



**CRITÉRIO PARA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL EM REGIÕES
AFETADAS PELO ALTO TEOR DE SAL**

Valéria Pereira Monteiro

Fortaleza - Ceará

2002

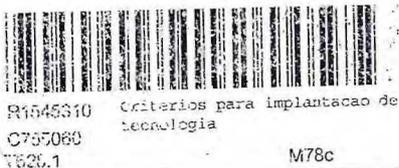


**CRITÉRIO PARA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL EM REGIÕES
AFETADAS PELO ALTO TEOR DE SAL**

AC. 59504

Valéria Pereira Monteiro

UFC/RU/BEA 02/10/2002

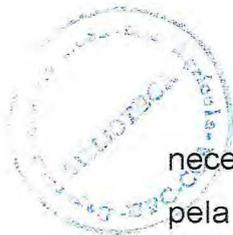


Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Mestrado em
Economia Rural, do Departamento de Economia Agrícola do
Centro de Ciências Agrárias da UFC, como requisito parcial para
a obtenção do título de Mestre

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

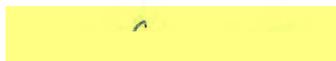
Fortaleza - Ceará

2002



Esta dissertação foi apresentada como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Economia Rural outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados na biblioteca central da referida universidade.

A citação de qualquer trecho desta tese é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas éticas científicas.



Valéria Pereira Monteiro

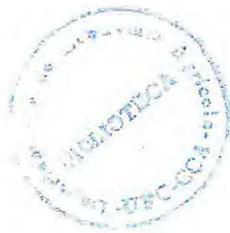
Banca:

Orientador: José César Vieira Pinheiro

Membro: Luís Artur Clemente da Silva

Membro: Vítor Hugo de Oliveira

Dissertação aprovada em 12 de julho de 2002



AGRADECIMENTOS

Uma dissertação por mais simples que se apresente é resultado de um esforço conjunto de pessoas que, ao longo da vida acadêmica, profissional e pessoal, contribuíram de alguma forma para sua realização.

Assim gostaria de agradecer a todos aqueles que se fizeram presentes em minha vida, me incentivando e/ou transmitindo conhecimentos e sabedorias.

Agradeço a banca examinadora desta dissertação, em especial o orientador, pelas críticas e atenção dispensadas.

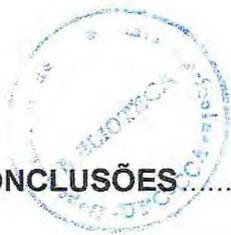
Sou igualmente grata a todos os demais professores, colegas e funcionários do mestrado em Economia Rural que ao longo de uma convivência, quase diária, nos últimos anos, revelaram-se grandes amigos e incentivadores.

Agradeço, também, a toda minha família, especialmente aos meus filhos e ao Pedro Paulo, grande incentivador, crítico incansável, amigo de todas as horas; por tudo.



SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Aspectos Gerais.....	1
1.2 Problema e sua importância.....	4
2 OBJETIVOS.....	8
2.1 Objetivos Gerais.....	8
2.2 Objetivos Específicos.....	8
3 FENÔMENO DA SALINIZAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO ...	9
4 TECNOLOGIAS DE DESSALINIZAÇÃO:EVOLUÇÃO.....	12
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
5.1 Área Geográfica de Estudo.....	14
5.2 Origem dos Dados.....	14
5.3 Aspectos Metodológicos.....	14
5.3.1 Hierarquização dos municípios.....	15
5.3.1.1 Seleção dos indicadores socioeconômicos.....	15
5.3.1.2 Análise fatorial.....	20
5.3.1.2.1 Modelo algébrico.....	26
5.3.1.2.2 A Construção de um índice.....	28
5.3.1.3 Análise de agrupamento.....	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32



7 CONCLUSÕES	49
8 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	51



LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 Variáveis utilizadas no modelo.....	32
Tabela 2 Matriz das cargas fatoriais após a rotação (varimax).....	34
Tabela 3 Fatores utilizados, variáveis explicativas de cada fator, raiz característica associada; variância explicada pelo fator, variância acumulada e conceito expresso pelo fator	35
Tabela 4 Matriz dos escores fatoriais.....	36
Tabela 5 Hierarquização dos municípios: ordem crescente, índices brutos e relativos, <i>ranking</i> e classes.....	40
Tabela 6 Percentual dos poços existentes nos municípios, percentual dos poços com alto teor de sal e percentual de poços com alto teor de sal, segundo as classes	45
Tabela 7 Municípios com melhores índices, número total de poços e poços com alto teor de sal; percentual de poços com alto teor de sal e a posição no <i>ranking</i>	47

RESUMO

Este trabalho analisou indicadores socioeconômicos e ambientais de cento e setenta municípios do Estado Ceará. Trata-se de municípios que apresentam pelo menos um poço com alto teor de sal, isto é, sólidos totais dissolvidos (STD) acima de 1000mg/litro. Os indicadores socioeconômicos e ambientais quando submetidos ao modelo estatístico multivariado de análise fatorial permitiu a construção de um índice para cada um destes municípios, o que viabilizou sua hierarquização do. Acredita-se com isto ter oferecido um critério para implantação prioritária de aparelhos dessalizadores (ou tecnologia outra que solucione o problema de abastecimento de água potável) com maior benefício social do investimento. Os dados utilizados foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; ao Instituto de Planejamento do Estado do Ceará – IPLANCE e à Comissão de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Para melhor exame e visualização dos resultados, os índices obtidos foram submetidos à análise de agrupamento, da qual se formaram três agrupamentos. No primeiro (classe), estão os municípios que obtiveram os piores índices socioeconômicos. Nesse agrupamento, a incidência de poços com alto teor de sal apresenta-se bem superior às do segundo e terceiro agrupamentos. Desta forma, se confirmou a hipótese do trabalho, qual seja, existe forte correlação entre os índices socioeconômicos e o teor de sal da água que abastece a população. Extraiu-se ainda desta pesquisa outra importante informação, pois reforça a utilização do critério adotado: diz respeito à existência de municípios que, embora apresentem altos percentuais de poços com elevado teor de sal, não figuram entre aqueles que deverão ser priorizados em programas de dessalinização. Esse fato se explica pela existência de boas fontes alternativas de abastecimento d'água. Desta forma, concluiu-se que a construção de índices dos municípios a partir da análise fatorial com base em indicadores socioeconômicos da população representa critério tecnicamente consistente para estabelecer prioridades na instalação de dessalinizadores ou tecnologias outras que viabilizem o abastecimento de água potável para consumo humano.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Aspectos Gerais

A escassez de água potável, que desponta nesse novo milênio como uma das principais preocupações da humanidade, há muito faz parte da realidade do Nordeste brasileiro. Vastas áreas do semi-árido nordestino sofrem com o problema crônico das baixas precipitações pluviométricas e das secas periódicas, somados à ocorrência freqüente de elevados níveis de salinização dos seus mananciais.

Estudos especializados têm apontado a instalação de equipamentos de dessalinização nessas áreas como a alternativa técnica e economicamente mais adequada (SRH, 1996 e FLORES, 2000). A aplicação dessa tecnologia, entretanto, deve ser seletiva, dadas as fortes restrições orçamentárias. Apesar do mercado já dispor de tecnologia de dessalinização a custos cada vez mais reduzidos, a instalação desses equipamentos ainda representa um gasto muito acima da capacidade financeira dos municípios, particularmente dos mais pobres. Assim, na maioria dos casos, faz-se necessário um suporte financeiro das outras esferas de governo, seja estadual, seja federal, para viabilizar a instalação dessa infra-estrutura de dessalinização da água.

Nessas circunstâncias, a implantação desses equipamentos como forma de solução do problema de escassez de água potável nas diversas localidades do Estado do Ceará deverá vir inserido num projeto maior dos governos federal e/ou estadual. No entanto, os recursos, também, nessas esferas de governo, não são ilimitados e devem ser alocados de forma racional e criteriosa. Portanto, para que se potencialize os benefícios gerados pela aplicação destes recursos de modo a alcançar um maior número de localidades e uma parcela maior da população com o menor comprometimento de recursos, faz-se necessário um estudo que indique, a partir de critérios objetivos, quais municípios deverão receber, prioritariamente, essa ação governamental.

Assim, este trabalho se propõe efetuar uma hierarquização dos municípios cearenses afetados pela incidência de alto teor de sais de suas águas, a qual poderá servir de base para a definição de uma escala de prioridade para a instalação de equipamentos de dessalinização (ou de qualquer outra tecnologia que se revele mais adequada para solução do problema).

Vale ressaltar que não se trata de discutir formas opcionais de enfrentar o problema da escassez de água potável, mas de oferecer um critério para a aplicação racional de uma determinada tecnologia. E mais, a aplicabilidade deste critério não está atrelada ao uso de uma tecnologia específica, mas sim à necessidade de racionalizar o uso dos recursos e obter maior benefício social do investimento.

A escolha do critério adotado neste trabalho se deu após uma análise mais apurada do assunto, o que resultou, inclusive, na consideração de outros critérios. Portanto, torna-se oportuno tecer algumas considerações sobre a opção aqui adotada, isto é, construir a hierarquização dos municípios a partir de um conjunto de indicadores e não apenas do grau de ocorrência de altos níveis da salinização das águas consumidas pelas populações desses municípios, por exemplo.

De fato, pensou-se, num primeiro momento, em utilizar apenas o grau de salinização como critério. Neste caso, os dessalinizadores seriam alocados preferencialmente onde houvesse níveis mais elevados de salinização. Uma variação desse critério seria associar o grau de salinização à vazão dos poços de cada município. Para essas duas opções, bastaria que fosse feito um levantamento geológico com indicativo da vazão dos poços e do grau de salinidade de suas águas. A partir destes dados, se efetuariam a hierarquização dos municípios. Essas opções, entretanto, foram afastadas, pois se acredita que poderiam produzir resultados distorcidos. Por exemplo, determinado município, embora apresentando elevados níveis de salinização das águas de seu subsolo, poderia dispor de fonte alternativa de abastecimento em condições favoráveis. Pelo critério acima referido, esse município deveria ser beneficiado com a

instalação dos equipamentos, preterindo outro que, embora com níveis de salinização menores, não dispõe de boas fontes alternativas.

Nota-se, portanto, que um bom critério deverá agregar, pelo menos, três Indicadores: teor de sal, vazão do poço e informações a respeito de fontes alternativas. Todavia as informações disponíveis sobre esta última não se apresentam de forma satisfatória. Elas têm revelado apenas existência ou não de fontes alternativas e a sua distância do poço. Outras, igualmente importantes, tais como a qualidade da água, a quantidade disponível e a frequência ao longo do ano, ainda não estão disponíveis.

Acredita-se, no entanto, que o critério ora escolhido contorna esse problema da insuficiência de informações e elimina as possíveis distorções ora referidas. Com isso, espera-se oferecer um instrumento capaz de permitir que a instalação dos aparelhos de dessalinização seja feita de modo a proporcionar uma melhor relação custo-benefício social.

Para a construção dos índices, conforme proposto, adotou-se a análise fatorial pelo método dos componentes principais.

O estudo se restringiu ao Estado do Ceará, o qual, com a maior parte de seu território encravado no semi-árido, é um dos mais afetados pelos altos níveis de salinização. Foram analisados dados de todos os municípios que apresentaram pelo menos um poço com sólidos totais dissolvidos –STD - acima de 1000mg/l.

O trabalho está dividido em oito seções, sendo a primeira esta introdução que apresentará, na seqüência, melhor definição do problema sob estudo e sua importância. A segunda seção explicita os objetivos que se pretende atingir com o estudo. Nas seções três e quatro são apresentadas, respectivamente, uma descrição do fenômeno da salinização das águas no Nordeste brasileiro e uma retrospectiva histórica da evolução da tecnologia de dessalinização. A quinta seção cuida da metodologia de trabalho e a sexta

apresenta e discute os resultados. As seções sete e oito trazem, respectivamente, as conclusões e as referências bibliográficas.

1.2 – O Problema e sua Importância

Uma das principais preocupações atuais da humanidade é o abastecimento de água potável para a população mundial. A escassez deste recurso natural, indispensável à sobrevivência da vida no Planeta e de inestimável importância no econômico e social, se antes era preocupação em apenas algumas regiões da Terra, como o norte da África, o Oriente Médio e algumas áreas do Nordeste semi-árido brasileiro, hoje se apresenta como um problema global.

A Organização das Nações Unidas – ONU - registra a ocorrência da escassez de água potável em aproximadamente 25 países e estima que no ano de 2025 este número poderá chegar a 48 países. A partir disso, a ONU manifesta preocupação, inclusive, com a possível ocorrência de conflitos relacionados à disputa pelo acesso a fontes de abastecimento desse recurso natural (ARAÚJO 2000).

Assim, o gerenciamento de mananciais e o uso mais racional da água já figuram como preocupações de instituições governamentais e não governamentais do mundo inteiro. Temas como a preservação dos revestimentos vegetais das margens dos rios e a despoluição de reservatórios naturais são, hoje, recorrentes em programas de governos. Ao mesmo tempo, intensificam-se as pesquisas voltadas para o barateamento dos processos de dessalinização, tanto da água do mar que se estima-se representar cerca de 97% do volume de água na Terra, quanto das águas subterrâneas e superficiais não marinhas, onde também ocorre o fenômeno da salinização.

No Nordeste brasileiro em particular, historicamente marcado pela escassez da água, têm sido implementadas, desde o início do século XX,

diversas ações de governo voltadas para o enfrentamento desse problema. A ênfase sempre foi dada para a construção de açudes e barragens e a perfuração de poços artesianos, o que, paradoxalmente, fizeram do Nordeste uma região superavitária no que diz respeito à relação entre a capacidade de armazenamento e a demanda de água. Dados levantados por ARAÚJO (1982) demonstram que a região acumulou uma estrutura de armazenamento de água da ordem de 80 bilhões de metros cúbicos, enquanto a demanda de água da região era, à época do estudo, estimada em cerca de 20 bilhões de metros cúbicos.

