

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES CONDICIONANTES
DO DESEMPENHO DOS DESSALINIZADORES NO
ESTADO DO CEARÁ**

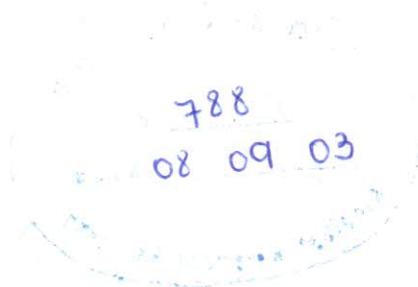


Sandra Maria Guimarães Callado

FORTALEZA - CE

2003

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES
CONDICIONANTES DO DESEMPENHO DOS DESSALINIZADORES
NO ESTADO DO CEARÁ**



Sandra Maria Guimarães Callado

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, do Departamento de Economia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

**T363.7
C16i**

N.Cham. T363.7 C16i
Autor: Callado, Sandra Mar
Título: Identificação e análise dos fato



UFCE - BEA

UFCE - BEA

13832413

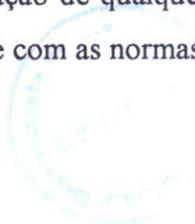
Ac. 67077

FORTALEZA – CE

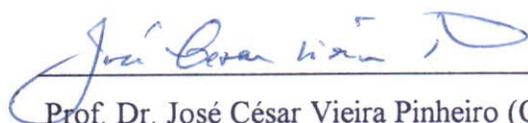
2003

Esta dissertação foi submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Economia Rural, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca do Departamento de Economia Agrícola da referida Instituição.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.


Sandra Maria Guimarães Callado
Sandra Maria Guimarães Callado

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 29/04/2003.


Prof. Dr. José César Vieira Pinheiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC


Prof.^a Dr.^a Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima (Co-Orientadora)
Universidade Federal do Ceará - UFC


Prof. Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins, Dr.
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME



Ao meu grande amor, Marcelo,
meu marido, amigo e companheiro de todas as horas.
E também, pelo apoio incondicional em todos
os momentos de minha vida.

DEDICO



AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força para caminhar e pelas vezes que me mostrou a luz como sinal para seguir sempre em frente.

Ao meu marido que, apesar da distância, sempre se fez presente em minha vida. Pelo amor, carinho, compreensão e apoio de todas as horas.

Aos meus pais, Valter e Alzerina, especialmente a minha mãe, pela educação e ensinamentos sempre tão enigmáticos mas sábios.

A minha segunda família, especialmente ao Paulo Sérgio e Tereza, pelo apoio, carinho e amor, sempre tão valiosos e, também, pelas cobranças nunca feitas.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de realizar o Curso de Mestrado e pela formação e crescimento acadêmico.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pelo apoio financeiro.

Ao Prof. Dr. César Vieira, pela orientação desse trabalho, pelos conhecimentos transmitidos na disciplina de Recursos Hídricos e também pela confiança depositada.

À Prof^a. Dra. Patrícia Verônica, pelas críticas e idéias devidamente oportunas e pelas palavras de amiga.

Ao Prof. Dr. Eduardo Sávio, sempre disponível, pelas observações e sugestões que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

A Prof. Dra. Irlés Mayorga, pela compreensão, amizade, carinho e pela exemplar mulher de fibra que sempre demonstrou ser.

Ao Fábio Sobreira, da Superintendência de Obras Hidráulicas do Estado do Ceará – SOHIDRA, pelas informações e explicações que contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos os meus colegas do curso, pelas inúmeras vezes que sorrimos juntos e pelos instantes tão agradáveis que passamos; em especial as amigas Monaliza, Cida, Débora, Gabi e Sônia, pela nossa cumplicidade e, também, pela doce saudade que sinto dos nossos momentos.

A todos os funcionários: D. Valda, Conceição, Mônica, Ricardo, Brian, Dermivan, Margareth, Ritinha e Joãozinho, pelas vezes que nos ajudaram de alguma forma.

E, finalmente, a todos os que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE QUADROS	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 O Problema e sua Importância – Considerações Gerais.....	14
1.2 Recursos Hídricos Subterrâneos no Contexto Cearense	17
1.3 Objetivos	22
1.3.1 Objetivo Geral	22
1.3.2 Objetivos Específicos	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 Aspectos Gerais Sobre o Uso dos Recursos Hídricos Subterrâneos no Estado do Ceará	23
2.2 Os Principais Recursos Subterrâneos do Estado do Ceará	25
2.3 Principais Ações Mitigadoras Contra a Seca no Estado Ceará.....	27
3 MATERIAL E MÉTODO	31
3.1 Área Geográfica de Estudo	31
3.2 Fonte dos Dados	34
3.3 Métodos de Análises	35
3.3.1 Análise Tabular	35
3.3.2 Modelo Teórico	35
3.3.3 Identificação das Variáveis.....	42

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
4.1 Fontes Alternativas de Abastecimento de Água nas Localidades	
Estudadas.....	44
4.2 Análise da Demanda e Oferta Hídrica dos Dessalinizadores.....	46
4.2.1 Desempenho dos Dessalinizadores conforme as Necessidades	
Hídricas das Comunidades Estudadas.....	47
4.2.2 Análise do Desempenho dos Dessalinizadores-Região.....	48
4.2.3 Oferta de Água Potável dos Dessalinizadores com Bom Desempenho....	50
4.3 Aspectos Fundamentais ao Bom Desempenho do Dessalinizador.....	52
4.4 Descrição da Utilização dos Dessalinizadores segundo as próprias	
Comunidades Estudadas.....	56
4.5 Análise dos Fatores Determinantes do Desempenho dos	
Dessalinizadores.....	57
4.6 Aproveitamento dos Rejeitos.....	64
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	66
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
APÊNDICE.....	74

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Valores do m ³ da água	18
TABELA 2	Nome dos municípios pesquisados	34
TABELA 3	Número de poços públicos com sólidos totais dissolvidos.....	45
TABELA 4	Alocação dos dessalinizadores segundo o índice de prioridade e a situação de funcionamento.....	48
TABELA 5	Análise do desempenho dos dessalinizadores por mesorregião	49
TABELA 6	Avaliação da oferta de água potável nos 79 dessalinizadores em funcionamento	51
TABELA 7	Desempenho dos dessalinizadores conforme a marca.....	53
TABELA 8	Programas financiadores dos dessalinizadores no Estado do Ceará.....	55
TABELA 9	Estatísticas do modelo Probit.....	59
TABELA 10	Previsões do modelo Probit	63

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Principais problemas e sugestões apontados pelas comunidades para desempenho dos dessalinizadores.....	57
----------	--	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Mapa das sete mesorregiões do Estado do Ceará	33
FIGURA 2	Demonstração gráfica das funções dos modelos Probit e Logit	39
FIGURA 3	Percentual de comunidades abastecidas por fontes alternativas além do uso de dessalinizadores	44
FIGURA 4	Percentual de dessalinizadores que possuíam algum tipo de apetrecho para auxiliar na manutenção e operação de um dessalinizador	54
FIGURA 5	Principais problemas apontados pelas comunidades quanto ao uso de dessalinizadores	61
FIGURA 6	Efeito do curso do operador na capacidade instalada do dessalinizador	62
FIGURA 7	Aproveitamento não econômico dos rejeitos resultantes do processo de osmose reversa	64

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

TABELA A1	Regressão do modelo Probit	75
TABELA A2	Regressão do modelo logit.....	76

