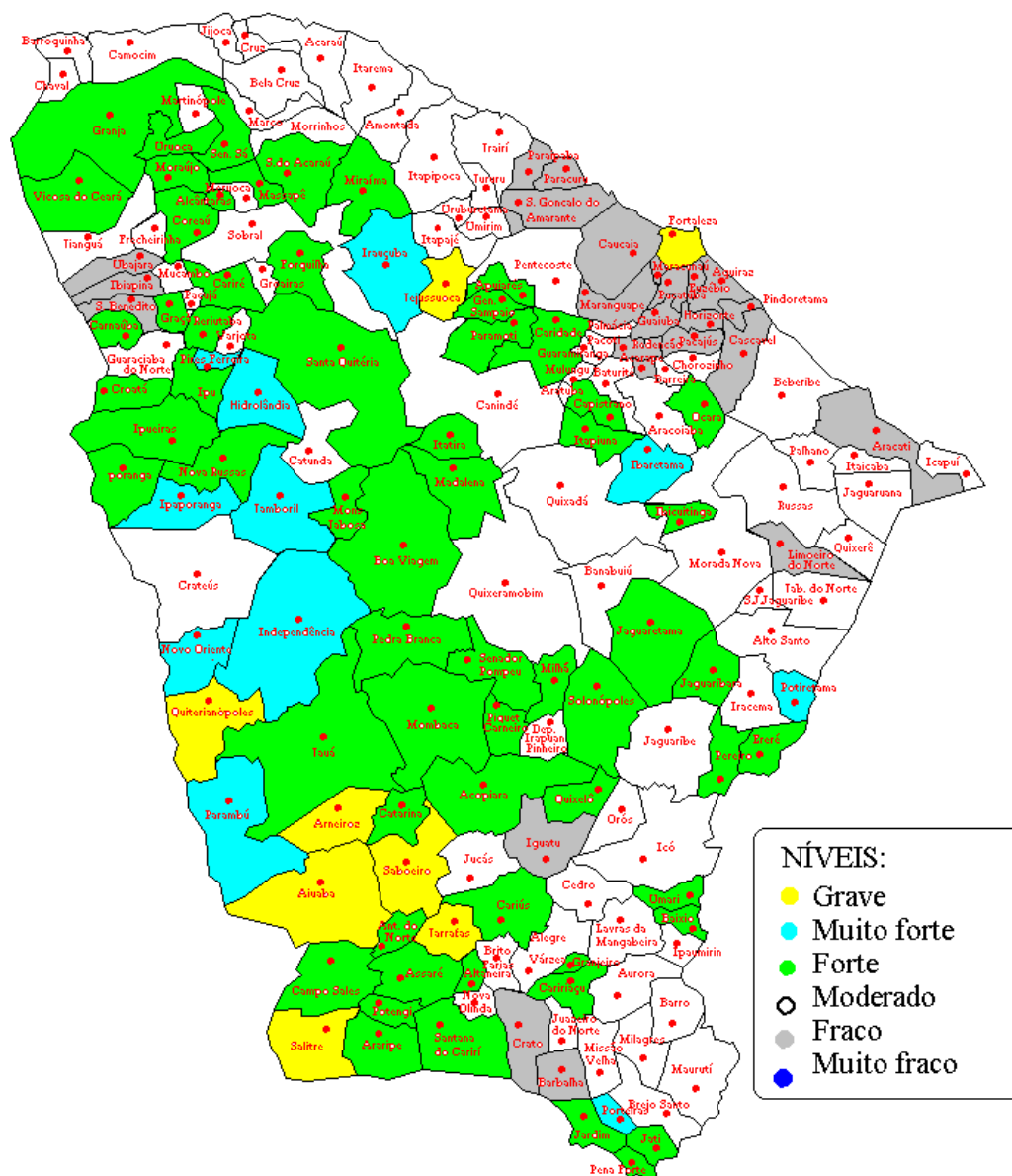
#### Método da Média Aritmética Ponderada (MAP)