Essas ações governamentais, entretanto, foram incapazes de solucionar o problema da escassez de água potável, que persiste nas regiões áridas e semi-áridas, principalmente nas zonas rurais. Conforme observaram PORTO et al (1999), mesmo em localidades onde foram aplicadas soluções convencionais para o abastecimento de água, com a abertura de poços, persiste o problema da falta de água potável para o consumo humano, em decorrência do fenômeno da salinização. Com isso, fica comprometida a qualidade de vida das populações que se abastecem desses mananciais.

De acordo com ARAÚJO (2000), cerca de 10 milhões de pessoas morrem anualmente no mundo em consequência da má qualidade da água consumida. Estima-se ainda que 80% das doenças contraídas pela população mundial têm origem em microorganismos e substâncias ingeridos por veiculação hídrica. Uma dessas substâncias consumidas com a água é o sal que provoca, entre outros danos à saúde humana, a hipertensão arterial, com todas as consequências dela decorrentes.

A hipertensão arterial, de acordo com a classificação internacional de doenças, está incluída no grupo chamado doenças cardiovasculares. E, conforme dados do Ministério da Saúde - Controle da Hipertensão Arterial (1993), no Brasil 64% dos pacientes com infarto agudo do miocárdio, 61 a 81% dos casos de aneurisma, 81% dos casos de acidentes vasculares cerebrais e 40% dos pacientes com cardiopatias isquêmicas que morreram subitamente apresentaram hipertensão arterial associada.

Os estudos médicos revelam que fatores ambientais, como do sódio¹, são importantes determinantes da hipertensão arterial. Na literatura médica, observa-se um certo consenso quanto à relação direta do aumento de sua ingestão e o nível da pressão arterial. Em consequência, recomenda-se a redução do seu consumo pelos hipertensos. O Ministério da Saúde, por exemplo, recomenda a redução do sal como forma de baixar os níveis pressóricos de hipertensos ou mesmo prevenir o aparecimento da doença (Controle da Hipertensão Arterial, 1993). Para CAPPUCIO & MacGREGOR (1994), a alta ingestão de sal representa importante fator de predisposição ao desenvolvimento da hipertensão arterial e a redução da quantidade ingerida pode evitar a elevação da pressão com a idade. NEVES (1997), ainda, com base em outros autores, afirma que a redução do sal tem efeito tanto terapêutico, quando a hipertensão já se estabeleceu, quanto profilático.

O censo realizado em 1997/2000 pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM, núcleo Fortaleza, constatou que no Ceará, das 13.970 fontes de água cadastradas e caracterizadas, 3.256 possuem teor de sal acima de 1000 mg/l de sólidos totais dissolvidos. São níveis que extrapolam o aceitável para o consumo humano. Estima-se que esses poços são fonte de abastecimento de água para beber de cerca de 200.000 famílias. E mais, registra-se, ainda, a existência de 2.301 poços desativados, 1.653 abandonados e 1641 não instalados. O alto teor de sal tem sido apontado como a principal causa da desativação e abandono. Encontra-se em uso 8.118 poços e destes 2.447 apresentam sólidos totais dissolvidos acima de 1000mg/l (ATLAS Digital-2000).

São observados também altos teores de salinização em águas superficiais e têm sido objeto de importantes estudos voltados para a explicação da origem dessa salinização e para a medição do seu teor (REBOUÇAS, 1973; MATSUI, 1978; SANTIAGO, 1984; BARROS, 1994 e SRH 1996).

¹ Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) são definidos pela parte sólida da água. Eles são formados pelo sódio e outros elementos químicos.

Assim, as áreas afetadas pelo problema da salinização das águas demandam a adoção de providências destinadas a oferecer às populações dessas áreas água em condições satisfatórias para consumo. Entre as opções possíveis, a dessalinização, por meio da osmose reversa, vem se apresentando como técnica e economicamente viável. Comparando-se com a alternativa geralmente utilizada, como o suprimento de água por meio dos chamados carros pipas, por exemplo, o custo da dessalinização é consideravelmente mais baixo. O custo médio para obtenção da água potável, através da dessalinização é R\$ 0,50 por metro cúbico de água potável produzida contra R\$ 1,20 por metro cúbico de água fornecida quando distribuídas por carros pipas, conforme FLORES (2000) e SRH (1996).

Justificam-se, dessa forma, portanto, os estudos que visam a aprofundar o conhecimento dessa tecnologia, sua aplicabilidade às condições do semi-árido nordestino, bem como definir formas de racionalizar sua aplicação.

2 – OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

Apresentar um critério para a definição de uma escala de prioridades para instalação de dessalinizadores (ou tecnologias outras que solucionem o problema de abastecimento de água potável) nos municípios cearenses com apresentam poços com altos teores de salinização das águas.

2.2 – Objetivos específicos

a) Construir um índice para auxiliar o processo de tomada de decisão na definição de prioridades na instalação de tecnologias de suprimento de água potável em municípios cearenses.

b) Mostrar a influência do grau de salinização da água para o consumo humano nos indicadores socioeconômicos dos municípios cearenses.

c) Demonstrar a superioridade do critério escolhido para definição de prioridades na alocação de tecnologia de suprimento de água potável nos municípios cearenses frente aos critérios preteridos.

3. O FENÔMENO DA SALINIZAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO

Para uma explicação do fenômeno da ocorrência de altos níveis de concentração de sais nas águas em determinadas áreas é necessário examinar a origem e o processo pelo qual se dá a concentração desses sais.

Predomina atualmente o entendimento de que o processo de salinização das águas no Nordeste brasileiro tem como principal fonte os aerossóis² provenientes do Oceano Atlântico, que são carreados pelo vento em direção ao sertão. As chuvas dissolvem esses aerossóis carregando parte deles para as águas subterrâneas e parte, por intermédio do processo de lixiviação, para as águas superficiais.

Antes, a litologia era apontada como o principal determinante desse fenômeno. As rochas encontradas na região eram apontadas como a principal fonte dos sais que, dissolvidos, determinavam o processo de salinização das águas (SIQUEIRA, 1963, 1967; TEIXEIRA E OLIVEIRA, 1962; COSTA, 1965 e 1967). Essa explicação, entretanto, perdeu força quando outros estudos demonstraram ser o cloro o elemento químico responsável por cerca de cinquenta por cento da salinidade das águas nordestinas e que é pouco freqüente a presença desse elemento nas rochas da região.

SALATI et al (1978), em estudo realizado para explicar a salinidade das águas do rio Pajeú, concluíram que os sais das águas encontrados naquele rio não tinham origem nas rochas da região, como se acreditava, mas na atmosfera. REBOUÇAS (1973), analisando as águas das chuvas do Estado de Pernambuco, constatou que uma das principais fontes de salinização das águas na zona semi-árida do Nordeste brasileiro são os aerossóis de origem oceânica, carreados pelo vento e depositados no solo da região. MATSUI (1978) e BARROS (1994) chegam a conclusões semelhantes a partir de estudos

² Os aerossóis são dispersões de partículas pequeníssimas na atmosfera. Conforme MESTRINHO (1998), geralmente estes são originados de poeiras de rochas, sais oceânicos, exalações industriais e vulcânicas, poluição em geral.

realizados na bacia do Pajeú e nas águas superficiais do reservatório da bacia do rio Curu, no Estado do Ceará.

SANTIAGO (1984) deteve-se no estudo do mecanismo da salinização das águas em regiões semi-áridas, a partir dos açudes Pereira de Miranda e Caxitoré, no Ceará, tendo constatado, do mesmo modo, a predominância dos aerossóis como fonte de salinização das águas tanto superficiais quanto subterrâneas. No primeiro caso, os sais seriam transportados por lixiviação para os reservatórios; no segundo caso, o processo seria determinado tanto pela recarga com águas pluviais, que conduz os aerossóis, quanto pela dissolução de outros sais encontrados nas rochas.

CRUZ e MELO (1969) classificam em quatro os fatores que influenciam a concentração de sais das águas no Nordeste brasileiro, a saber: o clima, o modo de ocorrência do aquífero (se livre ou confinado), as condições de circulação das águas e a natureza geológica. Os fatores climáticos são considerados como os principais determinantes desse processo. Um dos fatores climáticos destacados pelos autores é a irregularidade das precipitações pluviométricas, associada aos elevados níveis de temperatura.

A temperatura elevada intensifica a evaporação, concentrando os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) nas camadas superficiais do solo, bem como dos reservatórios e aumenta, ainda, a solubilidade dos sais nas rochas (MESTRINHO, 1998). Alguns autores destacam que em climas áridos e semi-áridos, com altas temperaturas, os efeitos da evaporação podem atingir profundidades bastante elevadas, que variam de 10 a 22 metros, dependendo do tipo de solo (CRUZ e MELO, 1968).

BARROS (1994), em importante estudo sobre o tema, destacou que, nas áreas onde predominam as rochas cristalinas, a evaporação é o processo que mais contribui para a salinização das águas superficiais e dos mananciais subterrâneos.

O modo de ocorrência do aquífero (se livre ou confinado) é considerado o segundo fator mais importante na determinação do processo de concentração dos sais. A concentração tende a ser maior quando o aquífero é livre, como nas barragens e açudes, por exemplo. Quando o aquífero é confinado, o confinamento das águas pode se constituir em verdadeira proteção aos efeitos da evaporação, particularmente em regiões de climas árido e semi-árido (CRUZ e MELO, 1969). Uma forma de minimizar a concentração de sais nas águas de barragens e açudes, conforme sugestão de SANTIAGO (1994), seria evitar tempos de residência prolongados, com a utilização regular da águas, por exemplo.

O terceiro fator a influenciar a salinização está nas condições de circulação da água. Quando as águas circulam mais lentamente, observa-se um aumento na concentração de sais. Isto se justifica pelo fato de as águas ficarem mais vulneráveis, tanto aos efeitos da evaporação quanto de maior dissolução de sais das rochas. CRUZ e MELO (1968) acentuam que por causa das diferenças em circulação se observam variações e irregularidades na composição química e na salinidade total das águas. DOMENICO & SCHWARTZ (1990), citados por MESTRINHO (1998), observaram que, nas águas mais profundas, onde a circulação é menor, a concentração de sais tende a ser maior.

Finalmente, o quarto fator é a natureza geológica, em particular os tipos de sais encontrados nas rochas e solo. Conforme demonstrou MESTRINHO (1998), os sais solúveis encontrados nas rochas, dentre os quais os mais freqüentemente encontrados são os carbonatos, os sulfatos e os cloretos, influenciam diretamente a composição química das águas subterrâneas.

Em síntese, pode-se afirmar que a composição química das águas, sobretudo das águas subterrâneas, inclusive o teor de sais, é resultado de variados fatores que interagem definindo, entre outros aspectos, a dissolução e a concentração de sais.

4 - TECNOLOGIAS DE DESSALINIZAÇÃO: EVOLUÇÃO

O início da retirada de excesso de sais da água, dessalinização, remonta ao século XIX. As primeiras tecnologias desenvolvidas utilizavam processo térmico e consistiam no aquecimento da água em câmaras metálicas, separando os sais do vapor. Esse tipo de tecnologia, também chamada de dessalinização por procedimentos de evaporação ou destilação encontra-se disponível até hoje em processos conhecidos como destilação por *flash* de múltiplas etapas, destilação com múltiplos efeitos e destilação com compressão a vapor.

A destilação por processo térmico demanda a queima de grande quantidade de combustível, o que eleva sobremaneira o custo do processamento. Esse fato foi o principal responsável pela substituição dessa tecnologia, principalmente a partir dos anos de 1970, apesar de melhorias tecnológicas havidas notadamente no que se refere ao tipo de energia utilizada.

Alternativamente à dessalinização térmica, surge a partir dos anos de 1970 a tecnologia da destilação por membrana. É uma tecnologia mais barata que a dessalinização térmica por apresentar uma relação entre o consumo de energia e a quantidade de água dessalinizada bastante menor (BUROS, 1990, citado por CABRAL, 2000).

A dessalinização por membrana pode ser de dois tipos: por meio de eletrodialise ou por osmose reversa, sendo este último, de todos os processos de salinização conhecidos, o mais eficiente. A dessalinização por osmose reversa consiste basicamente na utilização de uma membrana de poliéster dentro de um cilindro onde a água é empurrada a uma pressão de oitenta vezes a pressão atmosférica. Com a pressão, a água da solução salina ultrapassa a membrana, ficando retidos os íons dos sais dissolvidos. Daí a designação de osmose reversa, pois, enquanto a osmose, processo natural, consiste na passagem do solvente para aquilo que vai ser dissolvido, a osmose reversa vai recuperar, na solução

salina, a água solvente. Um efeito adicional e positivo dessa técnica é que ela elimina bactérias, fungos etc., melhorando a potabilidade da água.

Há disponíveis ainda outros modos de dessalinização além daqueles por aquecimento ou por membrana, porém de pouca aplicação prática. Pode-se citar, por exemplo, dessalinização por congelamento, destilação com membrana e umidificação solar, esta última com a aplicação direta da energia solar para a dessalinização³.

³ Para mais informações, ver BUROS, O . K.(1990) O ABC da Dessalinização. Massachusetts: Associação Internacional de Dessalinização, 33p.

5 . MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área Geográfica de Estudos

A área geográfica de estudo se restringe a cento e setenta municípios cearenses que, de acordo com o Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará, realizado pela CPRM/2000(ATLAS Digital 2000), apresentam pelo menos um poço com sólidos totais dissolvidos acima de 1000mg/l. Este limite foi estabelecido tendo em vista que a Organização Mundial da Saúde (OMS) o considera quantidade máxima admitida na água, acima da qual a água perde sua potabilidade e sua ingestão poderá produzir danos à saúde humana. E mais, esse mesmo parâmetro é adotado pelo Brasil, conforme definido pela Portaria 36/90, de dezenove de janeiro de 1990, do Ministério da Saúde. Portanto, neste trabalho, considera-se nível elevado de salinidade das águas aquele acima de 1000mg/l de STD.