RESUMO

A escassez de água no Ceará tem provocado ações emergenciais de fornecimento de água às comunidades rurais. Na maioria das áreas rurais cearenses, o abastecimento de água é realizado de forma bastante precária, sendo que grande parte da população dessas comunidades não dispõe de qualquer sistema de abastecimento de água. Para atender comunidades com poucas famílias e de acesso difícil, a construção de poços tubulares para captação das águas subterrâneas se apresenta como uma das melhores opções já encontradas para ajudar o homem rural a conviver com o problema de abastecimento d'água no semi-árido cearense. Entretanto, a presença de elevado teor de sal nas águas dos poços se apresenta como um outro problema sério que prejudica esse abastecimento. No Ceará, 80% dos poços apresentam água com salinidade excessiva, inaceitável ao consumo humano e, portanto, uma unidade de dessalinização de água nestes casos é necessária. Hoje, a presença desses dessalinizadores representa uma realidade para muitos municípios cearenses. Contudo, ressalte-se que a adoção do uso de dessalinizadores não é simples e, o uso desse tipo de aparelho requer periodicidade regular para sua manutenção. O objetivo central deste trabalho é avaliar o desempenho dos dessalinizadores instalados em municípios cearenses, sob os aspectos econômicos e sociais. Além disso, identificar, descrever e analisar as características dos dessalinizadores e, ainda, medir o impacto das principais variáveis que influenciam em seu desempenho. Para esse estudo, foram utilizados dados primários a partir da aplicação de questionários em 130 comunidades cearenses que possuem dessalinizadores. Também foram utilizados dados secundários, oriundos do Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento de Água Subterrânea no Estado do Ceará, realizado pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM e da Superintendência de Obras Hidráulicas – SOHIDRA. Para atender os objetivos do trabalho, utilizou-se análise tabular e também o modelo Probit, com variável dependente e dicotômica. A avaliação do desempenho dos dessalinizadores de um modo geral foi considerada satisfatória. Menos da metade dos aparelhos encontravam-se com problemas técnicos ou mesmo parados. Com a utilização do modelo Probit, as variáveis identificadas que influenciam o desempenho dos dessalinizadores foram: marca do dessalinizador, capacidade instalada, salinidade e curso do operador. Dentre essas variáveis, destacam-se a capacidade instalada e a salinidade, pois o efeito marginal dessas variáveis revelou a probabilidade no funcionamento do dessalinizador. Outra conclusão do estudo foi a falta de planejamento com relação ao aproveitamento dos resíduos oriundos do processo de dessalinização. Com relação a isso, recomenda-se que, no conteúdo do projeto para a instalação dos dessalinizadores, observe-se também finalidade para o rejeito, para que problemas futuros com o meio ambiente sejam evitados.

ABSTRACT

Water shortage in Ceará has been causing emergency actions regarding its supply to rural communities. In most parts of rural areas of Ceará, the water provisioning is accomplished in a quite precarious way, and huge parts of those communities' population do not have any system of water provisioning at all. To assist communities with few families and in regions of difficult reaching, the construction of cylindrical wells for reception of underground water comes still as one of the best-found alternative to help the rural population to live with the problem of water provisioning in the semi-arid region of Ceará. However, the existence of high levels of salt in the water of the wells comes as a serious problem that harms that provisioning. In Ceará, 80% of wells present water with excessive salinity, inadequate to human consumption and, therefore, a salt remover mechanism in these cases would be necessary. Today, the presence of those salt removers is a reality to many municipal districts of Ceará. However, we should stress that the adoption of salt removers is not simple and, the use of that machine requires regular maintenance. The main goal of this research is to evaluate the functioning of salt removers installed in municipal districts of Ceará, under the economic and social aspects. Besides, to identify, to describe and to analyse the characteristics of salt removers and, to measure the impact of the main variables that influence its functioning. For this research, primary data were used starting from the application of questionnaires in 130 communities of Ceará that possess salt removers. It was also used secondary data, sourced from Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento de Água Subterrânea no Estado do Ceará (Program of Underwater Supply Sources Census of Ceará), accomplished by Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (Company of Mineral Resources Research) – CPRM and from Superintendência de Obras Hidráulicas (Superintendence of Hydraulic Works) – SOHIDRA. To assist the goals of the research, the analysis was made through data tabulation and also using the model Probit, with dichotomised and dependent variable. The evaluation of the functioning of salt removers, in a general way, was considered satisfactory. Less than half the salt removers showed technical problems or were stalled. With the use of the Probit model, the identified variables that influenced the functioning salt removers were: brand of salt removers, installed capacity, level of salinity and course of the operator. Among those variables, it stands out the installed capacity and level of salinity, because the marginal effect of those variables disclosed the likelihood of the operation of salt removers. One more conclusion of the research was related to the lack of planning in the use of waste originated from of the salt removing process. Concerning this, it is recommended that, the use of the resulting waste should be addressed in the content of the project for the installation of salt removers, in order to avoid future harms to the environment.

1 INTRODUÇÃO

1.1 O Problema e sua Importância - Considerações Gerais

Ao longo da História, o homem tem presenciado mudanças nos seus conceitos e idéias sobre o Planeta. Nos últimos anos, o tema crucial entre cientistas de áreas diversas, tem sido a discussão em torno da oferta *versus* demanda dos recursos hídricos.

Essencial à vida, a água é um recurso natural necessário a todos os seres vivos e à manutenção dos ecossistemas. O desenvolvimento das sociedades – em suas diversas formas – e das atividades econômicas, tem conduzido a um cenário de escassez relativa do recurso, isto é, o bem está sendo impedido de se tornar disponível em quantidades suficientes para atender à demanda.

Segundo ARAÚJO (2000), a Organização das Nações Unidas – ONU reconhece que, atualmente, 25 países sofrem com a escassez de água potável e informa que, em 2025, esse problema poderá afetar 48 países.

O consumo crescente da água, os múltiplos usos – por vezes conflitantes – aliados a má utilização, a poluição e o desperdício são exemplos de problemas que contribuem para agravar a situação dos recursos hídricos no mundo.

Outros problemas também merecem destaque, como a distribuição e a disponibilidade de uso do recurso no Planeta. A água existente no planeta possui a seguinte distribuição: o percentual de água salgada é de 97,5%, portanto é inadequada ao consumo, e os restantes 2,5% são de água doce. Com relação à disponibilidade, a água doce pode ser encontrada nos seguintes percentuais: 69% em geleiras e neves eternas, 30% de água subterrânea, 0,7% nas formas de umidade do solo, pantanais e solos congelados, e 0,3% em rios e lagos (BRASIL, 1999).

Do total de recursos hídricos, quase 80% consistem em água subterrânea e, desse percentual, uma grande parte não pode ser utilizada em razão da grande profundidade em que se encontra ou por apresentar um elevado teor de sal. Entretanto, atualmente, esses entraves podem ser superados através do uso de tecnologias adequadas, como o emprego de unidades de dessalinização. Dessa forma, pode-se acentuar que os corpos hídricos

subterrâneos podem contribuir como uma importante fonte de abastecimento d'água em todo o mundo.

Conforme LEAL (1999), praticamente todos os países, sejam esses desenvolvidos ou não, utilizam corpos d'água subterrâneos, seja no atendimento total ou parcial do abastecimento humano e, ainda, em atividades como irrigação, produção de energia, turismo, indústria etc. A exemplo disso, o Continente europeu tem 75% de sua população abastecida com água de subsolo, e, em alguns de seus países, esse percentual atinge 90%, como é o caso da Suécia, Holanda e Bélgica.

A partir da década de 1950, começou-se a atribuir aos reservatórios subterrâneos, em todo o mundo, um papel importante na solução do problema de falta de água em regiões desérticas como a Líbia e o Saara e, semi-áridas, como o Nordeste do Brasil e Austrália.

Segundo REBOUÇAS (2002), no Brasil, as disponibilidades de água subterrânea de boa qualidade para consumo foram avaliadas em 5.000 m³/habitante/ano. Esses dados contribuem para justificar o crescente interesse de forma acelerada, nas últimas décadas, por parte das empresas privadas e órgãos públicos, tanto na pesquisa quanto na captação desses recursos hídricos.

LEAL (1999) anota que, cerca de 200.000 poços tubulares estão em atividade no País e, a cada ano, são perfurados 12.000. A água retirada desses poços é utilizada para fins como irrigação, pecuária, abastecimento de indústrias, condomínios etc, sendo que, de todos os usos, o maior volume de água é, ainda, destinado ao abastecimento público. Os estados que possuem o maior número de poços são: Bahia, São Paulo, Rio Grande do Sul, Ceará e Piauí.