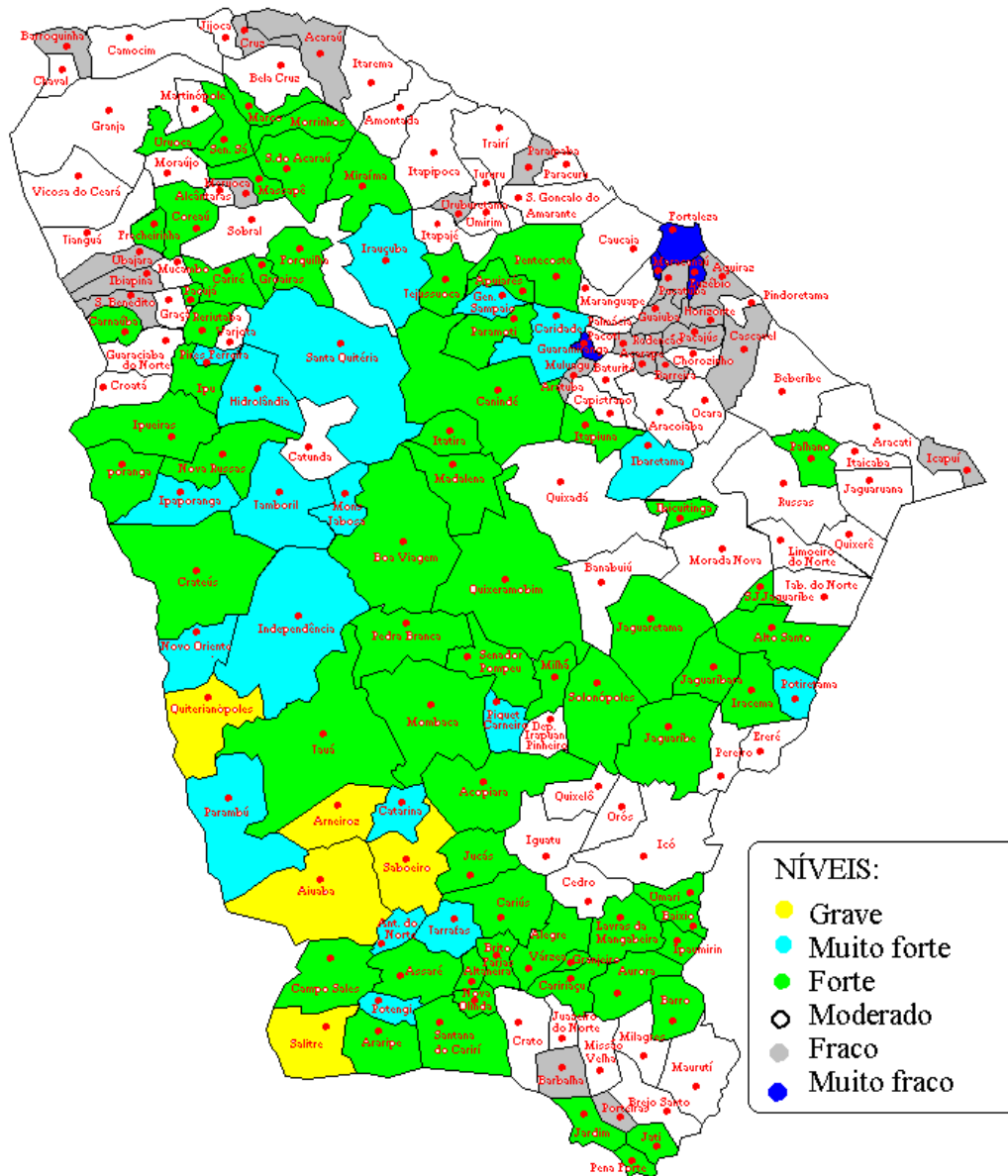
## MAPA 2

### Método da Média Quadrática Ponderada (MQP)



### MAPA 3

#### Método da Média Geométrica Ponderada (MGP)



## APÊNDICE III

### Estado do Ceará - Classificação dos Municípios por Níveis do IPD

#### 1- GRAVE PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO

MUNICÍPIOS	Área (km <sup>2</sup> )	%	População (1991)	%	MAP	ÍNDICE (%)
SALITRE	1187	0,826	12620	0,199	6,428	100,000
AIUABA	2597	1,807	13219	0,208	6,223	92,606
QUITERIANÓPOLES	1202	0,836	17345	0,273	6,109	88,472
ARNEIROZ	969	0,674	7378	0,116	5,739	75,108
SABOEIRO	1358	0,945	15446	0,243	5,625	70,990
TARRAFAS	582	0,405	10090	0,159	5,466	65,265
SUBTOTAL	7895	5,494	76098	1,197	-	-

**FONTE:** IPLANCE (1993) - IPLANCE (1998)

#### 2-MUITO FORTE PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO

MUNICÍPIOS	Área (km <sup>2</sup> )	%	População (1991)	%	MAP	ÍNDICE (%)
HIDROLÂNDIA	764	0,532	17905	0,282	5,343	60,815
TEJUÇUOCA	796	0,554	11784	0,185	5,332	60,415
IRAUÇUBA	1451	1,010	17156	0,270	5,263	57,910
PARAMBU	2027	1,411	30087	0,473	5,221	56,392
IPAPORANGA	458	0,319	10850	0,171	5,195	55,446
POTIRETAMA	422	0,294	5785	0,091	5,184	55,069
PIRES FERREIRA	248	0,173	9441	0,149	5,109	52,360
TAMBORIL	1700	1,183	26262	0,413	5,107	52,274
CATARINA	485	0,337	11929	0,188	5,094	51,801
INDEPENDÊNCIA	3338	2,323	24033	0,378	5,072	51,029
SANTA QUITÉRIA	3780	2,630	49412	0,777	5,045	50,028
IBARETAMA	870	0,605	11252	0,177	5,043	49,966
NOVO ORIENTE	1249	0,869	26316	0,414	5,038	49,808
SUBTOTAL	17588	12,239	252212	3,968	-	-

**FONTE:** IPLANCE (1993) - IPLANCE (1998)

### 3-FORTE PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO

MUNICÍPIOS	Área (km <sup>2</sup> )	%	População (1991)	%	MAP	ÍNDICE (%)
MONSENHOR TABOSA	807	0,562	15528	0,244	4,979	47,677
CARIDADE	694	0,483	12379	0,195	4,938	46,182
ANTONINA DO NORTE	264	0,184	5083	0,080	4,936	46,117