5.2 – Origem dos Dados

Os dados utilizados neste trabalho são de origem secundária, provenientes do Censo Agropecuário de 1995, do Anuário Estatístico do Ceará de 1998/1999 e Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará, dos anos de 1997 e 2000 . Destas estatísticas, foram colhidos 60 variáveis que deram origem a 53 indicadores

5.3 – Aspectos Metodológicos

Para atender o objetivo principal, deste trabalho, foram aplicadas técnicas estatísticas multivariadas, a Análise Fatorial pelo método dos componentes principais. Adicionalmente, utilizou-se a metodologia de análise de agrupamento para auxiliar na compreensão e análise dos resultados.

5.3.1 - Hierarquização dos Municípios

5.3.1.1 - Seleção dos indicadores sócio-econômicos⁴

Tendo em vista a metodologia utilizada neste trabalho, uma primeira tarefa que se impõe é a definição e seleção dos indicadores. Assim, das estatísticas disponíveis, foram extraídas todas as variáveis econômicas, sociais e ambientais que ofereciam informação para cada um dos 170 municípios estudados. Admitiu-se no entanto a falta de no máximo três observações⁵. Desta forma, selecionou-se os indicadores a seguir listados. Estes indicadores foram reunidos em cinco diferentes grupos, a saber: indicadores sociais, econômicos e demográficos, infra-estrutura de apóio, elementos agropecuários e ambientais.

Grupo 1: Indicadores Sociais

X_1 - taxa de escolarização do ensino fundamental (1998): indica a porcentagem da população de 7 a 14 anos escolarizada em relação à população escolarizável;

X_2 - percentual de alunos aprovados no ensino fundamental (1998): indica o percentual dos alunos matriculados que foram promovidos para a série subsequente;

X_3 - complementar de alunos evadidos no ensino fundamental (1998): taxa de evasão indica a porcentagem de alunos matriculados na série X , no início do ano, que no ano seguinte não constam da matrícula, nem como alunos promovidos, nem como alunos repetentes;

X_4 - número de médicos por 1000 habitantes (1998): mostra o número de médicos para um contingente de 1000 habitantes;

⁴ Por limitação do programa de computador utilizado para efetuar a análise fatorial, as variáveis envolvidas no modelo deverão, todas, influenciar o resultado positivamente ou, todas, negativamente, não sendo possível que umas influenciem positivamente e outras negativamente. Quando isto não ocorre, faz-se necessário utilizar certos artifícios que as tornam homogêneas; isto é, utiliza-se do recurso de adotar o complementar, o inverso etc. Assim, por exemplo a variável taxa de evasão escolar: nota-se que trata de uma variável que tem relação inversa a condição socioeconômica, porém o seu complementar que seria taxa de permanência estabelece relação positiva. Daí a utilização do seu complementar. Pelo mesmo motivo é que se usou o inverso para as variáveis: mortalidade infantil, salinidade média da água e outras.

⁵ Vale ressaltar, no entanto, que, para suprir a falta dessas observações, adotou-se a média dos municípios que compõem suas respectivas regiões administrativas. E mais, em decorrência dos procedimentos preliminares de ajuste do conjunto de variáveis à metodologia de análise fatorial, estas variáveis foram eliminadas.

X_5 - número de dentistas por 1000 habitantes (1998); mostra o número de dentistas para um contingente de 1000 habitantes;

X_{12} - percentual de crianças de zero a 11 meses, só mamando (1998);

X_{13} - complementar de percentual de crianças de zero a 11 meses, subnutridas (1998);

X_{14} - complementar de percentual de crianças de 12 a 23 meses subnutridas (1998);

X_{21} - complementar da taxa de mortalidade infantil, definida como o número de mortos até um ano de idade por 1000 habitantes (1998). Mostra o número de óbitos de crianças menores de um ano de idade em grupo de 1000 nascidas;

X_{23} - complementar do percentual de alunos reprovados no ensino fundamental (1998); representa o complementar do percentual de alunos matriculados no ensino fundamental e que não atingiram médias mínimas necessárias à promoção à série seguinte;

X_{24} - percentual de alunos aprovados no ensino médio (1998).

X_{25} - complementar de percentual de alunos evadidos no ensino médio (1998). Taxa de evasão indica a porcentagem de alunos matriculados na série X , no início do ano, que no ano seguinte não constam da matrícula, nem como aluno promovido nem como aluno repetente;

X_{26} - complementar de percentual de alunos reprovados no ensino médio (1998);

X_{27} - unidades de saúde ligadas ao SUS (Sistema Único de Saúde) por 1000 habitantes (1998);

X_{28} - entidades assistenciais cadastradas por 1000 habitantes (1998);

X_{29} - número de enfermeiros por 1000 habitantes (1998);

X_{30} - outros profissionais de saúde de nível superior por 1000 habitantes (1998);

X_{31} - número de agentes comunitários e de saúde por 1000 habitantes (1998);

X₃₂ - profissionais de saúde de nível médio por 1000 habitantes (1998);

X₃₃ - percentual de crianças de zero a quatro meses só mamando (1998) e

X₃₄ - complementar de percentual de crianças com peso menor do que 2,5kg ao nascer (1998).

Grupo 2 –Indicadores Econômicos e Demográficos

X₆ - número de empresas industriais ativas por 1000 habitantes (1998): mostra o número de empresa industriais em funcionamento por 1000 habitantes;

X₇ - número de estabelecimentos comerciais por 1000 habitantes (1998);

X₈ - número de empresas prestadoras de serviços por 1000 habitantes(1998);

X₉ – valor, *per capita*, arrecadado de ICMS (1998): parcela do ICMS arrecado por habitante;

X₁₀ - valor *per capita*, adicionado de ICMS (1998): parcela do ICMS adicionado por habitante. O valor adicionado é resultado da diferença entre a base de cálculo da compra de mercadorias e a base de cálculo da venda das mesmas;

X₁₁ - Produto Interno Bruto a preço de mercado, *per capita* (1998) : é o valor monetário dos bens e serviços finais produzidos por habitantes do município;

X₁₅ - participação (%) da produção agrícola total do município sobre o valor total da produção do Estado (1995);

X₁₉ - participação (%) da produção vegetal do município sobre o total da produção vegetal do Estado (1995);

X₂₀ - participação (%) da produção animal do município sobre o total da produção animal do Estado (1995);

X₅₂ - taxa (%) de urbanização do município (1998): proporção da população urbana do município em relação à população total do município;

X₅₃ - participação (%) da população rural do município sobre a população rural do Estado (1998).

X₃₇ - consumo total de energia do município, em Mwh, de energia por 1000 habitantes (1998);

X₃₈ - consumo residencial, em Mwh, de energia por 1000 habitantes (1998);

X₃₉ - percentual do consumo de energia elétrica industrial, em Mwh (1998) (participação do consumo de energia industrial no consumo total de energia do município);

X₄₀ - percentual do consumo de energia elétrica comercial, em Mwh (1998) (participação do consumo de energia comercial no consumo total de energia do município);

X₄₁ - percentual do consumo de energia elétrica rural, em Mwh,(1998) (participação do consumo de energia rural no consumo total de energia do município);

X₄₂ - receita, *per capita*, arrecadada (1998) (parcela da receita orçamentária municipal destinada a cada habitante) e

X₄₃ - despesa, *per capita*, orçamentária empenhada (1998)⁶.

Grupo 3 - Indicadores de Infra-estrutura de apôio

X₃₅ - número de agências de correios por 1000 habitantes (1998);

X₃₆ - números de telefones convencionais instalados por 1000 habitantes (1998);

X₄₈ - número de tratores e colhedeiros por área trabalhada (1995);

X₄₆ - nível percentual de concentração de armazenagem (1995) (definido pela capacidade de armazenagem do município dividida pela capacidade total de armazenagem do Estado);

X₄₉- número de arados por área trabalhada (1995);

⁶ Empenhos de despesas é um procedimento contábil exigido, por lei, das autoridades públicas. Esses empenhos devem anteceder, necessariamente, à realização, propriamente dita, das despesas. Utilizou-se, neste trabalho, despesas empenhadas e não efetivamente realizadas, pois esse indicador melhor traduz a despesa relativa a determinado período (regime de competência), já que uma despesa pode ser empenhada em determinado período e realizada (paga) em outro. Conforme D'AMORE D.; CASTRO, S.A. de **Contabilidade bancária e pública**, 6ª edição, editora Brasiliense, 1978. 298p. empenho de despesa é o ato emanado de autoridade competente que cria para o Estado obrigação de pagamento pendente de implemento de condição.

X₅₀ - proporção de estabelecimentos que usam força animal (1995) e
X₅₁ - proporção de estabelecimentos que usam força mecânica
(1995).

Grupo 4: Indicadores de elementos agropecuários ⁷

X₄₄ - produtividade do trabalho rural (1995). Definida pela relação entre o valor da produção rural do município e o número médio de trabalhadores.(permanentes e temporários)

X₄₅ - intensidade da exploração rural (1995). Definida pelo Número médio de trabalhadores dividido pela área trabalhada;

X₄₇ - área explorada como proporção da área aproveitável (1995) (área explorada é a resultante da soma das áreas trabalhadas mais as áreas de pastagens naturais e as áreas com matas naturais) e

X₂₂ - área trabalhada como proporção da área aproveitável. Área trabalhada é resultante da soma das áreas com lavouras permanentes e temporárias; áreas com pastagens plantadas e áreas com matas plantadas. Área aproveitável por sua vez é definida pela soma da área trabalhada mais pastagens e matas naturais; lavouras em descanso e áreas produtivas não utilizadas.

Grupo 5: Indicadores Ambientais

X₁₆ - inverso da média da salinização vezes 1000, medida por mg/litro;

X₁₇ - inverso da média da salinidade ponderada pelo número de famílias atendidas e

X₁₈ - complementar do percentual de poços com teor de sal acima 1000mg/l de STD.

5.3.1.2 - Análise Fatorial

A análise simultânea de um conjunto de inúmeras variáveis correlacionadas exige a aplicação de uma metodologia capaz de simplificar um

⁷ A composição dos indicadores de elementos agropecuários é a mesma utilizada por HOFFMAN, R.(1992) ;REIS J.N.P.; LIMA, P.H.(1995).

grande vetor de dados em um conjunto reduzido de variáveis. A aplicação da análise fatorial permite essa simplificação, reduzindo esse grande vetor de dados correlacionados a um conjunto menor de variáveis não observáveis, denominadas fatores ortogonais, captando, entretanto, o máximo de variância das variáveis que lhes deram origem.

Tendo em vista os objetivos e o critério proposto neste trabalho, construiu-se uma matriz de 170 linhas e 53 colunas, cada linha correspondendo ao vetor de indicadores observados em cada um dos 170 municípios. Submetendo esse conjunto de variáveis observáveis a metodologia da análise fatorial atingiu-se os, já referidos, objetivos deste trabalho.

Segundo JOHNSON e WICHERN (1978), quando as variáveis explicativas de uma equação a ser ajustada apresentam significativo grau de intercorrelação, ou quando o objetivo é efetuar a classificação por intermédio da criação de um índice, o método mais indicado para a extração dos fatores é o dos componentes principais. Vale ressaltar, uma das vantagens desse método, quando comparado com os demais, é que não há a pressuposição da normalidade das variáveis⁸ envolvidas (JOHNSON e WICHERN, 1992)

Assim, a extração dos fatores que comporá a análise fatorial será feita pelo método dos componentes principais. Esse método apresenta-se como o mais adequado ao tipo de análise de que se ocupa este trabalho, com a vantagem, ainda, de ser de mais simples operacionalização.

A análise fatorial pode ser resumida em quatro etapas. A primeira consiste na determinação da matriz de correlação ou da matriz de variância-

⁸ Diz-se que existe normalização das variáveis quando há uma distribuição de valores em torno de sua média. Assim uma variável X , que tome os valores reais $-\infty < x < +\infty$, tem uma distribuição normal(ou Gaussiana) se sua função de densidade de probabilidade for da forma:
 $f(x) = 1/\sqrt{2\pi}\sigma \cdot \exp.(-1/2[x-\mu]^2/\sigma^2)$, $-\infty < \mu < +\infty$.

Os parâmetro μ e σ devem satisfazer às condições , $-\infty < \mu < +\infty$, $\sigma > 0$. Mais informações sobre o assunto ver MEYER, P.L. **Probabilidade**: aplicações à estatística; tradução do Prof. Rui C.B.Lourenço Filho. 2ª edição Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A 1983. 453p.

covariância das variáveis originais. Quando estas são medidas em escala e unidades, muito diferentes entre si, a análise fatorial deve ter como ponto de partida a matriz de correlação entre as variáveis. Não sendo esse o caso, pode-se, alternativamente, partir da matriz de variância-covariância. Em qualquer caso, o método de extração dos fatores é o dos componentes principais; adotam-se como fatores comuns os “*m*” primeiros componentes principais.

Antes de extrair esses fatores, porém, faz-se necessário verificar, a partir da matriz de correlação ou da matriz de variância-covariância, conforme o caso, a adequabilidade do conjunto de variáveis ao procedimento estatístico, a partir da análise da estrutura de interdependência das variáveis. A análise fatorial exige que as variáveis mantenham, entre si, determinado grau de correlação.

Portanto, um procedimento preliminar da análise fatorial é a verificação da estrutura de interdependência das variáveis, que é feita pela observação dos elementos da matriz de correlação ou de variância-covariância. Em se tratando do uso da matriz de correlação, a magnitude, em termos absolutos, dos elementos fora da diagonal principal, verifica-se o grau de correlação entre as variáveis (JOHNSON e WICHERN, 1992). Vale lembrar que, na matriz de correlação, os elementos da diagonal principal são sempre iguais à unidade e os elementos fora da diagonal principal variam no intervalo entre -1 e +1.

Esse procedimento, entretanto, é de aplicação difícil no caso de matrizes com grande número de linhas e colunas, dada a dificuldade de observação visual simultânea dos elementos fora da diagonal principal. Nesses casos, a seleção das variáveis pode ser feita, opcionalmente, utilizando-se a medida de adequação da amostra **MSA** (*measure of sampling adequacy*), a qual é obtida da seguinte forma:

$$MSA_i = \sum r_{ij}^2 \div (\sum r_{ij}^2 + \sum a_{ij}^2), \text{ com } i \neq j$$

onde r_{ij} e a_{ij} são, respectivamente, o coeficiente de correlação simples e o coeficiente parcial de correlação entre as variáveis i e j .