A crescente utilização de águas subterrâneas decorre da melhoria de técnicas de construção de poços e dos métodos de bombeamento, que permitem a extração de volumes d'água cada vez maiores, garantindo assim o suprimento de água a cidades, indústrias, projetos de irrigação etc. A crescente produção de energia e a poluição das fontes hídricas superficiais são também alguns dos motivos que desencadearam a utilização desse tipo de fonte hídrica.

Em algumas regiões, os recursos hídricos subterrâneos já são aproveitados intensamente e constituem o recurso mais importante de água doce. Entretanto os sistemas aquíferos como o do semi-árido nordestino, pois conjugados com uma evaporação sempre

muito alta, as águas são salinas, apresentando teor de sal médio da ordem de 3.000mg/l (PESSOA, 2000).

No período de 1969 a 1995, a Companhia de Pesquisas de Recursos Naturais – CPRM perfurou cerca de 2.000 poços tubulares em todo o País para captação de água subterrânea, sendo que 1.448 desses poços localizavam-se somente no Nordeste e, a disponibilização de água potável, foi de cerca de 1,05.109m³/ano, o suficiente para abastecer 12 milhões de pessoas (BRASIL, 1999).

O Nordeste do Brasil possui uma área de 1.561.000 km², dos quais 720.000 km² são compreendidos geologicamente por pedras cristalinas e cristalofílicas do Pré-Cambriano. E ainda, da área total 937.000 km² fazem parte do chamado “Polígono das Secas”, instituído pela Lei nº 1.348 em 10.02.1957 (LEAL, 1983).

O Polígono das Secas é caracterizado pela escassez de recursos hídricos superficiais, baixas precipitações pluviométricas, concentradas no tempo e no espaço, presença de irregularidades interanuais, tidas de ordem natural, responsáveis por secas periódicas e elevadas taxas de evapotranspiração.

Em 1877, ocorreu a primeira grande seca na região. Somente naquele ano, morreram cerca de 500.000 nordestinos e, nos anos de seca (1888, 1915, 1919, 1932, 1942, 1952 e 1958), sucederam-se ainda mais calamidades, fazendo com que o problema regional ganhasse repercussão por todo o Território nacional (FARIAS, 1997).

Os problemas causados pelas secas são inúmeros, mas um dos mais sérios é o estado de vulnerabilidade em que fica o homem do campo durante e após um período de estiagem. O sertanejo necessita de água para suprir as suas necessidades primárias e básicas, garantindo assim a sua sobrevivência e a de seus semelhantes. Sem este recurso, o homem é obrigado a abandonar sua casa e seguir com sua família para outros lugares e, geralmente, as zonas urbanas tornam-se as mais procuradas. Com o abandono do seu lar, seu roçado e seus pertences, o sertanejo passa a viver sob condições subumanas nos grandes centros urbanos e a sua condição passa a ser de pobreza absoluta, além de causar um “inchaço” populacional nas cidades.

Dessa forma, a água no Nordeste, principalmente no sertão, é um recurso de fundamental importância ao desenvolvimento. O fomento de políticas públicas e decisões mais consistentes e contínuas devem, além de aumentar a oferta do recurso na Região, permitir a formação de uma infra-estrutura que propicie ao nordestino a convivência com os efeitos catastróficos da seca.

A região tem uma população de 47.741.711 habitantes e distribuí-se em nove estados, o que representa aproximadamente 28% da população brasileira. Com relação aos recursos hídricos subterrâneos, o volume de água disponível através de poços é da ordem de $5,8.109\text{m}^3/\text{ano}$ e é suficiente para atender a 23% da demanda de água da região (BRASIL, 1999).

Dados do IBGE revelam que 30,93% da população vive em pequenas localidades isoladas e pobres, utilizando-se das poucas e distantes fontes hídricas existentes. Geralmente essas fontes se originam de açudes, lagos, lagoas, que secam durante o verão, e/ou de poços perfurados por iniciativa de órgãos públicos, que na maioria das vezes apresentam substâncias dissolvidas na água, além do alto teor de sal, tornando o recurso impróprio para o consumo humano. Entretanto é muito comum o atendimento de pequenas comunidades através de chafarizes abastecidos com água dessalinizada de poços tubulares.

Essa realidade mostra a relevância do assunto e justifica a realização de pesquisas e programas voltados para os recursos hídricos subterrâneos do Nordeste que viabilizem o aumento da oferta de água e contribuam para uma melhoria no bem-estar da população. Neste contexto, o Ceará, através da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais – CPRM, empresa vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi o primeiro Estado contemplado com o “Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento de Água Subterrânea”, em julho de 1998.

1.2 Recursos Hídricos Subterrâneos no Contexto Cearense

O Ceará é um dos estados nordestinos que se encontra na sua totalidade, incluído no Polígono das Secas, cujas principais características são: solo cristalino, responsável em grande parte pela retenção das águas, ausência de rios permanentes e longos períodos de estiagem, consequência da irregularidade das chuvas.

A escassez de água no Ceará tem provocado ações emergenciais de fornecimento de água às comunidades rurais. Na maioria das áreas rurais cearenses, o abastecimento de água é realizado de forma bastante precária, sendo que grande parte da população dessas comunidades não dispõe de qualquer sistema de abastecimento de água.

O sistema de abastecimento d'água nas zonas rurais do Estado, entre outras fontes, é suprido por caminhões-pipa, chafarizes, cursos d'água etc. e, em muitas dessas situações, a água utilizada pela população não passa por nenhum controle de qualidade.

Segundo o IBGE, no ano de 2000, dos 760 distritos, 290 não possuíam nenhuma opção ou fonte de abastecimento de água (INSTITUTO, 2001C). Com isso, na maioria dos casos, a ausência de uma infra-estrutura de abastecimento humano faz com que o trabalhador rural fique vulnerável e dependente de opções ineficazes, como, por exemplo, a distribuição de água potável através de carros-pipa.

Ainda, segundo a SOHIDRA, somente 12% dos domicílios rurais no Estado possuem água potável. Na seca de 1998, 5.163 comunidades do Ceará foram atendidas por carros-pipa. Desse total, 72% possuíam menos de 40 famílias e, nesse caso, para essas comunidades, garantir o abastecimento d'água através da construção de açudes, adutoras ou, até mesmo, carros-pipa, não se justifica (SUPERINTENDÊNCIA, 2002).

Para atender comunidades com poucas famílias e de acesso difícil, a construção de poços tubulares¹ se apresenta como uma das melhores alternativas já encontradas para ajudar o homem rural a conviver com o problema de abastecimento d'água no semi-árido cearense. Por exemplo: poços com profundidade aproximada de oito metros e vazão média de 10 m³/h são de fácil construção, utilizando-se apenas equipamentos manuais. E, ainda, para poços dessa natureza, é necessário apenas o trabalho de três homens, durante três dias (BRASIL, 2001).

Outro ponto positivo para o fornecimento de água através da construção de poços pode ser mostrado de acordo com os dados da TABELA 1.

TABELA 1 – Valores do custo do m³ da água

Tipo de Fornecimento da Água	Custo do m ³ (R\$)
Abastecimento Público – CAGECE	0,68
Dessalinização por Osmose Reversa	1,26
Carro-pipa	7,00
Engarrafada - Indaiá	150,00

Fonte: PESSOA (2000)

¹ “É uma obra de engenharia que dá acesso ao aquífero para retirada de água subterrânea. “A construção dos poços tubulares consiste nas seguintes etapas: perfuração, revestimento, filtro, pré-filtro, motor-bomba e vedação. E ainda, o poço pode ser escavado, cravado ou perfurado. (BRASIL, 2001)

Na Tabela 1, tem-se o custo do m³ da água de quatro tipos de fornecimento de água cobrado no ano de 1999. De acordo com esses valores, pode-se perceber que o abastecimento de água realizado pela CAGECE era o mais barato, entretanto, deve-se lembrar que, existem comunidades distantes de suas respectivas sedes e esse fator inviabiliza, muitas vezes, o abastecimento d'água através dessa Companhia. Com isso, algumas localidades ainda não possuem um abastecimento d'água sistemático e seguro.