ALTANEIRA	186	0,129	4806	0,076	4,933	46,002
GENERAL SAMPAIO	128	0,089	5567	0,088	4,913	45,293
MILHÃ	475	0,331	12040	0,189	4,908	45,098
ITATIRA	514	0,358	13788	0,217	4,894	44,601
JAGUARETAMA	1913	1,331	17550	0,276	4,879	44,041
PORANGA	318	0,221	11049	0,174	4,861	43,384
SOLONÓPOLE	1534	1,067	15832	0,249	4,860	43,347
POTENGI	389	0,271	8148	0,128	4,851	43,044
IPUEIRAS	1204	0,838	35106	0,552	4,851	43,020
PIQUET CARNEIRO	508	0,353	13075	0,206	4,849	42,963
MADALENA	1043	0,726	12654	0,199	4,837	42,538
PARAMOTI	691	0,481	10453	0,164	4,822	41,988
PEDRA BRANCA	1197	0,833	38760	0,610	4,813	41,662
OCARA	762	0,530	19942	0,314	4,794	40,982
CARIRÉ	683	0,475	17755	0,279	4,791	40,872
RERIUTABA	345	0,240	17307	0,272	4,782	40,528
BOA VIAGEM	3264	2,271	47928	0,754	4,779	40,431
MOMBAÇA	2457	1,710	40814	0,642	4,778	40,402
JARDIM	600	0,418	23841	0,375	4,774	40,257
ARARIPE	853	0,594	17401	0,274	4,773	40,226
GRAÇA	266	0,185	14336	0,226	4,772	40,167
PENAFORTE	213	0,148	6432	0,101	4,769	40,085
ASSARÉ	972	0,676	19633	0,309	4,766	39,970
NOVA RUSSAS	1106	0,770	37828	0,595	4,763	39,856
CARNAUBAL	373	0,260	13627	0,214	4,747	39,281
SENADOR POMPEU	1067	0,742	26593	0,418	4,738	38,957
IBICUITINGA	385	0,268	8593	0,135	4,730	38,682
TAUÁ	4306	2,996	51321	0,807	4,728	38,579
BAIXIO	157	0,109	5408	0,085	4,719	38,265
APUIARÉS	390	0,271	9525	0,150	4,707	37,830
CARIÚS	1075	0,748	17545	0,276	4,706	37,799
CROATÁ	621	0,432	14826	0,233	4,704	37,727
FORQUILHA	800	0,557	15250	0,240	4,703	37,671
GRANJEIRO	158	0,110	4744	0,075	4,702	37,647
JATI	313	0,218	6858	0,108	4,700	37,595
IPU	403	0,280	35700	0,562	4,697	37,483
SENADOR SÁ	423	0,294	5131	0,081	4,697	37,482
UMARI	237	0,165	7897	0,124	4,695	37,393
PORTEIRAS	206	0,143	15023	0,236	4,694	37,370
JAGUARIBARA	731	0,509	7718	0,121	4,682	36,934
FORTALEZA	336	0,234	1765794	27,781	4,677	36,754
ITAPIÚNA	562	0,391	12840	0,202	4,668	36,443