A consistência geral dos dados pode ser aferida pelo método de *Kayser Mayer Olkim*, calculando-se o índice conhecido como KMO. Por esse método, compara-se a magnitude dos coeficientes de correlação observados com os coeficientes de correlação parcial, obtendo-se o índice KMO. Este índice é calculado, portanto, do seguinte modo:

$$KMO = \frac{\sum \sum r_{ij}^2}{(\sum \sum r_{ij}^2 + \sum \sum a_{ij})}, \text{ com } i \neq j$$

O resultado será um número entre zero e um, sendo tanto melhor o índice quanto mais próximo de um. KLEINBAUM e KUPER (1978), citado por MEYER e SILVA. (1998), propõem o seguinte critério de avaliação do resultado do cálculo do KMO. Para esses autores o índice pode ser considerado aceitável se superior a 0,50, sendo tanto melhor quanto mais próximo de um, e inaceitável, abaixo desse valor. O procedimento, no caso de se apurar KMO não satisfatório, é retirar da análise as variáveis que não se apresentam ajustadas, as quais podem ser identificadas, calculando-se o índice MSA para cada uma das variáveis, e repetir a apuração do KMO até obter um índice com valor satisfatório.

Outro teste importante para verificar se a aplicação da análise fatorial é adequada para o conjunto de dados é o chamado teste de esfericidade de Bartlett. Por meio deste, pode-se saber se a correlação entre as variáveis é significativa e que, portanto, a variabilidade dos dados pode ser representada por um número pequeno de fatores. A aplicação da análise fatorial será adequada se o nível de significância for pequeno.

Vê-se, pois, que uma condição necessária para a aplicação da análise fatorial é a de que a matriz de correlação seja uma matriz não singular. Diz-se que uma matriz é não singular quando essa admite uma inversa.

Para se proceder à análise fatorial a partir da matriz de correlação, faz-se necessário, preliminarmente, efetuar a normalização das variáveis.

Normalizar as variáveis significa centrá-las em torno da média aritmética e medi-las em termos de unidades de desvio padrão.

Assim, seja z_i uma variável normalizada ou padronizada, então:

$$Z_i = (X_i - \mu) / \sigma_i = x_i / \sigma_i$$

Na qual σ_i é o desvio padrão da variável X_i , e μ a média aritmética das Indicadores X 's.

Com a normalização, as variâncias das variáveis assumem valor unitário e as covariâncias passam a expressar a correlação entre as variáveis originais. Com esse procedimento, a extração dos fatores será determinada pelas variáveis mais bem correlacionadas com as demais e não por aquelas que apresentem maior variabilidade (variância), o que poderia ocorrer caso não fosse feita a normalização dos dados.

Vale lembrar que os fatores explicam parte da variabilidade total dos dados originais, a qual é expressa por meio da soma das variâncias das variáveis. Sem a normalização dos dados, as variáveis originais com maior variabilidade em razão do seu valor absoluto poderão predominar na construção dos fatores, em detrimento de outras variáveis com menor variabilidade que aquela, embora esta seja mais bem correlacionada com as demais variáveis.

Concluídos esses procedimentos preliminares, inicia-se uma segunda etapa da análise fatorial que consiste na extração dos fatores que representarão o conjunto de dados. Um fator é uma combinação linear das variáveis originais. A extração dos fatores é feita de acordo com a magnitude da variância das variáveis que é captada pelo fator, de tal modo que o primeiro fator extraído é a combinação linear das variáveis originais com variância máxima existente na amostra; o segundo, a combinação linear com a máxima variância remanescente; e assim sucessivamente.

Não há critérios definidos quanto ao número mais adequado de fatores que devem representar determinado conjunto de variáveis. Todavia, os fatores devem ser em número suficientemente reduzido, mas que, em conjunto, captem a maior percentagem possível das variâncias das variáveis selecionadas. Ao pesquisador, portanto, cabe, com base em considerações de ordem teórica, em resultados experimentais anteriores e de acordo com os objetivos do estudo, definir o número de fatores (JOHNSON E WICHERN, 1992).

Alguns autores, entretanto, como LAWLEY (1940) e KAISER (1960) propõem critérios estatísticos para determinar a quantidade ideal de fatores. Para KAISER (1960), só se deve extrair aqueles fatores que apresentarem raízes características (*eigenvalues*) superiores à unidade. As raízes características são resultados da soma do quadrado das cargas fatoriais dos fatores e refletem a importância relativa de cada fator. A razão entre uma raiz característica e a soma das variâncias (ou o número das variáveis, na matriz de correlação) mostra a proporção da variância total do modelo que é explicada pelo fator.

As cargas fatoriais expressam as covariâncias entre cada fator e as respectivas variáveis originais. No caso da matriz de correlação (variáveis padronizadas), as cargas fatoriais correspondem às correlações entre os fatores e as variáveis originais.

Outro parâmetro importante nessa fase de extração dos fatores é a comunalidade das variáveis. Esta expressa, por meio de um índice, o quanto da variância de cada variável é explicado pelos fatores. Desse modo, quanto mais próximas de um estiverem as comunalidades, melhor ajustado estará o modelo.

A correlação de cada variável com os fatores é expressa, em termos algébricos, por:

$$x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{in}F_n + e$$

Cada variável observada (X_1, X_2, X_n) é expressa como combinação linear dos fatores, mais um termo residual (e) que representa a parte não

explicada pelos fatores. Os fatores(F_i), por sua vez, são combinados por meio das cargas fatoriais, representadas pelas constantes "a".

A terceira etapa da análise fatorial consiste na transformação ortogonal, ou simplesmente rotação, da matriz das cargas fatoriais. Essa rotação pode ser feita por diferentes métodos, dentre os quais o varimax é o mais usado. A rotação visa a deixar as variáveis, que compõem um determinado fator, mais fortemente correlacionadas entre si e com maior grau de independência em relação às variáveis que compõem os outros fatores. Com isso consegue-se dar melhor significado interpretativo para os fatores. Com a rotação, ocorre uma alteração na contribuição individual dos fatores na explicação da variância das variáveis, porém a proporção da variância total explicada pelo conjunto dos fatores permanece a mesma.

A quarta etapa da análise fatorial, finalmente, consiste na determinação da matriz dos escores fatoriais. A matriz dos escores fatoriais é resultado do produto da matriz dos coeficientes fatoriais com a transposta da matriz das variáveis padronizadas. A matriz dos coeficientes fatoriais, por sua vez, é obtida da multiplicação da transposta da matriz de cargas fatoriais com a inversa da matriz de correlações simples entre as variáveis utilizadas na análise KLEINBAUN e KUPPER (1978):

$$EF = A^t \cdot R^{-1} \cdot X^t,$$

onde EF é a matriz dos escores fatoriais; A^t , a transposta da matriz das cargas fatoriais; R^{-1} , a matriz inversa da matriz de correlação; e X^t , a transposta da matriz dos dados originais padronizados.

Os escores fatoriais de cada fator possuem distribuição normal, com média zero e variância unitária e, desse modo, podem ser utilizados para indicar a posição relativa de cada observação relativamente ao conceito expresso pelo fator. Quanto mais distante de zero, positivamente, for o escore fatorial daquela observação, melhor será a posição relativa daquela observação, naquele fator.

A partir da matriz dos escores fatoriais, portanto, é possível construir-se um índice para hierarquizar as observações, ponderando adequadamente os escores de cada fator.

5.3.1.2.1. O modelo algébrico da análise fatorial

Feita a descrição das diferentes etapas da análise fatorial, apresenta-se a seguir o modelo de análise fatorial em termos algébricos. Assim, sendo “n” um conjunto de variáveis em que cada uma corresponda a uma combinação linear de “m” fatores e um fator único ou específico à variável em questão, tem-se que:

$$Z_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + d_1u_1$$

$$Z_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + d_2u_2$$

.

.

$$Z_n = a_{n1}F_1 + a_{n2}F_2 + \dots + a_{nm}F_m + d_nu_n$$

Ou, ainda, de forma compacta:

$$Z_j = \sum a_{ji}F_i + d_ju_j, \quad (j=1,2,\dots,n); (i=1,2,\dots,m)$$

Sendo $m < n$ e onde:

Z_j é a j-ésima variável padronizada;

a_{ij} é a carga fatorial referente ao i-ésimo fator comum da j-ésima variável;

F_i é o i-ésimo fator comum;

u_j é o coeficiente de saturação referente ao j-ésimo fator específico da j-ésima variável;

d_j é o j-ésimo fator específico da j-ésima variável.

Na forma de equação matricial, tem-se que:

$$Z = AF + DU$$

Onde:

$$Z = \begin{vmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1m} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \dots & Z_{nm} \end{vmatrix} \quad A = \begin{vmatrix} A_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ A_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{vmatrix}$$

$$F = \begin{vmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1m} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \dots & f_{nm} \end{vmatrix} \quad U = \begin{vmatrix} U_{11} & U_{12} & \dots & U_{1m} \\ U_{21} & U_{22} & \dots & U_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ U_{n1} & U_{n2} & \dots & U_{nm} \end{vmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} d_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & d_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & d_n \end{vmatrix}$$

Onde:

Z é a matriz das variáveis originais, padronizadas;

A é a matriz das cargas fatoriais;

F é a matriz dos fatores comuns;

U é a matriz dos coeficientes de saturação dos fatores específicos;

D é a matriz dos fatores específicos.

Vale ressaltar que, por definição, a matriz dos fatores (F) acima é uma matriz identidade, isto é, os elementos da diagonal principal são todos unitários e os elementos fora da diagonal principal são todos nulos. Isso significa dizer que não existe correlação linear definida entre os fatores.

Sobre a condição de que “m” seja menor do que “n”, cumpre esclarecer que o número de fatores é, por definição, igual ao número de variáveis, portanto, “m” seria igual a “n”. Entretanto, o objetivo da análise fatorial é justamente reduzir as variáveis a um conjunto menor de fatores e, desse modo, busca-se na análise fatorial extrair o menor número possível de fatores, preservando o poder de explicação do modelo.

5.3.1.2.2 Construção de um índice

Conforme assinalado, é possível construir-se índices destinados a hierarquizar os municípios, observando suas posições relativas em relação aos conceitos expressos pelos fatores. Assim, a construção desses índices é feita a partir da matriz dos escores fatoriais e pode se dar pela soma, simples ou ponderada, dos escores, pertencentes a uma mesma observação.

Como os fatores captam em níveis diferentes as variâncias das variáveis, uns mais e outros menos, é razoável que, na construção de um índice envolvendo todos os fatores, seja utilizado critério de ponderação capaz de conferir a cada fator sua importância relativa. No caso, a raiz característica, por expressar a capacidade de cada fator em captar a variância das variáveis, se presta ao papel de termo de ponderação.

Vale lembrar que os escores fatoriais possuem distribuição normal, com média zero e variância unitária e, desse modo, assumem valores positivos e

negativos. Os índices obtidos na forma acima, portanto, podem assumir valores positivos e negativos, o que dificulta sua comparabilidade. Um procedimento geralmente usado para contornar essa dificuldade é realizar uma mudança de base dos dados por meio de interpolação. Assim, atribuindo-se valor 100 para o maior índice e zero para o menor, tem-se:

$$X_{i(100)} = [(X_i - X_{(\min)}) / (X_{(\max)} - X_{(\min)})] \cdot 100$$

onde:

$X_{i(100)}$ = Índice interpolado da i-ésima observação;

X_i = índice da i-ésima observação;

$X_{(\min)}$ = menor índice obtido

$X_{(\max)}$ = maior índice obtido

5.3.1.3- Análise de Agrupamento

Obtidos os índices, pode-se, ainda, efetuar um procedimento conhecido como análise de agrupamento ou análise de cluster. Trata-se de um recurso metodológico que visa a agrupar em classes um conjunto de informações, de forma que os dados dos grupos formados sejam os mais similares possíveis e os grupos sejam os mais diferentes possíveis uns dos outros.

O agrupamento de informações em classes pode ser realizado aplicando-se diferentes técnicas. CORMACK (1971), citado por BASSAB (1990), classifica as técnicas de agrupamento conhecidas em três grupos, a saber:

- a) técnicas hierárquicas - as informações são classificadas em grupos, em diferentes etapas, de modo hierárquico, produzindo uma árvore de classificação;

- b) técnicas de partição - os agrupamentos obtidos produzem uma partição direta do conjunto de informações; e
- c) técnicas de cobertura - os agrupamentos obtidos recobrem o conjunto de informações, mas podem sobrepor uns aos outros.

A utilização de uma ou outra técnica depende da natureza dos dados a analisar e dos objetivos que se pretende atingir. Para os objetivos deste trabalho, a técnica de partição é a mais apropriada.

Dentre as técnicas de partição, a mais comum usa como critério de agrupamento a soma dos quadrados das distâncias euclidianas entre as observações de cada classe e o centro dessa classe, a exemplo do que é feito na análise de variância (BASSAB, 1990). Realizam-se sucessivas interações até encontrar uma combinação ótima. Trata-se de algoritmo de agrupamento conhecido como algoritmo das K-médias.

Há técnicas para identificar a quantidade ótima de classes em que um determinado conjunto de dados pode ser distribuído. Isto é, a quantidade de classes em que as informações dentro de cada grupo são as mais similares possíveis e os grupos são os mais dissimilares entre si. Todavia, o objetivo de se realizar a partição nem sempre é obter esse resultado ótimo. Geralmente busca-se apenas organizar as informações de modo a facilitar sua análise. Nessas situações, o número de classes é especificado pelo próprio pesquisador, de maneira a melhor atender aos objetivos da pesquisa (BASSAB, 1990).