Com relação ao abastecimento de água através de carros-pipa, não é diferente. Além do custo da água ser cinco vezes maior do que a água dessalinizada, PEREIRA (2001) acentua que, muitas vezes, esse tipo de abastecimento é utilizado como instrumento de manobra para fins eleitorais. E, ainda, as comunidades queixam-se de que a água distribuída através desse programa possui qualidade inferior para o consumo humano. Diante do exposto, o fornecimento de água através de osmose reversa mostra-se melhor do que as outras estratégias, apesar do custo ser quase duas vezes maior do que o da água tratada da CAGECE.

A utilização de fontes de águas subterrâneas através da construção de poços tubulares se mostra como a alternativa social e flexível, do que as outras fontes de abastecimento d'água. Em algumas situações, dependendo das características físico-químicas da água desses poços, talvez fosse necessária a instalação de um dessalinizador. Contudo, considerando o fato do homem precisar suprir suas necessidades básicas e que, em muitas localidades não há a presença de fontes hídricas, os poços se traduzem em uma fonte de distribuição mais segura e equitativa do recurso, bem como mais acessível ao homem do campo.

Entretanto, a presença de elevado teor de sal nas águas dos poços se apresenta como outro problema sério que prejudica o abastecimento de água do homem do campo, carente desse bem. Segundo PEREIRA (2001), 80% dos poços do Estado do Ceará apresentam água com salinidade excessiva, ou seja, inaceitável ao consumo humano. Portanto, uma unidade de dessalinização de água nestes casos é necessária.

Desta forma, em muitos casos, sem o auxílio de algum tipo de tecnologia, nem mesmo a simples existência desses poços, pode-se solucionar o problema de abastecimento, pois, segundo PESSOA (2000), as águas subterrâneas ocorrem, principalmente, em rochas sedimentares e cristalinas, sendo que estas últimas cobrem cerca de 75% do Território cearense.

SUASSUNA (1996) explica que o processo de salinização no solo cristalino do Ceará está relacionado principalmente com a evaporação e a pluviosidade, pois, em razão da baixa taxa pluviométrica e da alta taxa de evaporação, existe forte tendência a uma concentração de sais no solo.

Todavia, apesar dos problemas tidos de ordem natural, como é o caso da salinização dos solos no semi-árido cearense, a construção de poços no Estado vem crescendo a cada ano, principalmente na zona rural, onde a condição do homem é mais precária. Segundo dados da CPRM, atualmente, o Ceará possui 13.970 poços que servem de abastecimento d'água para, aproximadamente, 200.000 famílias distribuídas em 184 municípios (BRASIL, 2000).

Do total de poços cadastrados pela CPRM, é possível identificar 51,42% como sendo poços públicos, 46,61% privados e 1,97% não possuem nenhuma especificação e, ainda do total, 3.256 poços possuem teor de sal acima de 1.000 mg/l de sólidos totais dissolvidos. Considerando o total de poços públicos, ressalta-se que 2.735 são destinados ao uso doméstico e que 587 poços possuem teor de sal acima de 1.000mg/l.

Segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS, o valor máximo admitido de sólidos totais que podem estar dissolvidos na água para o consumo humano é de 1.000mg/l. Acima dessa quantidade, o recurso passa a conter minerais que tornam o seu uso inadequado, tanto para o uso industrial quanto como para o abastecimento humano (MONTEIRO, 2002).

Então, diante da possibilidade de utilização dos recursos hídricos subterrâneos, mesmo com a presença de alto teor de sal, cita-se o exemplo do Ceará. Uma das medidas adotadas pelo Estado, nos últimos anos, tem sido a instalação de equipamentos que promovam o processo de dessalinização², que ocorre geralmente através de osmose reversa³.

O primeiro sistema de dessalinização do Ceará foi implantado em uma comunidade de Irauçuba, Livramento, em novembro de 2001, acionado por energia solar. As placas solares foram doadas por entidades canadenses e o Governo do Estado, através da SOHIDRA, se responsabilizou pelas obras civis e instalação dos equipamentos (ÁGUA, 2002).

² "Processo de remover o sal da água ou do solo". ART (1998)

³ "Processo no qual a água é forçada sob pressão através de uma membrana seletivamente permeável. É chamada de osmose reversa porque a água é impelida na direção oposta – em direção a uma solução menos concentrada – à direção na qual a osmose ocorre naturalmente." ART(1998)

Hoje, a presença desses dessalinizadores representa uma realidade para muitos municípios cearenses. Em 1997, o Estado contava apenas com 10 dessalinizadores, mas, atualmente, o Ceará possui mais de 160 (cento e sessenta) aparelhos instalados, oriundos de recursos públicos, instalados em poços e funcionando diariamente, produzindo água potável para milhares de pessoas carentes. É o exemplo de Poço da Onça, situado no Município de Tauá, onde uma pesquisa revelou que existe uma disposição a pagar entre R\$ 12,00 a R\$ 20,00 por mês para que as pessoas tenham acesso à água potável (PINHEIRO, 2000).

Entretanto, devemos ressaltar que a adoção do uso de dessalinizadores não é simples. Segundo SOBREIRA (2002), o uso desse tipo de aparelho requer periodicidade regular para manutenção com lavagem do material e treinamento adequado. No Ceará, o órgão responsável pelo treinamento para a manutenção de dessalinizadores é a Superintendência de Obras Hidráulicas – SOHIDRA. Atualmente, um dos objetivos da SOHIDRA é capacitar uma pessoa em cada cidade cearense, ligada à prefeitura, para que cada comunidade se torne independente.

Todavia, além do treinamento de um responsável para operar o dessalinizador, outros aspectos na localidade devem ser considerados, como: carência de outras fontes hídricas, existência de boas condições físicas e químicas para um bom funcionamento do dessalinizador, consciência ambiental da população, garantia de uma assistência técnica sistemática, número expressivo de pessoas beneficiadas, entre outros.

Outro ponto relevante, verificado em muitas comunidades cearenses, tem sido a falta de consciência política, o que fomenta, muitas vezes, o descaso da população para com o investimento público. As pessoas da comunidade precisam ter consciência da importância dessas unidades de dessalinização e do alto custo que tal tecnologia requer, para que os investimentos sejam alocados de forma eficiente. Estes aparelhos são bens públicos, como uma praça, um hospital, uma escola etc. e que portanto, devem ser zelados devidamente.

Contudo, em decorrência da importância dos recursos hídricos subterrâneos para o semi-árido cearense, evidenciado pelo uso crescente de tal tecnologia, e a demanda cada vez maior pelos escassos recursos públicos financeiros, o presente estudo se propõe fazer a uma análise mais detalhada do desempenho dos dessalinizadores, sob os aspectos econômicos e sociais, instalados no Estado do Ceará.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo central deste trabalho é avaliar o desempenho dos dessalinizadores instalados em municípios cearenses, sob os aspectos econômicos e sociais.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar, descrever e analisar os dessalinizadores segundo a sua distribuição espacial, marcas, origem dos recursos, capacidade instalada e condições de funcionamento; e
- b) identificar e medir o impacto das principais variáveis que influenciam no desempenho dos dessalinizadores instalados, contribuindo assim para a formulação de uma política de suprimento de água dessalinizada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos Gerais Sobre o Uso dos Recursos Hídricos Subterrâneos no Estado do Ceará

Os recursos hídricos subterrâneos constituem uma parcela do ciclo hidrológico que circula no subsolo da Terra. Sua utilização é feita desde o início da colonização do Brasil. Apesar da falta de conhecimento, na época, sobre a disponibilidade hídrica do recurso, a água subterrânea tem se destacado pelo seu marco histórico e institucional vigente e a experiência de alguns estados que já utilizam o recurso. Atualmente, existe um consenso com relação à necessidade da existência de ações de proteção e disciplinamento dos recursos hídricos subterrâneos, através de uma legislação eficiente.