continua

### 3-FORTE PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO

conclusão

MUNICÍPIOS	Área (km <sup>2</sup> )	%	População (1991)	%	MAP	ÍNDICE (%)
PENTECOSTE	598	0,416	32247	0,507	4,667	36,394
SANTANA DO ACA- RAÚ	1085	0,755	22448	0,353	4,646	35,634
MORAÚJO	417	0,290	6264	0,099	4,643	35,503
MIRAÍMA	660	0,459	10044	0,158	4,640	35,417
URUOCA	482	0,335	10215	0,161	4,628	34,988
SANTANA DO CARIRI	923	0,642	15405	0,242	4,621	34,740
ACOPIARA	2046	1,424	49307	0,776	4,621	34,711
CARIRIAÇU	431	0,300	21322	0,335	4,609	34,292
CAPISTRANO	252	0,175	15555	0,245	4,606	34,188
ERERÉ	402	0,280	6428	0,101	4,600	33,969
PEREIRO	547	0,381	14786	0,233	4,600	33,960
NOVA OLINDA	179	0,125	11358	0,179	4,597	33,870
GRANJA	2797	1,946	41473	0,652	4,585	33,441
PACUJÁ	98	0,068	5003	0,079	4,584	33,390
GROAÍRAS	192	0,134	8081	0,127	4,583	33,338
JAGUARIBE	1891	1,316	32327	0,509	4,581	33,269
IPAUMIRIM	257	0,179	11295	0,178	4,575	33,059
FARIAS BRITO	525	0,365	17624	0,277	4,573	33,002
MASSAPÊ	349	0,243	23704	0,373	4,566	32,751
CAMPOS SALES	1622	1,129	23204	0,365	4,566	32,732
COREAÚ	778	0,541	17620	0,277	4,565	32,721
PALHANO	469	0,326	7948	0,125	4,564	32,673
SUBTOTAL	52929	36,831	2923086	45,988	-	-