Assim, seja $P(j)$ a j -ésima classe de agrupamento, tem-se que:

$$p(j) = \{o_i(j)\}, \text{ com } 1 \leq i \leq n_j\}$$

onde

$p(j)$ – classe de agrupamento j ;

$o_i(j)$ - coordenada i , da classe j ; e

O centro de cada classe de agrupamento será a média das coordenadas de seus elementos. A soma dos quadrados residuais dentro do j-ésimo grupo $SQRes(j)$ será dada por:

$$SQRes(j) = \sum d^2 [o_i(j); \bar{o}(j)] \quad [1 \leq i \leq n_j]$$

Onde

$\bar{O}(j)$ é a média das coordenadas dos elementos "j" e d^2 é o quadrado da distância euclidiana do elemento "i", da classe "j", ao seu centro;

Para a partição como um todo, a soma dos quadrados residuais será:

$$SQRes = \sum SQRes(j), \text{ com } [1 \leq i \leq n_j]$$

Quanto menor for o valor de d^2 , menor será a $SQRes(j)$ e, portanto, mais homogêneos serão os elementos dentro da classe e melhor será a partição processada.

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO⁹

A coleta de dados das estatísticas disponíveis resultou na seleção de 60 variáveis originais que, após composição, resultaram em 53 variáveis derivadas. Estas contemplam aspectos econômicos, sociais e ambientais, inclusive o teor de sal observado nas águas disponíveis para o abastecimento das populações dos 170 municípios estudados.

Esses variáveis, quando submetidas aos procedimentos preliminares de adequação dos dados à metodologia de análise fatorial, foram em parte eliminadas. Assim, o modelo foi construído com vinte variáveis remanescentes, porém há de se realçar que mantiveram o poder de expressão dos aspectos socioeconômicos e ambientais considerados (tabela 1).

Tabela 1: Variáveis utilizadas no modelo.

Variáveis	Descrição das variáveis
X1	Taxa de escolarização do ensino fundamental (1998)
X2	Percentual de alunos aprovados no ensino fundamental (1998)
X3	Complementar de alunos evadidos no ensino fundamental (1998)
X4	Número de médicos por 1000 habitantes (1998)
X5	Número de dentistas por 1000 habitantes (1998)
X6	Número de empresas industriais ativas por 1000 habitantes (1998)
X7	Número de empresas comerciais por 1000 habitantes (1998)
X8	Número de empresas prestadoras de serviços por 100 habitantes (1998)
X9	Valor, <i>per capita</i> , arrecadado de ICMS (1998)
X10	Valor adicionado do ICMS, <i>per capita</i> (1998)
X11	Produto Interno Bruto a preço de mercado, <i>per capita</i> (1998)
X12	Percentual de crianças de zero a 11 meses só mamando (1998)
X13	Complementar de percentual de crianças de zero a 11 meses subnutridas (1998)
X14	Complementar de percentual de crianças de 12 a 23 meses subnutridas (1998)

⁹ Para efetuar a análise fatorial, utilizou-se o programa de computador Statistical Package for Social Science (SPSS 8.0).

Continuação da tabela 1

X15	Participação (%) da produção agrícola total do município sobre o valor total da produção do Estado(1995)
X16	Inverso da média da salinização vezes 1000, medida por mg/litro (1999)
X17	Inverso da média da salinidade ponderada pelo número de famílias atendidas (1999)
X18	Percentual de poços com teor de sal acima 1000mg/l de STD
X19	Participação (%) da produção vegetal do município sobre o total da produção vegetal do Estado (1995)
X20	Participação (%) da produção animal do município sobre o total da produção animal do Estado (1995)

Esses procedimentos preliminares consistiram em identificar um conjunto de variáveis que apresentassem graus de correlação, expresso pelo índice de Kayser-Meyer-Olkin (KMO), compatíveis com os parâmetros necessários à aplicação da metodologia proposta¹⁰. O índice KMO obtido foi de 0,69, revelando que esse conjunto de variáveis se ajusta bem ao procedimento de análise fatorial, conforme discutido no capítulo destinado à parte metodológica.

Em reforço, foi realizado o teste de Bartlett, tendo-se obtido o seguinte resultado: qui quadrado de 1.497,527; graus de liberdade de 190 e nível de significância = 0,000. Esse teste mostrou, assim, que a matriz de correlação é estatisticamente diferente de uma matriz identidade significando que as variáveis se apresentam suficientemente correlacionadas entre si, corroborando o resultado obtido pelo índice de KMO. Vale ressaltar, ainda, que todas as variáveis envolvidas na análise apresentaram *comunalidade* superior a 0,5, mostrando que mais da metade da variância das variáveis é reproduzida pelos fatores.

Da aplicação da metodologia proposta foram obtidos sete fatores com raízes características superiores à unidade, a saber: 2,66; 2,64; 2,57; 1,94; 1,76; 1,46 e 1,42. Esses fatores, em conjunto, explicam 72,22% das variâncias das variáveis selecionadas (Tabela 2).

¹⁰ É importante destacar que o procedimento de adequação da amostra aos requisitos da análise fatorial se deu a partir da MAS (measure of sampling adequacy). Assim foram eliminadas as variáveis que apresentaram MAS inferior a 0,30. A cada nova seleção, repetia-se o procedimento até obter o KMO aceitável. Isto é, acima de 0,50.

Visando a uma melhor definição dos conceitos dos fatores obtidos, processou-se a rotação ortogonal desses fatores, pelo método VARIMAX¹¹, o qual apresentou melhores resultados, isto é, melhor definiu a correlação entre os fatores e as variáveis. Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 2.

Essa mostra o grau de correlação das variáveis com cada fator. Vale lembrar que o conceito de cada fator é definido pelas variáveis que se apresentam mais fortemente correlacionadas com esse fator. Assim, o fator 01 foi definido pelas variáveis: Var 10 – Valor Adicionado do ICMS e Var 11 – Produto Interno Bruto, Var 06 – Empresas Industriais Ativas e Var 08 – número empresas ativas de prestação de serviços, as quais expressam o potencial econômico do município; o fator 02 foi definido pelas variáveis: Var 16 – média da salinidade, Var 17 – média da salinidade ponderada pelo número das famílias atendidas e Var 18 – percentual de poços com teor de sal acima de 1000mg/l de STD, as quais traduzem a qualidade da água definida pelo teor de sal, e assim sucessivamente.

Tabela 2- Matriz das cargas fatoriais, após a rotação (varimax)

Variáveis	Fator 01	Fator 02	Fator 03	Fator 04	Fator 05	Fator 06	Fator 07
Var 11	0,919205	0,090936	-0,01246	0,1288	0,11115	0,047909	-0,00261
Var 10	0,913333	0,041032	0,016398	0,061506	0,068762	0,047849	-0,00431
Var 06	0,631279	-0,03719	0,205578	0,055692	-0,03502	0,154333	0,413731
Var 08	0,551095	0,050343	0,221433	0,073712	0,1625	0,009424	0,551083
Var 16	0,055562	0,960559	0,045093	-0,01939	-0,00909	0,013859	0,026545
Var 17	-0,00418	0,904799	-0,00156	-0,09462	0,055697	-0,0142	-0,03395
Var 18	0,063564	0,883048	0,031427	-0,00698	-0,02379	0,030284	0,133436
Var. 15	0,174545	0,006164	0,884994	0,100464	-0,03204	-0,01656	0,074132

¹¹ Para mais informações, ver Kaiser (1958) The Varimax Criterion for Analytic Rotation in Factor Analysis. *Psychometrika* 23:187-200.

Continuação da tabela 2

Variáveis	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Var 13	0,13207	-0,02228	0,098733	0,87451	0,118114	0,08381	-0,05759
Var 14	0,2302	-0,06055	0,131421	0,81137	0,231398	0,04762	-0,08429
Var 12	-0,15696	-0,08415	-0,18406	0,614182	-0,02672	0,144473	0,408945
Var 04	0,185792	-0,03492	-0,06312	0,139292	0,825383	-0,0411	0,075759
Var 05	0,028691	0,111243	-0,1207	0,143672	0,799872	-0,14002	-0,00225
Var 01	-0,04433	-0,11824	0,210195	0,005457	0,492775	0,450258	0,138807
Var 03	0,095689	0,022332	-0,15878	0,069449	-0,04069	0,764439	0,027691
Var 02	0,068446	0,040204	0,024422	0,104095	-0,0876	0,750913	-0,12394
Var 07	0,115889	0,124054	0,19695	-0,03783	0,084469	-0,11927	0,802063

Fonte: Dados da pesquisa

A tabela 3, abaixo, apresenta os conceitos atribuídos a cada fator, bem como as variáveis com melhor grau de correlação com esse fator e que, conforme escrito lá, define o seu conceito.

Tabela 3: Fatores utilizados, Indicadores explicativas de cada fator, raiz característica associada a cada fator; variância explicada pelo fator; variância acumulada e conceito expresso pelo fator.

Fator	Indicadores que definem os fatores	Raiz Característica	Variância explicada pelo fator	Variância acumulada	Conceito expresso pelo fator
1	X ₁₁ , X ₁₀ , X ₆ , X ₈	2,658925	13,29463	13,29463	Potencial econômico
2	X ₁₆ , X ₁₇ e X ₁₈	2,643354	13,21677	26,5114	Potabilidade da água, definida pelo teor de sal
3	X ₁₅ , X ₂₀ e X ₁₉	2,571212	12,85606	39,36746	Nível de produção agropecuária
4	X ₁₃ , X ₁₄ , X ₁₂	1,937965	9,689826	49,05728	Nutrição infantil
5	X ₄ e X ₅	1,75507	8,775349	57,83263	Saúde, expresso pela disponibilidade de profissionais da saúde
6	x ₃ e x ₂	1,462833	7,314167	65,1468	Escolaridade
7	x ₇	1,41527	7,076349	72,22315	Nível de atividade comercial

Fonte: Dados da pesquisa

Vale ressaltar que os conceitos atribuídos a cada fator dependem da análise dos dados constantes da matriz das cargas fatoriais, de tal modo que esse conceito será tanto mais definido quanto maior for a identidade entre as variáveis que definem o fator. Assim, por exemplo, se as variáveis que definem o fator são todas representativas de dados indicadores de saúde, pode-se, com segurança, atribuir a esse fator conceito relacionado à saúde. Por outro lado, se as variáveis que definem o fator representam, cada uma, aspectos diferentes tais

como saúde, educação e atividade econômica, a definição de um conceito para o fator poderá não ser tão simples, como no exemplo anterior, o que não significa que não se possa definir um conceito para esse fator. No presente caso, as variáveis que definem cada um dos sete fatores apresentam suficiente grau de consistência entre si que permitiram uma definição bastante clara para esses fatores.

Na seqüência, processou-se a extração da matriz dos escores fatoriais a partir da qual foram construídos os índices que serviriam de base para a hierarquização dos municípios.

Conforme explicitado no capítulo destinado à metodologia, a matriz dos escores fatoriais foi obtida pelo produto da transposta da matriz das variáveis padronizadas com a matriz dos coeficientes fatoriais. Esta, por sua vez, foi obtida pelo produto da transposta da matriz das cargas fatoriais com a inversa da matriz de correlação simples entre as variáveis utilizadas na análise. A tabela 4, abaixo, mostra a matriz dos escores fatoriais.

Tabela 4 – Matriz dos escores fatoriais

Municípios	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Abaiara	0,07216	2,40593	-0,66566	0,08675	0,43268	-0,62303	-1,77759
Acarapé	1,16029	-0,57249	-0,79251	0,17192	-0,30886	2,08436	-0,41936
Acarau	-0,48804	1,53628	0,62901	0,03491	-0,27693	-0,49115	0,20685
Acopiara	-0,10474	-0,38352	0,78744	-0,13438	0,26988	-0,26692	0,59767
Aiuaba	-0,48696	-0,49845	-0,11371	0,85746	-0,86398	-1,47239	-1,21761
Alcântara	-0,96564	1,39595	-0,85432	-0,39287	1,05563	0,72589	-0,17708
Altaneira	-0,25111	-0,08958	-1,41391	-0,57638	-0,35891	-0,41175	0,43499
Alto Santo	0,26619	-0,62541	0,27425	1,16073	-0,09525	-0,41463	-0,7225
Ameiroz	0,10169	-0,50798	-0,28431	-0,08349	-0,78313	-0,97031	-1,2297
Amontada	-0,68627	0,27715	-0,46479	-0,83466	0,15053	1,0181	-0,56786
Antonina do Norte	-0,20053	0,47501	-1,11499	-0,64473	1,02531	-0,13018	0,76485
Apuiarés	-0,31359	-1,19723	2,30855	-1,02491	1,856	0,18814	-2,02374
Aquiraz	0,18583	1,36908	2,89885	1,89674	-0,57107	-0,75741	-1,05663
Aracati	0,57449	-0,31547	0,51977	1,00228	0,00721	1,10978	0,81297
Aracoiaba	-0,38394	-1,0474	-0,1147	-0,4129	1,41454	-0,50253	-0,304
Ararendá	-0,48813	-0,72558	-0,7265	-4,35594	-0,42368	-0,30486	0,90197
Araripe	-0,6662	-0,08873	-0,21591	0,17365	0,64459	0,12602	0,01183
Aratuba	-0,91689	1,10912	-0,15635	0,79111	2,36802	-1,17496	-1,12102
Assaré	0,03629	-0,08589	0,29539	-1,08427	0,69969	-1,55729	-0,63958
Aurora	-0,29043	0,70723	0,18623	-0,49044	1,01174	-1,2054	-0,5527
Baixio	-0,54136	0,45813	-1,08805	0,67138	2,13678	-1,03332	0,28015