Quando o Brasil era ainda uma colônia (1500 – 1822), a água subterrânea era utilizada quase que exclusivamente como fonte de abastecimento humano, principalmente através da construção de cacimbas. Sua captação era feita por meio de fontes e poços escavados com diâmetro entre 1m e 3m, revestidos de alvenaria, os chamados “cacimbões” (REBOUÇAS, 2002). Porém, com o crescimento da população e, principalmente, com o surgimento dos primeiros aglomerados humanos e a expansão da pecuária, as principais fontes de abastecimento tornaram-se insuficientes para o atendimento das necessidades.

Tal problema era ainda mais evidente no Nordeste. As grandes secas na região, no século XIX, foram tão catastróficas, que, já naquele tempo, a Regência Trina autorizou a perfuração de alguns poços como forma de suprir as necessidades de abastecimento da população (SECRETARIA, 1992).

De acordo com os registros históricos, entre os anos de 1845 e 1846, foram perfurados em Fortaleza – Ceará, os três primeiros poços tubulares do Brasil, pela empresa Armstrong and Sons Drillers Co. do Texas (EUA), contratada pela Ceará Water Supply Co., que na época era a concessionária do abastecimento da cidade (BRASIL, 1999).

Entretanto, muitos aspectos relacionados aos recursos hídricos subterrâneos como geografia, geologia, suprimento de água, transporte e açudagem não eram conhecidos. Para atender essas necessidades, em 1906, foi criada a Inspeção de Obras Contra as Secas –

IOCS, e, desde então, pôde-se avançar no conhecimento geológico desses recursos (REBOUÇAS, 2002).

Porém, segundo a CPRM, até meados da década de 1960, em razão da falta de aplicação do conhecimento hidrológico, a ausência de pessoal técnico especializado na elaboração de projetos técnicos e a fiscalização na construção dos poços, a exploração dos mananciais subterrâneos era realizada somente sob a forma empírica (BRASIL, 1987).

Em contrapartida, nessa mesma época, houve grande evolução na indústria de equipamentos e maquinaria, com a produção de perfuratrizes modernas, bombas e outros equipamentos mecânicos que poderiam auxiliar nas exigências tecnológicas para captação dos recursos hídricos subterrâneos.

Apenas alguns órgãos, como a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, entre outros, obtiveram a vantagem de utilizar apoio técnico-científico de profissionais como geólogos e engenheiros, na maioria estrangeiros, para desenvolver seus projetos hidrogeológicos.

Ao longo do tempo, principalmente a partir de 1970, com a criação do Plano Nacional de Saneamento – PLANASA, o uso da água subterrânea no Brasil vem aumentando significativamente, pois, desde então, esse recurso começou a ser tratado como uma fonte alternativa de abastecimento de pequeno e médio porte. Segundo a CPRM, os principais fatores que contribuíram para aumentar esse uso foram: estudos de hidrogeologia, geologia e hidrodinâmica; evolução tecnológica das técnicas de perfuração de poços a partir daquelas desenvolvidas para a exploração do petróleo; e desenvolvimento crescente das bombas, sobretudo as submersas (BRASIL, 2001).

A utilização de recursos hídricos subterrâneos é, em geral, vantajosa sob muitos aspectos. Entre as inúmeras vantagens das águas subterrâneas, pode-se destacar as seguintes (BRASIL, 2001):

- os investimentos de captação da água subterrânea são menores se comparados aos das águas superficiais. Dispensam a construção de obras de barragens, adutoras e, na maior parte, as estações de tratamento;
- menor tempo na execução de obras;
- baixo custo para manutenção e operação. Em alguns casos, a água do poço sai sem a necessidade de nenhum tratamento especial, apenas simples cloração;

- os sistemas de abastecimento de água com poços podem ser operados utilizando simplesmente mão-de-obra pouco especializada, o que facilitaria o abastecimento em pequenas vilas e povoados;
- impacto ambiental gerado pelo poço é menor do que uma estação de tratamento de água – ETA.

Com relação à influência na quantidade e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, pode-se destacar os seguintes fatores (BRASIL, 2001):

- precipitação superficial;
- constituição geológica e natureza das camadas - estrutura geológica; e
- zona de recarga.

Os principais problemas que impedem o uso extensivo das águas subterrâneas são:

- conhecimento insuficiente das informações aquíferas;
- falta de estudos, levantamentos e ensaios; e
- técnica inadequada na execução dos poços.

Todavia, entre as vantagens e desvantagens que existem na utilização dos recursos hídricos subterrâneos, no Nordeste, o emprego desse recurso, tanto na irrigação, na indústria como na pecuária, já é bastante expressivo e vem crescendo a cada ano. Porém, os volumes utilizados nessas atividades ainda são desconhecidos. As indústrias, principalmente aquelas que têm a água como o principal insumo de produção, procuram se instalar em áreas hidrogeologicamente favoráveis para garantir o suprimento de suas demandas. Já na irrigação, o expressivo número de agropólos, como também a pequena irrigação, justificam a utilização de águas das aluviões, captadas através de poços de grande diâmetro (SECRETARIA, 1992).

2.2 Os Principais Recursos Subterrâneos do Estado do Ceará

Os principais sistemas aquíferos do Estado do Ceará estão presentes na bacia do Jaguaribe e são classificados como aquíferos sedimentares⁴ e aquíferos cristalinos ou

⁴ Aquíferos sedimentares são solos permeáveis por porosidade granular (ART, 1998).

fraturados⁵. A bacia do Jaguaribe abrange uma área de 72.043 km², sendo que 80% dessa área se encontram no domínio de rochas cristalinas (SECRETARIA, 1992).

A bacia é composta pelos aquíferos: Aluviões, Dunas, Grupo Barreiras, Grupo Apodi, Grupo Araripe, Grupo Rio do Peixe e Cristalino. Os aquíferos Aluviões e Dunas localizam-se em sedimentos do tipo Quaternário, o Grupo Barreiras em sedimento Terciário, os Grupos Apodi, Araripe e Rio do Peixe no cretáceo e o Cristalino no Pré-Cambriano.

Apesar da distribuição dos aquíferos não ser uniforme, o Cristalino é considerado o aquífero mais importante da Bacia, pois se apresenta como alternativa de exploração de água das populações de regiões semi-áridas, encravadas em rochas cristalinas, mais afetadas pelos períodos de estiagem prolongada.

Os poços construídos no cristalino buscam captar águas das reservas acumuladas nas fraturas, e a intensidade da vazão depende fundamentalmente da interceptação do sistema de fraturas. A vazão média desses poços atinge 2m³/h, aproximadamente e, em sua maior parte, o teor de sal atinge valores acima de 1.000 ppm⁶ (SUPERINTENDÊNCIA, 2002).

No Grupo Araripe, os aquíferos mais importantes são os arenitos das Formações Missão Velha e Cariri. A recarga desses aquíferos é feita pela infiltração direta de águas pluviais, com ressalva para o aquífero de Missão Velha, cuja recarga é feita também através do escoamento superficial, fontes e da infiltração das águas do aquífero Exu.

No Grupo Apodi ou Bacia Potiguar, como é também conhecido, existe a seguinte subdivisão: a Formação Jandaíra, composta essencialmente de calcários, e a Formação Açu. Esses aquíferos são considerados dos mais importantes reservatórios subterrâneos do Grupo Apodi, pois apresentam condições hidrológicas favoráveis à exploração de água subterrânea.

Com relação a Barreiras, os sedimentos desse grupo ocorrem ao longo do litoral, porém a potencialidade hídrica em Barreiras não é conhecida, revelando que as possibilidades aquíferas restringem-se aos níveis arenosos intercalados nas camadas argilosas.

O Grupo Dunas caracteriza-se por sedimentos litorâneos e areias de praia. Esses sedimentos constituem um aquífero do tipo livre, com elevada capacidade de infiltração e

⁵ Aquíferos fraturados são solos permeáveis por fissuras encontradas nas rochas (ART, 1998).