**FONTE:** IPLANCE (1993) - IPLANCE (1998)

### 4 - MODERADA PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO

MUNICÍPIOS	Área (km <sup>2</sup> )	%	População (1991)	%	MAP	ÍNDICE (%)
MORRINHOS	450	0,313	14522	0,228	4,549	32,137
JUCÁS	869	0,605	21104	0,332	4,547	32,068
CANINDÉ	2883	2,006	61650	0,970	4,540	31,805
QUIXERAMOBIM	3579	2,491	59115	0,930	4,537	31,695
IRACEMA	689	0,479	14010	0,220	4,533	31,563
AURORA	942	0,656	24426	0,384	4,533	31,545
QUIXELÔ	775	0,539	15680	0,247	4,530	31,428
VÁRZEA ALEGRE	704	0,490	31341	0,493	4,522	31,154
CRATEÚS	2770	1,928	66634	1,048	4,513	30,823
ALTO SANTO	1161	0,808	13564	0,213	4,510	30,702
LAVRAS DA MANGABEIRA	1072	0,746	30751	0,484	4,506	30,590
MAURITI	1263	0,879	37145	0,584	4,506	30,571
FRECHEIRINHA	202	0,141	9703	0,153	4,503	30,448
BARRO	571	0,397	19388	0,305	4,492	30,074
QUIXERÉ	598	0,416	13802	0,217	4,485	29,807
BELA CRUZ	780	0,543	25961	0,408	4,484	29,776

continua

#### 4 - MODERADA PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO

conclusão

MUNICÍPIOS	Área (km <sup>2</sup> )	%	População (1991)	%	MAP	ÍNDICE (%)
AMONTADA	682	0,475	25167	0,396	4,478	29,550
ABAIARA	209	0,145	7897	0,124	4,470	29,268
MARCO	439	0,305	20733	0,326	4,467	29,146
ALCÂNTARAS	107	0,074	8613	0,136	4,460	28,914
SÃO JOÃO DO JAGUARIBE	391	0,272	8000	0,126	4,442	28,262
QUIXADÁ	1798	1,251	72297	1,137	4,440	28,176
VIÇOSA DO CEARÁ	1283	0,893	41035	0,646	4,439	28,166
MUCAMBO	286	0,199	11910	0,187	4,433	27,945
MORADA NOVA	2838	1,975	58891	0,927	4,430	27,843
CEDRO	739	0,514	22922	0,361	4,410	27,114
MARTINÓPOLE	397	0,276	6449	0,101	4,408	27,026
ITAREMA	1008	0,701	25551	0,402	4,405	26,922
TABULEIRO DO NORTE	941	0,655	25117	0,395	4,405	26,910
TURURU	211	0,147	9916	0,156	4,388	26,301
ORÓS	528	0,367	21993	0,346	4,386	26,242
ICÓ	1967	1,369	60469	0,951	4,380	26,016
MILAGRES	678	0,472	24213	0,381	4,379	25,973
BREJO SANTO	631	0,439	33728	0,531	4,372	25,716
VARJOTA	265	0,184	13478	0,212	4,367	25,541
ARACOIABA	728	0,507	22477	0,354	4,366	25,518
GUARACIABA DO NORTE	365	0,254	30209	0,475	4,362	25,364
MISSÃO VELHA	559	0,389	29318	0,461	4,353	25,046
ITAIÇABA	296	0,206	5699	0,090	4,339	24,525
TRAIRI	756	0,526	36352	0,572	4,335	24,377
BANABUIÚ	1118	0,778	14366	0,226	4,332	24,287
SOBRAL	1729	1,203	127459	2,005	4,331	24,234
JUAZEIRO DO NORTE	219	0,152	173320	2,727	4,312	23,546
CHOROZINHO	199	0,138	15515	0,244	4,311	23,530
BARROQUINHA	357	0,248	12931	0,203	4,296	22,985
JAGUARUANA	966	0,672	25926	0,408	4,286	22,638
ARATUBA	165	0,115	10565	0,166	4,283	22,529
BEBERIBE	1617	1,125	36751	0,578	4,272	22,127
ITAPAJÉ	1330	0,926	33648	0,529	4,267	21,930
CHAVAL	286	0,199	10510	0,165	4,266	21,916
BATURITÉ	262	0,182	27515	0,433	4,263	21,778
ITAPIPOCA	1782	1,240	77225	1,215	4,256	21,551
RUSSAS	1500	1,044	46582	0,733	4,255	21,519
SÃO LUÍS DO CURU	123	0,086	10610	0,167	4,254	21,469
UMIRIM	290	0,202	15329	0,241	4,227	20,502
ARACATI	1132	0,788	60708	0,955	4,225	20,418
CRUZ	278	0,193	20068	0,316	4,222	20,310
MULUNGU	219	0,152	7863	0,124	4,210	19,887
PALMÁCIA	107	0,074	10250	0,161	4,210	19,864
ACARAÚ	922	0,642	45475	0,715	4,202	19,584
MERUOCA	275	0,191	10453	0,164	4,200	19,514
SÃO GONÇALO DO AMARANTE	782	0,544	29293	0,461	4,193	19,250
LIMOEIRO DO NORTE	564	0,392	41683	0,656	4,181	18,839