Continuação da tabela 4

Municípios	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Banabuiú	0,09536	-0,5294	-0,05456	0,03443	-0,32424	0,37231	-1,37031
Barreira	-0,19054	-1,01057	0,21101	0,63262	-0,37846	0,4021	-1,06258
Barro	-0,31561	1,40669	0,34017	-0,0574	1,70864	-0,49341	-0,44527
Barroquinha	0,0279	1,6927	-0,46276	-1,11141	-1,01303	0,64363	-2,01347
Baturité	-0,09152	-0,43945	-0,05351	1,14585	-0,23977	-0,72109	1,18165
Beberibe	-0,42784	-0,45755	0,1928	0,90482	0,94019	0,13721	-0,34524
Bela Cruz	-0,24635	1,10887	0,33221	-0,38396	-1,83943	0,46195	0,25957
Boa Vaigem	-0,37607	-0,7928	1,38893	0,26446	-0,48821	0,20923	0,5938
Brejo Santo	-0,06881	1,71535	0,54192	0,66682	3,54598	-0,8751	0,30849
Camocim	0,24779	0,15662	0,32694	0,16551	-0,16441	0,00081	0,27283
Campos Sales	-0,36951	-0,4723	-0,21226	-0,44268	2,18208	-0,65965	1,31228
Canindé	0,28787	-1,22182	2,06647	-2,17348	0,04765	0,32365	0,59833
Capistrano	-0,7406	-0,93759	-0,46131	1,0211	-0,13859	0,40265	-0,24156
Caridade	-0,4627	-0,97152	-0,62779	-0,01378	0,52858	-0,94576	-0,16869
Cariré	-0,47387	-0,48856	-0,49128	-1,22064	-1,5208	-1,13823	0,29444
Cariús	-0,60389	0,95181	0,11605	0,93485	0,1767	-2,41489	0,12689
Carnaubal	-0,378	1,42091	-0,77943	-0,77133	-1,06332	2,32406	0,99299
Cascavel	0,06438	-0,19402	1,3712	1,47768	0,5758	0,58472	-0,02012
Catarina	-0,02583	-0,6637	-0,6729	-0,18491	-2,43902	-1,64859	-0,48353
Catunda	0,1422	-0,10822	-0,9492	0,45498	-1,15941	-1,02299	-0,52278
Caucaia	0,79192	-0,36332	2,21192	-0,53151	0,85297	0,18098	-1,1673
Cedro	0,03661	0,00439	0,13391	0,55532	0,25241	0,32303	1,76005
Chaval	0,53187	-0,66715	-0,98607	-0,00175	-0,32519	-0,60264	0,57968
Choro	-0,67777	-0,92541	-0,41316	0,81803	1,90839	-1,12132	-2,00672
Chorozinho	0,00238	-0,87769	0,20386	0,60568	-0,27336	0,28089	-0,2842
Coreaú	-0,59464	0,02944	-0,6208	-0,62059	-0,56363	0,67517	0,18174
Crateús	-0,07328	-0,2436	1,04773	0,3667	0,73993	0,39625	1,31071
Croata	-0,92986	1,79143	-0,58148	0,0401	-0,75909	1,36069	-0,45751
Dep. Irapuan Pinheiro.	-0,19582	0,46308	-0,95871	0,82362	-1,61094	1,25761	-0,9851
Ererê	-0,27936	-0,4296	-0,66413	0,52412	0,04593	1,3182	-1,17007
Eusébio	8,05123	1,92023	-1,86069	-0,37217	0,19542	-0,96261	-1,26644
Farias Brito	-0,52758	0,64205	0,10422	-0,73828	-0,25774	0,9122	0,19617
Forquilha	-0,31688	-0,67916	-0,38799	-1,03885	-0,78478	0,82401	0,71289
Fortim	0,34437	-0,70291	-1,00614	0,98162	0,94363	1,6239	-0,87877
Freicheirinha	0,80602	0,08776	-0,36453	-0,0532	-0,95993	0,0568	0,75994
General Sampaio	0,49565	-1,08405	-1,20279	0,08285	0,30493	0,96821	-1,5949
Graça	-0,72836	0,85771	-0,85757	-0,70733	-0,95572	2,28595	-1,3823
Granja	-0,25064	0,68834	0,14668	-1,64635	-1,99122	-2,45202	0,08157
Groaíras	-0,42453	-0,28923	-1,44783	0,08292	-0,34051	-0,48548	1,25599
Guaiúba	0,30826	-0,63765	-0,72698	1,30706	0,30357	-1,99166	-0,79935
Guaraciaba do Norte.	-0,69046	2,64403	0,99449	0,96552	-1,31184	-0,51259	0,30732
Guaramiranga	-0,1615	1,0315	-1,10354	0,56582	-0,18913	2,12116	-0,72894
Hidrolândia	-0,6675	0,00366	-0,47619	-1,06031	0,19094	0,13427	2,23238
Horizonte	4,3487	-0,18943	0,97047	0,23203	-0,67213	0,58439	-0,47062
Ibaretama	-0,36646	-1,33167	-0,23576	-1,3452	0,83218	0,61219	-0,86255
Ibicutinga	-0,35074	-1,25926	-0,64307	0,04518	0,82755	-1,51393	-0,54169
Icapuí	1,61287	0,01473	-0,73688	1,42828	-0,43234	0,77222	0,48602
Içó	-0,50726	-0,23369	1,10619	-0,64582	-0,67905	-0,34804	0,9629

Continuação da tabela 4

Municípios	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Iguatu	1,25414	0,76763	1,18493	-0,03688	0,69422	1,37595	3,1573
Independência	-0,22871	-0,45106	0,79172	0,40693	-0,23204	0,21756	1,0394
Ipaporanga	-0,59296	-0,28089	-1,01117	-0,29693	0,02379	0,94566	-0,20595
Ipaumirim	0,68874	0,37157	-1,16125	-0,65688	0,35361	-0,90171	3,42114
Ipu	-0,65964	1,35156	0,54306	0,55933	0,31222	0,10967	0,56578
Ipueiras	-0,90537	0,19343	0,93261	-0,15779	0,41356	0,91108	-0,48902
Iracema	0,14071	-0,19719	-0,81547	0,29557	1,26551	-0,39625	1,70039
Irauçuba	-0,21262	-1,14889	0,43244	-0,83706	0,1005	0,16345	-0,61825
Itaíçaba	-0,48055	-0,17191	-0,87848	1,12063	0,90462	1,70753	-0,00475
Itaitinga	-0,01169	-0,39652	-0,4288	1,07628	0,73174	-0,57396	0,02025
Itapajé	1,42547	-0,68752	0,42266	-0,32325	-0,62386	0,90013	0,35759
Itapipoca	0,45623	-0,45786	1,90575	-0,43288	-0,7631	0,71837	-1,00805
Itapiúna	-0,18774	-1,32668	-0,90201	0,88974	0,12351	-0,18855	0,00263
Itarema	-0,58309	0,39282	0,62111	0,83805	-0,72864	-0,18791	0,39988
Itatira	-0,42661	-0,94151	0,44101	-3,41605	0,89763	0,9343	-0,60346
Jaguaretama	-0,06335	-1,05193	0,65499	0,77484	0,42598	0,56707	0,356
Jaguaribara	-0,20768	-0,22355	-0,86606	-0,1424	1,55941	0,11422	1,39271
Jaguaribe	0,91045	-0,48266	1,07347	-0,39579	0,01948	0,4212	2,12337
Jaguaruama	0,85166	-0,23786	2,05348	1,00497	-1,95817	0,43301	-0,26512
Jardim	-0,77168	1,60214	0,6536	0,85134	0,52199	-0,0994	-0,90309
Jati	-0,08683	0,39074	-0,61736	1,0173	3,17541	-0,60672	-1,15611
Juazeiro do Norte	1,91132	3,00689	-0,49356	-0,72929	0,38339	-0,16737	1,6363
Jucás	-0,45055	0,0709	-0,2337	1,09331	-0,27572	1,94245	0,41233
L. da Mangabeira	-0,47445	0,41695	0,72896	-0,05736	-0,23925	0,77637	-0,32615
Limoeiro do Norte	0,99591	-0,42447	1,89141	1,02133	-0,28059	-0,32095	1,8519
Madalena	-0,32475	-0,88818	0,11774	1,08824	-0,58558	0,22127	-1,34491
Maracanaú	4,97248	-0,15799	-1,25433	0,70828	-0,20989	0,29058	-1,0944
Maranguape	0,98127	-0,88989	2,19606	0,04783	-0,45914	-0,02822	-0,84954
Marco	0,56028	-0,20388	-0,94886	-0,94411	-0,33212	-0,16665	2,18008
Martinópolis	-0,89948	-0,52907	-0,81773	-1,21544	0,08928	1,21526	1,041
Massapé	-0,32643	-0,40105	0,54131	-2,31038	-0,4802	0,74342	-0,22607
Mauriti	-0,75694	4,0111	1,48192	-0,47912	1,28657	-0,04859	-0,97488
Meruoca	-0,31358	-0,63926	-0,57889	0,7979	-1,3276	-0,00309	-0,59945
Milagres	-0,43581	2,88234	0,48809	0,5834	0,98301	0,51745	-0,59964
Milha	-0,42021	-0,87712	-0,34565	0,83351	-1,01366	1,00048	0,36523
Miraíma	-0,32889	2,01207	-0,42568	-1,46454	0,50596	1,15464	-1,8635
Mombaça	-0,0959	0,10908	1,04186	-0,50412	-0,61436	-2,21398	-0,52849
Monsenhor Tabosa	-0,18635	-0,66535	0,04998	-0,673	-0,22735	-0,97775	-0,36312
Morada Nova	0,25787	-1,25118	1,986	1,14798	-0,14541	-0,42024	-0,40276
Moraújo	-0,02941	-0,33249	-1,17657	-0,66973	-0,616	-0,45611	-0,46112
Morrinhos	-0,17505	-0,88872	-0,01474	-1,13713	-0,64467	-0,72934	-0,52408
Mucambo	-0,73906	0,74448	-0,74475	0,02882	-1,15181	1,20632	0,11471
Mulungu	-0,72778	0,87914	-0,32144	1,11399	-0,18136	-0,1536	-0,12868
Nova Olinda	0,35323	0,4402	-0,88575	-1,48631	0,42737	-0,69863	1,03477
Nova Russas	-0,144	-0,31639	-0,12419	-0,53056	-0,8014	-0,1196	2,58904
Novo Oriente	-0,51074	-0,20104	-0,12578	-1,0436	-1,18617	-0,44069	0,82487
Ocara	-0,64385	-1,13809	0,2078	1,6448	-0,37498	-0,15022	-0,57361
Orós	-0,156	0,00357	-0,37976	0,3463	-0,67519	0,88281	1,46768
Pacajus	2,45926	-0,38837	1,45841	-2,23609	1,59094	-0,05845	-0,31837

Continuação da tabela 4

Municípios	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Pacatuba	-0,09708	-0,43786	0,32185	1,54919	-1,03327	-0,62936	-0,7788
Pacoti	-0,53392	1,12518	0,20221	0,62322	-0,20113	1,68856	0,00175
Pacujá	0,33066	0,24282	-1,5217	0,5527	-1,6612	0,67744	-0,26045
Palhano	0,28118	-1,36959	-1,22235	0,96475	-0,34975	0,72272	-0,12787
Palmácia	-0,41472	-0,40057	-0,49956	0,64999	2,30556	1,16922	-0,84192
Paracuru	1,48445	0,36914	-0,51132	0,4702	-0,38437	0,38545	0,33422
Paraipaba	-0,00712	1,40148	0,18498	1,49308	-1,33256	-0,53779	0,71371
Parambu	0,03644	-0,0576	1,29678	-1,02357	-0,78027	-1,50619	-1,25006
Paramoti	0,39261	-0,80872	-0,45008	-2,11224	0,19193	-0,53265	-0,88839
Pedra Branca	-0,67817	-0,70658	0,49442	-0,0929	0,03585	-0,0199	0,62353
Penaforte	-0,09534	1,00592	-1,39231	0,27343	2,44238	0,39288	-0,16626
Pentecoste	-0,39625	-1,14671	0,01341	-0,42429	0,6626	0,47666	0,35808
Pereiro	-0,05837	-0,61971	-0,76557	0,79143	-0,68467	0,28248	0,34602
Piquet Carneiro	-0,61767	-0,68596	-0,54175	0,80149	1,25988	-0,7011	0,22758
Pires Ferreira	-0,717	0,2082	-0,80636	0,27029	-0,81306	-0,30713	-0,49735
Poranga	-0,31136	3,1754	-1,07387	-1,37756	-0,23546	-1,65901	0,07144
Potengi	-0,20265	0,08811	-1,0502	0,43913	0,33027	-3,08334	1,30591
Potiretama	0,93161	-1,03263	-1,97055	0,32648	0,0117	-0,5292	-1,82208
Quiterianópolis	-0,58967	0,04158	0,28755	1,20928	-1,40679	0,68672	-0,57141
Quixadá	1,01906	-1,35684	3,07605	-0,68376	2,5186	0,55746	-0,78262
Quixelô	-0,24628	1,49474	-0,04062	0,17691	-0,40883	2,64811	-0,8603
Quixeramobim	-0,09044	-1,02915	0,5706	0,29091	0,06766	0,27671	0,40745
Quixeré	-0,1857	-0,27681	-0,26807	0,0182	0,32457	1,10706	0,99433
Redenção	-0,04512	0,17118	-0,35524	1,2192	0,55089	1,38503	0,4215
Reriutaba	-0,82891	-0,00374	-0,28944	1,36302	-0,28611	-0,06787	-0,04891
Russas	0,63591	-1,19408	0,51788	0,49091	0,04681	-0,00692	1,69797
Saboeiro	-0,81029	0,7398	-0,46274	-0,41643	-0,06429	-1,06706	-0,16891
Salitre	-0,02289	0,28075	0,09763	-4,09899	-1,09652	1,02133	-1,99699
Santa Quitéria	-0,28836	-0,45581	1,13731	-0,83525	0,04803	-0,25581	-0,13937
Santana Acaraú	-0,39818	-1,04961	0,6461	-0,9153	0,43458	-1,51988	-0,65462
Santana do Cariri	-0,23826	0,21252	0,03021	-0,70152	-0,42373	-0,70449	-0,50942
S. G. do Amarante	0,15049	-0,19852	0,24104	0,04566	-0,22196	0,45928	-0,16904
S. J. do Jaguaribe	0,0569	-1,11899	-0,48189	1,64997	-0,94169	0,92483	0,15275
São Luiz do Curu	-0,46121	-0,75709	-0,6869	0,66358	0,89994	-0,6902	0,60338
Senador Pompeu	-0,00362	-0,3019	-0,20997	-0,22769	0,97538	0,30207	1,94603
Senador Sá	-0,52557	-0,44123	-1,11762	-1,5728	-0,92527	-0,38217	0,05632
Sobral	2,23213	-0,50627	0,21252	-0,10647	1,83559	0,09964	1,38306
Solonópole	-0,12911	-0,52155	0,03953	1,08734	-1,13807	-0,03097	0,44097
Tabuleiro do Norte	0,32554	-0,08706	0,0363	0,36836	-0,6841	-0,60689	1,42736
Tamboril	-0,07851	0,0928	-0,05255	0,87019	-1,98045	-3,84184	-0,79606
Tauá	0,15358	-0,41711	2,41559	0,0271	-0,54523	-0,54282	0,67839
Tejuçuoca	-0,2169	-1,26297	-1,16148	0,78529	0,03986	-0,3607	-1,15705
Tiangá	-0,26648	1,44919	4,7956	0,45882	-1,11451	0,32453	0,77319
Trairi	-0,74208	-0,43488	0,72727	-0,44595	0,05291	-0,41644	-0,70233
Tururu	-0,88129	-1,05536	-0,68249	-0,5767	1,29545	1,4064	-0,23284
Umari	-0,52213	-0,31881	-0,96821	-0,06973	-0,02945	-1,28818	-0,03542
Umirim	-0,15587	-0,9181	-0,19337	-0,47828	-1,23618	-0,22847	-1,43762
Uruburetama	-0,31904	-0,73326	0,06814	0,19428	0,51114	0,59816	0,50194
Uruoca	-0,66309	-0,45792	-0,90745	-0,15942	-0,10617	-0,31511	0,3702

Continuação da tabela 4

Municípios	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Varjota	-0,65246	1,16399	-0,57213	0,56895	-0,32381	-1,21108	1,07525
Várzea Alegre	-0,13512	1,31966	0,54372	0,13019	0,34949	-0,50591	0,37268
Viçosa do Ceará	-0,36033	2,15634	0,28911	-0,43763	-1,06259	0,01683	0,28877

Fonte: dados da pesquisa

A hierarquização dos municípios foi feita somando-se os escores fatoriais de cada município, constantes da tabela 4, ponderados pelas raízes características. A Tabela 5, a seguir, apresenta os resultados dessas somas ali designadas como índices brutos. Isto é, índices brutos da condição socioeconômica dos municípios, os quais, postos em ordem crescente de valor, definem a posição relativa de cada município.