⁶ Partículas por milhão.

recarga feita pelas precipitações pluviométricas e pelas lagoas que se localizam entre as dunas. As pesquisas realizadas nesse grupo visam ao abastecimento de água a comunidades situadas na faixa costeira.

Finalmente, as aluviões são constituídas por areias finas a grosseiras, cascalhos e argilas, possuindo espessuras variadas. A recarga das aluviões é feita através de precipitações pluviométricas e da infiltração das águas dos próprios rios nos períodos de enchente. Geralmente os aquíferos aluvionares são do tipo livre, com elevada capacidade de armazenamento, alta permeabilidade e apresentam águas de boa qualidade.

Assim, considerando o grande potencial hídrico de águas subterrâneas que o Estado do Ceará oferece, mas observando as características intrínsecas da qualidade dessa água, são necessárias algumas observações importantes referentes a esses dois pontos. Com relação ao potencial hídrico, é preciso que haja programas voltados para um bom gerenciamento desse potencial, evitando assim o desperdício de um recurso natural tão importante para o semi-árido nordestino. Outro aspecto que também deve ser considerado é o investimento em tecnologia, que faça o devido aproveitamento desse recurso, como, por exemplo, o uso de dessalinizadores, equipamentos extremamente eficientes.

2.3 Principais Ações Mitigadoras Contra a Seca no Estado do Ceará

Inicialmente, em decorrência dos grandes problemas causados pelas diversas secas no semi-árido cearense, o Ceará foi a segunda Unidade federal a elaborar o Plano Estadual dos Recursos Hídricos com o intuito de possibilitar o desenvolvimento sustentável da região.

Aliado ao Plano Estadual, o Governo do Estado implantou também o Projeto Gestão das Águas do Ceará, formado por um conjunto de programas e projetos, e que está sendo, em parte, financiado pelo Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. A seguir, são transcritos alguns dos programas e projetos elaborados para o Estado do Ceará, no que se refere ao gerenciamento e sustentabilidade dos recursos hídricos (SECRETARIA, 1997).

- **PROURB (Projeto de Desenvolvimento e Gestão dos Recursos Hídricos)** – esse projeto tem atuação em todo o Território cearense e está voltado para a recuperação e

implementação de sistemas de esgotamento sanitário, além do abastecimento de água através de mananciais de superfície;

- **PROASIS (Programa de Água Subterrânea e Investigação do Subsolo do Estado do Ceará)** - este programa faz com que todas as ações voltadas para o aproveitamento racional da água subterrânea visem ao desenvolvimento sustentável das áreas rurais onde há escassez de água superficial;

- **PROGERIRH (Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos)** - O Programa atua em todo o setor de recursos hídricos do Estado do Ceará e é dividido em seis componentes: gestão; incremento da rede de açudes estratégicos; eixos de integração de bacias hidrográficas; recuperação de infra-estrutura hidráulica; desenvolvimento hidro-ambiental das microbacias hidrográficas e projeto piloto para monitoramento dos aquíferos Cariri e Litoral;

- **PROCASTANHÃO (Construção e Ações de Sustentabilidade do Açude Castanhão)** - atualmente, em fase final de implantação, o açude Castanhão desempenhará uma função primordial no tocante aos recursos hídricos do Ceará. A sua capacidade de acumulação (segundo dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, mais de 6.000hm³), aliada à finalidade de amortecer as cheias na região do baixo vale do Jaguaribe, fará com que o açude exerça o papel de receptor e distribuidor das águas do rio São Francisco; e ainda, promover o desenvolvimento hidroagrícola e reforçar o abastecimento de água no Estado;

- **Projeto Água Doce** – esse projeto visa ao aproveitamento de água subterrânea através de estudos hidrogeológicos e construção de poços, introduzindo inovações tecnológicas como: painel fotovoltaico, chafariz eletrônico e dessalinização das águas salobras; além disso, objetiva capacitar a população através de treinamentos para gerenciamento dos sistemas implantados. As etapas principais de implantação do projeto são: diagnóstico da demanda, locação do poço, construção do poço, instalação do sistema de captação e abastecimento d'água e gestão de pequenos sistemas de abastecimento d'água (SUPERINTENDÊNCIA, 2002);

- **Programa de Abastecimento d'água através de Carros-Pipa** – o abastecimento de água potável por meio desse programa obedece alguns critérios como:

- atendimento direcionado para aglomerados comunitários formados por no mínimo 30 famílias;

- comunidades localizadas num raio de 2km de fonte com água potável não serem atendidas por esse programa;
- a duração desse programa é de caráter temporário, encerrando-se logo após a regularização do suprimento hídrico natural ou que seja executado pelo poder público;
- a cota de distribuição de água para consumo humano é finita, cerca de 50 litros/dia por família e;
- não serão atendidas localidades já beneficiadas com obras, equipamentos e/ou serviços voltados para a regularização do abastecimento hídrico;

• **Projeto São José** - esse projeto possui recursos oriundos do Banco Mundial em parceria com o Governo do Estado e, dentre vários tipos de investimentos, financia também a implantação de sistemas de dessalinização para a produção de água potável para comunidades rurais do Estado, a partir basicamente de fontes hídricas de águas salobras subterrâneas (poços tubulares);

• **Projeto Poços do Sertão** – esse projeto consiste na construção de cinco mil poços tubulares rasos nas áreas de aluviões, espalhados em 101 municípios cearenses. O projeto prevê beneficiar mais de cinco mil famílias. A implantação desse projeto será um trabalho conjunto com as prefeituras municipais, coordenado pela Secretaria da Agricultura Irrigada - SEAGRI, em parceria com as Secretarias de Desenvolvimento Rural – SDR, dos Recursos Hídricos – SRH e Trabalho e Ação Social – SETAS.

Além desses programas e projetos, segundo PEREIRA (2001), outras medidas de menor capacidade, mas com resultados mais isoladas têm sido implementadas conjuntamente para aumentar as opções e, conseqüentemente, sanar o problema da falta de água. Dentre outras medidas, podem ser mencionadas:

- a construção de reservatórios;
- a montagem de cisternas;
- a perfuração de poços e a instalação de dessalinizadores;
- a abertura de cacimbas;
- a construção de barragens subterrâneas;
- a montagem de adutoras etc.

Contudo, apesar dos inúmeros programas e projetos, a experiência do Estado em saneamento rural mostra-se limitada em virtude das intervenções isoladas, sem o comprometimento com a tecnologia, a operação e manutenção dos serviços implantados.

Por outro lado, sabe-se que os elevados custos de implantação de um sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário não condizem com a situação financeira da população rural. Dessa forma, é preciso que todas essas ações ajam conjuntamente para que os resultados sejam positivos, diminuindo assim a atual condição precária na qual as comunidades rurais vivem.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Área Geográfica de Estudo

O Estado do Ceará possui uma área de 146.348 km², correspondentes a 9,4% da área da Região Nordeste do Brasil. Localiza-se um pouco abaixo da linha do equador, em uma posição nitidamente tropical entre 2° 46'30'' e 7° 52'15'' de latitude sul e 37° 14'54'' e 41°24'45'' de longitude ocidental. Limita-se ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul com Pernambuco, ao leste com a Paraíba e o Rio Grande do Norte e a oeste com o Piauí (INSTITUTO, 2003).

Em razão da proximidade à linha do equador, nas diversas regiões do Estado, têm-se: temperatura média de 22°C no litoral e 27°C no sertão. Em geral, a temperatura média é de 26°C, cujas variações médias oscilam em torno de 7°C. A precipitação pluviométrica anual varia em torno de 750mm a 900mm no interior do Estado e de 1200mm para as regiões costeiras e serranas, com a concentração de chuvas nos meses de janeiro a maio. Em alguns anos, a estação chuvosa ocorre insuficientemente, acarretando o fenômeno da seca. O Ceará apresenta ainda altas taxas de evaporação e evapotranspiração e solos com fraca capacidade de infiltração.