continua

#### 4 - MODERADA PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO

conclusão

MUNICÍPIOS	Área (km <sup>2</sup> )	%	População (1991)	%	MAP	ÍNDICE (%)
PACOTI	120	0,084	10091	0,159	4,175	18,602
BARREIRA	202	0,141	14756	0,232	4,170	18,445
CAMOCIM	1147	0,798	51031	0,803	4,162	18,153
SUBTOTAL	55101	38,343	2021153	31,798	-	-

**FONTE:** IPLANCE (1993) - IPLANCE (1998)

#### 5 - FRACA PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO

MUNICÍPIOS	Área (km <sup>2</sup> )	%	População (1991)	%	MAP	ÍNDICE (%)
TIANGUÁ	854	0,594	44031	0,693	4,120	16,614
GUAIÚBA	259	0,180	17542	0,276	4,096	15,762
IGUATU	728	0,507	75619	1,190	4,085	15,363
URUBURETAMA	338	0,235	15530	0,244	4,083	15,277
GUARAMIRANGA	95	0,066	5282	0,083	4,082	15,242
IBIAPINA	333	0,232	20067	0,316	4,072	14,876
SÃO BENEDITO	306	0,213	36747	0,578	4,070	14,833
MARANGUAPE	672	0,468	71628	1,127	4,058	14,384
CAUCAIA	1293	0,900	165015	2,596	4,057	14,352
UBAJARA	385	0,268	23347	0,367	4,040	13,731
CRATO	1026	0,714	90413	1,422	4,038	13,662
PARAIPABA	320	0,223	19778	0,311	4,015	12,845
PARACURU	208	0,145	20937	0,329	3,991	11,964
ICAPUÍ	406	0,283	13665	0,215	3,990	11,936
PACAJUS	227	0,158	31769	0,500	3,975	11,401
HORIZONTE	192	0,134	18262	0,287	3,943	10,236
PINDORETAMA	115	0,080	12440	0,196	3,939	10,085
ACARAPE	144	0,100	10203	0,161	3,927	9,671
REDENÇÃO	204	0,142	22757	0,358	3,916	9,272
CASCADEL	822	0,572	46497	0,732	3,886	8,177
PACATUBA	141	0,098	60024	0,944	3,871	7,624
BARBALHA	497	0,346	38438	0,605	3,799	5,036
AQUIRAZ	471	0,328	46225	0,727	3,759	3,584
SUBTOTAL	10036	6,984	906216	14,257	-	-

**FONTE:** IPLANCE (1993) - IPLANCE (1998)

#### 6 - MUITO FRACA PROPENSÃO À DESERTIFICAÇÃO

MUNICÍPIOS	Área (km <sup>2</sup> )	%	População (1991)	%	MAP	ÍNDICE (%)
MARACANAÚ	82	0,057	157029	2,470	3,703	1,573
EUSÉBIO	75	0,052	20388	0,321	3,660	0,000
SUBTOTAL	157	0,109	177417	2,791	- -	

**FONTE:** IPLANCE (1993) - IPLANCE (1998)