Foram calculados, também, índices relativos com a interpolação dos índices brutos em um intervalo de zero a cem, de tal modo que o município de mais baixo índice obteve o índice relativo zero e como o objetivo deste trabalho é de hierarquizar para estabelecer prioridade na instalação de aparelhos dessalinizadores, esse município se encontra na primeira posição do *ranking*.

Tabela 5 - Hierarquização dos municípios: índices brutos e relativos, ranking e classes

Municípios	Ind.Bruto	Ind.Relativo	Ranking	Classes
Ararendá	-12,5366	0	1	1
Salitre	-12,2651	1	2	1
Catarina	-11,7717	2	3	1
Senador Sá	-10,5324	6	4	1
Umirim	-10,2414	7	5	1
Potiretama	-9,84093	8	6	1
Cariré	-9,80316	9	7	1
Tamboril	-9,43067	10	8	1
Paramoti	-8,93254	11	9	1
Tejuçuoca	-8,63202	12	10	1
Granja	-8,54494	13	11	1
Morrinhos	-8,5204	13	12	1
Moraújo	-8,14228	14	13	1
Ibicutinga	-7,89772	15	14	1
Aiuaba	-7,85408	15	15	1
Ameiroz	-7,72911	15	16	1
Itatira	-7,62471	15	17	1

Municípios	Ind.Bruto	Ind.Relativo	Ranking	Classes
Ibaretama	-7,43483	16	18	1
Santana do Acaraú	-6,98748	17	19	1
Umari	-6,87727	18	20	1
Choro	-6,86305	18	21	1
General Sampaio	-6,38031	19	22	1
Caridade	-6,30247	20	23	1
Catunda	-6,26079	20	24	1
Meruoca	-6,24811	20	25	1
Monsenhor Tabosa	-6,13632	20	26	1
Pires Ferreira	-5,9831	21	27	1
Altaneira	-5,83856	21	28	1
Uruoca	-5,3689	23	29	1
Massapé	-5,31499	23	30	1
Parambu	-5,29668	23	31	1
Irauçuba	-5,19032	23	32	1
Novo Oriente	-4,96949	24	33	1
Graça	-4,91722	24	34	1
Madalena	-4,75193	25	35	1
Itapiúna	-4,65374	25	36	1
Ipaporanga	-4,56683	25	37	1
Banabuiú	-4,5535	25	38	1
Guaiúba	-4,5134	25	39	1
Barroquinha	-4,49463	25	40	1
Santana do Cariri	-4,35821	26	41	1
Trairi	-4,32958	26	42	1
Saboeiro	-4,2775	26	43	1
Tururu	-4,23686	26	44	1
Forquilha	-4,09881	27	45	1
Assaré	-4,06712	27	46	1
Barreira	-4,05182	27	47	1
Palhano	-4,0114	27	48	1
Capistrano	-3,89251	27	49	1
Pacujá	-3,87404	27	50	1
Aracoiaba	-3,87136	27	51	1
Coreaú	-3,86477	27	52	1
Mombaça	-3,85815	27	53	1
Martinópole	-3,7995	28	54	1
Groaíras	-3,72955	28	55	1
Deputado IrapuanPinheiro	-3,53241	28	56	1

Municípios	Ind.Bruto	Ind.Relativo	Ranking	Classes
Amontada	-3,52278	28	57	1
Ererê	-3,38739	29	58	1
Ocara	-3,26175	29	59	1
Chaval	-2,94031	30	60	1
Potengi	-2,93183	30	61	1
Pacatuba	-2,20085	33	62	1
Pereiro	-2,18068	33	63	1
Pentecoste	-2,1475	33	64	1
Milha	-2,14265	33	65	1
Mucambo	-1,83605	34	66	2
São Luiz do Curu	-1,68061	34	67	2
Piquet Carneiro	-1,56002	35	68	2
Miraíma	-1,41244	35	69	2
Apuiarés	-1,40423	35	70	2
Chorozinho	-1,37105	35	71	2
Santa Quitéria	-1,29254	35	72	2
Quiterianópolis	-1,21965	36	73	2
Pedra Branca	-1,03992	36	74	2
Reriutaba	-1,03618	36	75	2
Araripe	-0,88032	37	76	2
Nova Olinda	-0,82772	37	77	2
São João do Jaguaribe	-0,77898	37	78	2
Aurora	-0,69694	37	79	2
Poranga	-0,53254	38	80	2
Alto Santo	-0,50953	38	81	2
Solonópole	-0,4907	38	82	2
Antonina do Norte	0,062464	40	83	2
Cariús	0,104382	40	84	2
Içó	0,25094	40	85	2
Fortim	0,282124	40	86	2
Itaitinga	0,397588	41	87	2
Croata	0,398756	41	88	2
São Gonçalo do Amarante	0,457653	41	89	2
Bela Cruz	0,46055	41	90	2
Farias Brito	0,487429	41	91	2
Abaiara	0,562793	41	92	2
Quixeramobim	0,577656	41	93	2
Canindé	0,63913	42	94	2
Alcântara	0,651284	42	95	2

Municípios	Ind.Bruto	Ind.Relativo	Ranking	Classes
Uruburetama	0,749556	42	96	2
Mulungu	0,867361	42	97	2
Hidrolândia	0,878941	42	98	2
Beberibe	0,919145	42	99	2
Ipueiras	1,073609	43	100	2
Marco	1,12025	43	101	2
Baixio	1,19033	43	102	2
Varjota	1,230635	43	103	2
Itapipoca	1,340825	44	104	2
Aratuba	1,354694	44	105	2
Acarape	1,361426	44	106	2
Lavras da Mangabeira	1,531827	44	107	2
Palmácia	1,536954	44	108	2
Guaramiranga	1,566687	44	109	2
Freicheirinha	1,568549	44	110	2
Boa Vaigem	1,871568	45	111	2
Acopiara	1,99871	46	112	2
Baturité	2,056421	46	113	2
Nova Russas	2,105021	46	114	2
Itarema	2,12121	46	115	2
Itaíçaba	2,254848	47	116	2
Campos Sales	2,399637	47	117	2
Camocim	2,605834	48	118	2
Jaguaribara	2,621812	48	119	2
Jaguaretama	2,673654	48	120	2
Quixeré	2,711199	48	121	2
Tabuleiro do Norte	2,801698	48	122	2
Morada Nova	2,866798	49	123	2
Orós	2,94056	49	124	2
Jati	3,079337	49	125	2
Maranguape	3,097085	49	126	2
Carnaubal	3,183854	50	127	2
Independência	3,445301	50	128	2
Viçosa do Ceará	3,494288	51	129	2
Itapajé	3,518659	51	130	2
Acaraú	3,743339	51	131	2
Penaforte	3,815177	52	132	2
Jucás	3,8608	52	133	2
Iracema	4,077264	52	134	2

Municípios	Ind.Bruto	Ind.Relativo	Ranking	Classes
Jardim	4,103112	52	135	2
Quixelô	4,61305	54	136	2
Caucaia	4,744961	54	137	2
Barro	4,844165	55	138	2
Russas	4,990495	55	139	2
Senador Pompeu	5,06514	55	140	2
Paracuru	5,215812	56	141	2
Pacoti	5,40361	57	142	2
Jaguaruama	5,41964	57	143	2
Tauá	5,456824	57	144	2
Várzea Alegre	5,552818	57	145	2
Paraipaba	5,653205	57	146	2
Redenção	5,792843	58	147	2
Ipaumirim	6,119205	59	148	2
Ipu	6,373911	60	149	3
Cedro	6,695981	61	150	3
Icapuí	6,74543	61	151	3
Pacajus	6,866565	61	152	3
Guaraciaba do Norte	7,271471	62	153	3
Aracati	7,572068	63	154	3
Crateús	7,609816	63	155	3
Cascavel	7,864978	64	156	3
Maracanaú	8,364728	66	157	3
Jaguaribe	8,916915	68	158	3
Quixadá	9,052621	68	159	3
Milagres	9,879752	71	160	3
Aquiraz	10,58017	73	161	3
Mauriti	11,30427	75	162	3
Sobral	11,64472	76	163	3
Limoeiro do Norte	11,87943	77	164	3
Horizonte	12,54564	79	165	3
Brejo Santo	12,72539	80	166	3
Juazeiro do Norte	14,72809	86	167	3
Tianguá	16,72801	92	168	3
Eusébio	16,85403	93	169	3
Iguatu	19,19594	100	170	3

Fonte: dados da pesquisa

Para melhor visualização dos resultados, os 170 municípios foram agrupados em três classes. Esse número de classes foi o que melhor se adequou aos objetivos da análise. Para tanto, processou-se uma análise de agrupamento pelo método das k-médias, já descrito na parte metodológica. Os índices que serviram de base para essa classificação foram os constantes da tabela 6, a qual já mostra, na última coluna, as classes a que pertence cada município. Verifica-se que 65 municípios pertencem à primeira classe, 83 à segunda e 22 à terceira, conforme resumido na tabela 6. Vale ressaltar que os municípios pertencentes à primeira classe são os que apresentaram os piores índices, os da segunda classe são aqueles que apresentaram índices intermediários e os da terceira classe são aqueles que apresentaram melhores índices.

Tabela 6 – Número de municípios, percentual da população, percentual dos poços e percentual de poços com elevado teor de sal, segundo as classes dos municípios.

Classes	NºMunicípios	População (%)	Poços (%)	Poços>1000mg/l+ Total de Poços
1	65	0,22369771	0,25062756	0,62203479
2	83	0,48996287	0,47971991	0,42798127
3	22	0,28633942	0,26965253	0,25575698
	170	100,00	100,00	

Fonte: dados da pesquisa

Na tabela 6, está contido, ainda, o percentual da população dos municípios que pertencem a cada classe e o percentual dos poços nesses municípios. Analisando estas duas variáveis, pode-se verificar que o número de poços é equivalente à população, haja vista que a primeira classe detém 22,36% da população e 25,06% dos poços ; a segunda classe 48,99% da população e 47,97% dos poços, e a terceira classe 28,63% da população e 26,96% dos poços.

Outra importante informação que se pode extrair dessa tabela diz respeito à incidência do alto teor de sal (acima de 1000mg/l de STD) nos poços perfurados nos municípios pertencentes a cada classe. É de se notar que os municípios agrupados na primeira classe, aqueles com piores índices, são os que

apresentam maior percentual de poços com teor de sal acima de 1000mg/l de STD (62,20%). Vale dizer, para cada 100 poços cavados nos municípios pertencentes a esta classe, 62,2 apresentam alto teor de sal. Todavia nos municípios da terceira classe, vale lembrar, municípios que apresentam os melhores índices, essa incidência é bem menor (25,57%). Os municípios da faixa intermediária apresentam, também, teor de incidência de sal numa faixa intermediária (42,8%).

Essas diferenças tendem a se tornar mais pronunciadas quando se observam os dados dos municípios classificados em posições mais distantes. Assim, por exemplo, quando se compara a incidência de sal nos poços dos dez primeiros municípios do *ranking* com a dos dez últimos, os dez primeiros, juntos, atingem o percentual de 68,43%. Isto é, 68,43% do total de seus poços apresentam alto teor de sal, enquanto nos dez últimos esse percentual é de apenas 16,88%.

Esses resultados corroboram a hipótese inicial deste trabalho de que existe forte correlação entre os indicadores socioeconômicos dos municípios e ocorrência de elevados níveis de salinização das águas que abastecem as populações desses municípios.

Os números da quarta coluna da tabela 5 variam de 01 a 170 e indicam a posição relativa de cada município. Assim, o município com classificação de número 01, no caso Ararendá, é aquele que apresenta os piores índices e, portanto, deve ser considerado prioritário para a instalação de equipamentos de dessalinização. Na posição de número 02, está o município de Salitre, que deve ser considerado prioritário em relação aos demais municípios, exceto Ararendá, e assim sucessivamente.

Cumprindo-se, portanto, dessa forma, a proposta inicial do trabalho de construir um critério para a alocação de equipamentos de dessalinização em municípios do Estado do Ceará a partir de uma hierarquização desses municípios,

de acordo com os indicadores socioeconômicos e ambientais, inclusive os níveis de ocorrência de alto teor de sal nos poços cavados nesses municípios.