O Estado do Ceará se encontra inserido no semi-árido, onde predominam os solos cristalinos, o que ocasiona uma limitação na disponibilidade de água subterrânea. Uma das características do semi-árido é a caatinga, vegetação de restinga e salinas em estreita faixa litorânea. O relevo caracteriza-se por cinco categorias morfológicas: o pediplano, amplo plano levemente ondulado, que ocupa a maior parte do Estado, de sul para norte; as serras, maciços montanhosos, que se erguem do pediplano, no norte do Estado; as chapadas, elevações tubulares com grande extensão; os tabuleiros litorâneos, formações tabulares pouco elevadas (aproximadamente metade da superfície estadual se encontra abaixo dos 300 m); e as planícies aluviais, que se localizam ao longo dos rios (ALMANAQUE, 2000).

O ponto mais elevado no Ceará é o pico serra Branca, na serra do Olho d'Água com 1.154 m. Os principais rios cearenses são: Jaguaribe, Salgado, Conceição, Acaraú, Pacoti e Pirangi.

O Estado está dividido em 33 microrregiões que formam as seguintes mesorregiões cearenses (FIGURA 1): Noroeste, Norte, Metropolitana de Fortaleza, Sertões, Jaguaribe, Centro-Sul e Sul. Nessas sete mesorregiões se encontram distribuídos 184 municípios e 765 distritos, sendo que a população urbana representa 71,53% e a rural 28,47% (INSTITUTO, 2001B).

Segundo o IPLANCE (2003), no ano de 2000, o Produto Interno Bruto total do Ceará foi de R\$ 21.917 milhões e o PIB *per capita* foi de R\$ 2.950 (INSTITUTO, 2003). A estrutura setorial do PIB cearense se divide em três grandes e principais setores: agropecuária com 5,58%, indústria com 41,15% e serviços com 53,27%.

Fortaleza é a capital do Ceará, a cidade mais populosa do Estado. Depois de Fortaleza, temos as cidades de Juazeiro do Norte, Maracanaú, Caucaia, Sobral e Crato também com um número expressivo de pessoas residentes.

A geologia do Ceará é 75% composta por substratos de rochas cristalinas, o que contribui com baixa produção de água, com alto teor salino. As possibilidades de acumulação de água ficam restritas às zonas fraturadas, ao manto do intemperismo e às aluviões. Em algumas partes do Estado, este contexto permite o uso de reservatórios de coleta d'água para serem utilizados durante a estação seca. A área costeira é coberta por litotipos porosos e tem importantes reservatórios de água subterrânea (SECRETARIA, 1995).

As regiões hidrográficas do Estado do Ceará são: Jaguaribe, Acaraú, Curu, Poti, Banabuiú, Baixo Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Alto Jaguaribe e Salgado. Salienta-se, ainda, que o Estado não apresenta grandes mananciais hídricos subterrâneos, entretanto podemos encontrar na bacia do Jaguaribe os mais importantes aquíferos cearenses.

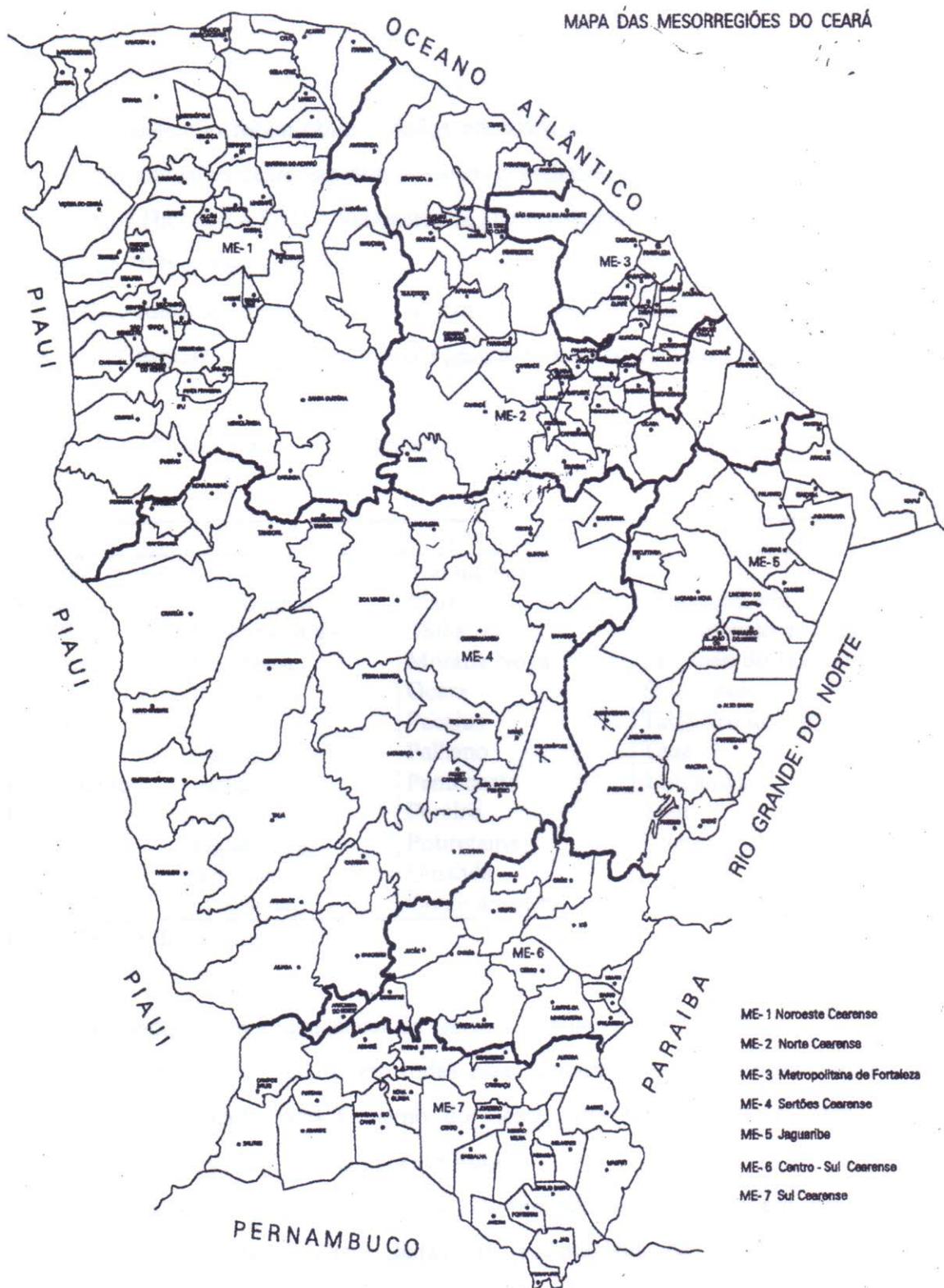


Figura 1 – Mapa das sete mesorregiões do Estado do Ceará

3.2 Fonte dos Dados

Nesse estudo foram obtidos dados primários a partir da aplicação de questionários em 130 comunidades cearenses que possuem dessalinizadores implantados pela Secretaria de Recursos Hídricos – SRH e Secretaria de Desenvolvimento Rural – SDR, no período de outubro de 1998 a janeiro de 2000.

O estudo se concentra em 130 comunidades distribuídas em 46 municípios do Estado do Ceará. O nome dos municípios pesquisados estão dispostos na TABELA 2.

TABELA 2 – Nome dos municípios pesquisados

Nome dos Municípios			
Acarape	Choró	Maranguape	Russas
Acaraú	Chorozinho	Marco	Santa Quitéria
Alto Santo	Guaramiranga	Milhã	São Gonçalo do Amarante
Amontada	Ibaretama	Morada Nova	São João do Jaguaribe
Aracati	Ibicuitinga	Ocara	Solonópole
Aracoiaba	Icó	Pacajus	Tabuleiro do Norte
Barreira	Irauçuba	Palhano	Tauá
Brejo Santo	Itapipoca	Pentecoste	Tejuçuoca
Canindé	Itapiúna	Pereiro	Trairi
Capistrano	Jaguaribara	Potiretama	Umirim
Caridade	Jaguaribe	Quixadá	
Cascavel	Madalena	Quixeramobim	

Fonte: Dados da Pesquisa

Segundo a Superintendência de Obras Hidráulicas – SOHIDRA e a Secretaria de Desenvolvimento Rural - SDR, em todas essas comunidades existe pelo menos 1 (um) dessalinizador instalado pelo Governo do Ceará, através da Secretaria dos Recursos Hídricos e Secretaria do Desenvolvimento Rural.