É importante lembrar, todavia, que, para a hierarquização dos municípios, não se levou em consideração existência de fontes alternativas de abastecimento. Entretanto, de acordo com a hipótese deste trabalho, já demonstrada acima, nesses casos, como os poços com água salgada não abastecem a população, o resultado coerente seria esses municípios não serem classificados com prioritários para a instalação de equipamentos de dessalinização.

São emblemáticos os casos dos Municípios de Sobral e Limoeiro do Norte, os quais, embora apresentando percentual elevado de poços com alto teor de salinização, foram classificados, respectivamente, nas posições 163 e 164, portanto, figurando entre os últimos, na escala de prioridades (tabela 7 abaixo). Note-se, todavia, que ambos os municípios dispõem de outras opções, em condições satisfatórias, de abastecimento para as populações e, portanto, de fato, não deveriam ser prioritários. Estudos realizados confirmam que os municípios ora referidos, de fato, contam com boas fontes alternativas de abastecimento. Ver a esse respeito PINHEIRO et al(2000) e SRH(1992).

Tabela 7 - Municípios com melhores índices, número total de poços, número de poços com teor de sal maior do que 1000mg/l de STD e posição no Ranking

Municípios	Classe	Nº total poços	Nº poços >1000	%po>1000	Ranking
Iguatu	3	104	9	8,653846	170
Eusébio	3	272	12	4,411765	169
Tianguá	3	41	2	4,878049	168
Juazeiro do Norte	3	64	2	3,125	167
Brejo Santo	3	79	6	7,594937	166
Horizonte	3	51	13	25,4902	165
Limoeiro do Norte	3	59	28	47,45763	164
Sobral	3	148	80	54,05405	163
Mauriti	3	122	1	0,819672	162
Aquiraz	3	250	31	12,4	161

Fonte: dados da pesquisa

O caso desses municípios reforça a proposta metodológica deste trabalho. Se a hierarquização fosse feita apenas com base nos dados de salinização dos poços, os municípios de Sobral e Limoeiro do Norte seriam classificados como prioritários, em detrimento de outros, eventualmente com menor incidência de poços com água salinizada, porém sem dispor de fontes alternativas.

É importante, portanto, fazer a ressalva de que a metodologia proposta neste trabalho para a definição de prioridades para a instalação de dessalinizadores não exclui a utilização de outros critérios coadjuvantes, ou que se lhe agregue outras informações complementares para fins de tomada de decisão. No caso dos Municípios de Sobral e Limoeiro do Norte, o resultado foi coerente, apesar da alta ocorrência de poços com águas salgadas em ambos os municípios. É que a metodologia proposta permitiu contornar esse viés.

7 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho revelaram que o potencial econômico e a potabilidade das águas que abastecem as populações dos municípios cearenses, esta definidas pelo teor de sal, foram os fatores que mais contribuíram para a construção dos índices socioeconômicos desses municípios.

Esses resultados mostram o quão importante é a potabilidade das águas na determinação das condições socioeconômicas das populações dos municípios cearenses, legitimando a adoção desse índice como critério para alocação de equipamento de dessalinização ou outras alternativas tecnológicas.

Confirmando a hipótese inicial do trabalho, os resultados obtidos mostraram haver forte correlação entre os índices socioeconômicos e o teor de sal encontrados nos poços dos municípios. Verifica-se que nos municípios da primeira classe, que apresentam os piores índices socioeconômicos, a incidência de poços com alto teor de sal é sensivelmente superior aos dos municípios da segunda e terceira classes.

Os municípios de Ararendá, Salitre, Catarina, Senador Sá, Umirim, Potiretama, Cariré, Tamboril, Paramoti e Tejuçuoca, por exemplo, obtiveram os piores índices socioeconômicos e todos eles apresentam elevada incidência de poços com alto teor de sal.

É interessante registrar que se os municípios com baixos índices socioeconômicos apresentam índices elevados de salinização das águas, o inverso não é necessariamente verdadeiro. Isto é, municípios com alto teor de sal apresentam bons índices socioeconômicos. São os casos, por exemplo, de Sobral e Limoeiro do Norte. Isso se deve, entre outras coisas, a boas fontes alternativas de abastecimentos. Esse resultado mostrou a superioridade do critério aqui proposto em relação, por exemplo, à simples observação do teor de sal.

Por tudo isso, fica evidenciado que a construção de índices dos municípios a partir da análise fatorial com base em indicadores socioeconômicos da população representa critério tecnicamente consistente para estabelecer prioridades na instalação de dessalinizadores ou tecnologias outras que viabilizem o abastecimento de água potável para consumo humano.

8 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ANUÁRIO Estatístico do Ceará 1998. Fortaleza **IPLANCE**, 2000. V.7, 2 Tomos.
- ATLAS digital de recursos hídricos subterrâneos do Ceará 2000. Fortaleza:**CPRM**, 2000. 1 CD-ROM
- AQUINO, M.D. **Estudos da evaporação de superfícies livres de água no semi-árido**.191f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1986.
- ARAÚJO, J. A. de A.**Coord. de barragens no nordeste do Brasil**. Fortaleza: DNOCS 1982. 46p.
- ARAÚJO, C. Águas: mãos ao alto. **ABAScece**, Fortaleza, ano 2, n.5, p. 4-8, 2000.
- BABBIT. H. E.;DOLAND J.J.;CLEASBY, J.L. **Abastecimento de água** .São Paulo: Edgard Blucher, 1973. 592p
- BARROS, F.F. **Estudos da qualidade da água e balanço de sais nos reservatórios superficiais na bacia do rio Curu**. 128f.Dissertação(mestrado em Recursos Hídricos) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza,1994
- BASSAB, W.O; MIAZAKI, E.S. **Introdução à análise de agrupamentos** São Paulo:Associação Brasileira de Estatística, 1990. 93p.
- BRASIL Ministério da Saúde. **Doenças cardiovasculares no Brasil**. Brasília:SUS 1993 36p

BUROS, O . K. **O ABC da dessalinização**. Massachusetts: Associação Internacional de Dessalinização, 1990, 33p

CAPPUCCIO, F.P.;MACGREGOR - The role of dietary sodium intake in the control of righblood pressure. A short review. **Cardiorenal Disease**. **Chischester** V. 106, n 2, p.148-152, nov. 1994

CEARÁ Secretaria de Recursos Hídricos. **Estudos de salinização dos reservatórios de água no Estado do Ceará**. Fortaleza, 1996. 83p.

CEARÁ Secretaria de Recursos Hídricos. **Subsídios para implantação do Plano Plurianual** Fortaleza, 1996. 83p.

CEDERSTOM, Kreysing, K. et al - Salinização das águas subterrâneas do centro do polígono das secas do nordeste brasileiro. Recife:SUDENE, 1964. v1 (Brasil **SUDENE** Hidrogeologia, 46)

CORMAK, R.M. A Rewiew of classifications. JRSS, A, 1971.134,321-367.

COSTA, W D. Análise dos fatores que influenciam a hidrogeologia do cristalino. **Água Subterrânea**. Recife, v1,n 2, p. 14-47 set/dez.1967.

-----Resumo Hidrogeológico da região centro-sul da Paraíba. **Água Subterrânea** . Recife. v 1, n2, p.18-24, março/maio. 1965.

CRUZ, W.B; MELO, F.A.F Estudos geoquímicos preliminares da água subterrânea do nordeste do Brasil. Recife:**SUDENE**1968.19:147p. (Série Hidrogeológica, 19)

CRUZ, W.B. e MELO, F. A . F.Zoneamento químico e a salinização das águas subterrâneas no nordeste do Brasil. Recife: **SUDENE**, 1969.125p.(Série Hidrogeológica, 19).

DOMENICO, P.A & SCHWARTZ, F.W- Physical and chemical Hydrogeology.
Wiley and Sons Ed., N. York. 1990. 824p.

D'AMORE D.e CASTRO, S.A. de **Contabilidade bancária e pública** , 6ª ed.
Brasiliense, 1978. 298 p.

FLORES, O de M. A crescente escassez de água no mundo, **Revista Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, edição especial de aniversário, p32-35 , mar. 2000

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
Censo agropecuário, Ceará ,1995. Rio de Janeiro, 1996.

HOFFMANN, R Componentes principais e análise fatorial, Piracicaba:
DESR/ESALQ/USP, 1993. 37p. 2ª edição. (Série Didática, 90)

-----A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões
homogêneas do Brasil, **Revista de Econ. Soc. Rural**, Brasília v.30, n.4,
p.271-290, out./dez.1992.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W Applied regression analysis and other
multivariate, New Jersey:Prentice Hall. 1978, 357p.

JOHNSON, R.A. e WICHERN, D.W- Applied multivariate statistical analysis 3.
ed. New Jersey: Prentice Hall.1992, 608p

KAISER, H.F The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis.
Psychometrika, Massachussetts, v23, n 1:187-200.Jul.1958.

KAISER, H.F. The application of electronic computers to factor analysis.
Educational and Psychological Measurement, v.20.p.111-117.1960

- KLEINBAUM, D.G.; KUPER, L.V. **Applied regression analysis and other multivariable methods**. 21,1978. cap. 21
- LAKATOS, E.M. e MARCON, M. A.- **Fundamentos de metodologia científica**, 3ª ed., São Paulo, Atlas , 1996. 270p.
- LAWLEY, D.N. The estimation of factor loadings by the mothod of maximum likelihood. **Proceedings of the Royal Society of Edinburgh**, v,.60, n 2,.p. 47-58.abr 1940.
- LEMOS, J de J. S.Análise fatorial, Fortaleza: UFC/Centro de ciência agrárias, 1984 29p. (Série Didática, 19)
- MATSUI, E. **Origem e dinâmica da salinização de água do Nordeste brasileiro. Bacia do Rio Pajeú- PE**1978, 164p. Tese de doutoramento – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba,1978. 132p.
- MESTRINHO S.S.P- **Geoquímica e contaminação de Águas subterrâneas**. Salvador.:ABAS 1998, p.20-49.(mimeografado)
- MEYER, L.F.F; SILVA,J.M.A.da **A Dinâmica do progresso técnico na agricultura mineira: resultados e contradições da política de modernização da década de setenta**. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília:SOBER, v.36, n.4, p. 39-70, nov 1998
- MEYER, P.L. **Probabilidade**:.aplicações à estatística. Tradução do Prof. Rui C.B.Lourenço Filho. 2 ed. Rio de Janeiro:Livros Técnicos e Científicos.1983. 453p.
- NEVES, N.M.S **Os elementos da dieta no tratamento da doença cardiovascular**. In.NEVES, N.M.S.**Nutrição e doença cardiovascular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. Cap. 4, p.25-89

- PEREZ, C.A Componentes principais. Viçosa-MG. Universidade Federal de Viçosa-Centro de Ciências Exatas,1992 12 p.mimeografado
- PESSOA,L.C.C. Análise do desempenho e o impacto ambiental dos dessalinizadores por osmose reversa. 2000. 95f. (Mestrado em saneamento ambiental) Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2000.
- PINHEIRO, J.C.V. et al Estudos do potencial agrícola do Rio Acaraú, Relatório Técnico **Pro-Reitoria de Extensão-UFC/SEBRAE**. 2000
- PORTO E.R.et. al Aproveitamento dos rejeitos da dessalinização .In:Simpósio sobre captação de água de chuva no semi-árido brasileiro,1999 Recife: Anais. Recife: SUDENE, 1999. p 1-7.
- REBOUÇAS, A . C. **Le problème de l'eau dans la zone semi-aride du Brésil. 1973** 159p.Tese (Doc., ès Sci) - Univ. de Strasbourg, Strasbourg 1973
- REBOUÇAS, A.C. Água na região Nordeste:desperdício e escassez. São Paulo: USP, 1997. 37p. (Série Estudos Avançados)
- REIS,J.N.P.; LIMA, P.H.- Desenvolvimento Sócio-Econômico e Hierarquização dos municípios cearenses. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 26,n.4,p. 401-428, out/dez.1995.
- RODRIGUES, H. A gestão da água: discurso e prática no contexto cearense. In AMORIM, Z. O Ceará: enfoque geográfico - Fortaleza - FUNECE, 1999. p.115-143.
- SALATI, E.et al Utilization of natural isotopes in study of salinization of waters in the Pajeú River Valley Northeastern Brazil. In "**Árid Zone Hydrology Investigations with Isotope Technics**". Viena, IAEA,1978.p.133-151.

- SANTIAGO, M. M. F. **Mecanismo de salinização em regiões semi-áridas. estudo dos açudes Pereira de Miranda e Caxitoré no Ceará** 1984. 176p. Tese(Tese de doutoramento em Geologia Geral e de Aplicação) Universidade de São Paulo, São Paulo. 1984
- SILVA,A.B. **Inventário hidrogeológico do nordeste** Recife.:SUDENE, 1970.165p.
- SIQUEIRA, L. Contribuição geológica à pesquisa de água subterrânea no cristalino. **Água Subterrânea**, Recife, v 2, n.9, p: 1-29, jan/mar.1967.
- Zoneamento árido do nordeste**, Recife,SUDENE,1963.14p mimeografado
- SOUZA, R.F. **A modernização da agricultura no estado do Maranhão**,.2000. 59f. Dissertação(Mestrado em Economia Rural) Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2000.
- SPSS Statistical Package Social Science.(1998)Uscr”s Guidice
- TEIXEIRA, J. A ; OLIVEIRA, S.P.B.**Perfuração de poços tubulares e levantamento geológico, Petrolina-Pernambuco**, relatório Recife: SUDENE, 1962. 21p.
- VIANA, M. O de L.; RODRIGUES, I.V.R Um índice interdisciplinar de propensão à desertificação (IPD): instrumento de planejamento **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 30 n.3 p.264-294 jul./set. 1999.
- VIANA, J.M.S., FERREIRA, R.P.;CARVALHO, S.P de. **Análise Fatorial – Viçosa,MG: Universidade Federal de Viçosa- Centro de Ciências Exatas**, 1992. 42p mimeografado (Série Didática).