Para auxiliar na avaliação dos dessalinizadores, são também usados dados fornecidos através das análises feitas no Laboratório de Análises Químicas da Universidade Federal do Ceará, referentes às amostras coletadas da água do poço de cada comunidade onde se encontra o dessalinizador, da água dessalinizada e do rejeito resultante da dessalinização, feito por osmose reversa.

Cada questionário foi composto por perguntas objetivas e dissertativas para obter o maior número de informações possível, tanto sobre os dessalinizadores como informações das comunidades que auxiliam na avaliação desses aparelhos.

Ressalta-se que todas as informações solicitadas buscaram sempre refletir o conjunto e não apenas um grupo de pessoas isoladas ou usuário específico, dado que a implantação de um dessalinizador é de natureza eminentemente coletiva e não individual.

E mais, para complementar os dados do estudo, foram utilizados também dados secundários, oriundos do Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento de Água Subterrânea no Estado do Ceará, realizado pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM e da Superintendência de Obras Hidráulicas – SOHIDRA.

3.3 Métodos de Análises

3.3.1 Análise Tabular

Para atender o objetivo específico (a) do trabalho, utilizou-se a análise tabular para captar as seguintes informações: distribuição espacial desses aparelhos, identificação dos principais modelos instalados, origem dos recursos para a implantação dos equipamentos, capacidade instalada de produção de água dessalinizada e o número de famílias beneficiadas.

3.3.2 Modelo Teórico

Para alcançar o segundo objetivo específico do estudo, item (b), aplicou-se um modelo econométrico com variável dependente e dicotômica, ou seja, uma variável que indica a ocorrência ou não de um evento. Em casos como esses e de acordo com os objetivos do estudo, há duas opções: o bom desempenho ou não de um dessalinizador.

Seja Y_i a variável binária que representa o desempenho do i -ésimo dessalinizador, especificado por:

$$Y_i = \begin{cases} 0, & \text{se o dessalinizador estiver parado ou apresentar mau desempenho (água} \\ & \text{dessalinizada com valor acima de 1.000 ppm de sólidos totais dissolvidos); e} \\ 1, & \text{se o dessalinizador apresentar bom desempenho (água dessalinizada com} \\ & \text{valor menor que 1.000 ppm de sólidos totais dissolvidos).} \end{cases}$$

Nesses tipos de modelo, costuma-se atribuir à ocorrência do evento um valor igual a 1 (um), enquanto que à não-ocorrência é atribuído um valor igual a 0, ou seja, a variável dependente assume apenas dois valores, o que caracteriza respostas qualitativas do tipo sim ou não.

Por outro lado, nestes tipos de modelo, existe também a possibilidade de a variável dependente estar em função de variáveis explicativas do tipo dicotômicas e, quando isso ocorre, estas são representadas por variáveis qualitativas⁷.

Dada a especificação da variável dependente limitada com característica binária, serão empregados modelos econométricos, com base na seguinte forma geral:

$$Y_i = X_i \beta + \varepsilon_i \quad (1)$$

Onde,

Y_i = variável dependente (desempenho do dessalinizador);

X_i = vetor de variáveis explicativas;

β = vetor de parâmetros; e

ε_i = vetor dos termos de resíduo

Segundo LIMA (1996), as formas funcionais mais comuns em aplicações de modelos de resposta binárias são as seguintes:

⁷ Variáveis qualitativas ou variáveis *dummies* geralmente indicam a presença ou a ausência de uma qualidade ou atributo. Um método para "quantificar" tais atributos é construir variáveis artificiais que assumam valores de 1 ou 0. O valor zero indica a ausência de uma qualidade e o valor um sinaliza a presença desse atributo (GUJARATI, 2000).

Modelo de Probabilidade Linear:

$$F(X_i' \beta) = X_i' \beta \quad (2)$$

Modelo Logit:

$$F(X_i' \beta) = L(X_i' \beta) = \frac{1}{1 + e^{-X_i' \beta}} \quad (3)$$

Modelo Probit:

$$F(X_i' \beta) = \Phi(X_i' \beta) = \int_{-\infty}^{X_i \beta} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt \quad (4)$$

Onde $\Phi(\cdot)$ representa a função densidade normal cumulativa, $L(\cdot)$ a função logística cumulativa, e a base do logaritmo natural e π uma constante com valor aproximado de 3,1416.

Segundo LIMA (1996), quando se utiliza o método tradicional de regressão linear para estimar modelos dessa natureza, esse apresenta alguns problemas como: a obtenção de erros não homocedásticos⁸ e a possibilidade de se obter estimativas de probabilidades fora do intervalo entre zero e um.

Segundo PYNDICK & RUBINFELD (1981), pode-se mostrar que:

$$\text{Var}[e_i] = P_i(1 - P_i) \quad (5)$$

De acordo com esta equação, conclui-se que: quando P_i estiver próximo a zero ou um, a variância do erro será mínima, e quando P_i estiver próximo a 0,5, a variância do erro será máxima. Com isso, a variância do erro depende de P_i , significando que o erro aleatório é heterocedástico. Porém, a heterocedasticidade, se constatada a sua presença na regressão, poderá ser facilmente resolvida em virtude da existência de procedimentos para a correção de tal problema. A maior dificuldade, como a pouco mencionado, é a utilização de

⁸ A homocedasticidade ocorre quando o termo aleatório, além de não autocorrelacionado, deve apresentar variância constante, ou seja, $\text{Var}(\varepsilon_i) = E(\varepsilon_i)^2 = \sigma_u^2$. A violação desse pressuposto ocasiona o problema denominado de heterocedasticidade, ou seja: os estimadores dos parâmetros (β) são não viesados, mas ineficientes e; as variâncias estimadas dos parâmetros são enviesadas, ensejando problemas com os testes de hipótese (GUJARATI, 2000).

modelos que não garantem as previsões no intervalo entre 0 e 1, como é o exemplo do modelo de probabilidade linear.

O modelo de probabilidade linear expressa a variável dependente Y , neste caso, binária, como uma função linear de uma ou mais variáveis explicativas X_i . Neste caso, o MPL é geralmente utilizado quando do emprego de informações teoricamente mais complexas. Dessa forma, os modelos Probit e Logit apresentam-se como as escolhas mais comuns para o presente estudo.

O modelo Probit é baseado na função de probabilidade da distribuição normal padronizada, a qual possibilita uma transformação no modelo, garantindo que, para qualquer variável independente (X_i), as estimativas probabilísticas estejam sempre no intervalo entre 0 e 1.

O modelo Logit, por sua vez, é baseado na função de probabilidade logística cumulativa, e, como o Probit, as estimativas de probabilidade do Logit também se situam no intervalo entre 0 e 1.

De acordo com GUJARATI (2000), os modelos Logit e Probit possuem formulações bem comparáveis, sendo que a principal diferença está no fato de a logística ter caudas ligeiramente mais achatadas, ou seja, a curva normal (no modelo Probit) se aproxima do eixo mais rapidamente do que a curva logística (no modelo Logit).

A FIGURA 2 é uma demonstração gráfica das funções de probabilidade normal cumulativa e logística cumulativa. Segundo PINDYCK & RUBINFELD (1981), para as duas distribuições, a inclinação da curva é maior quando P_i está próximo a 0.5, e é menor para valores de P_i próximos a 0 e 1, significando que mudanças na variável dependente próximas ao ponto médio da distribuição terão um impacto maior em P_i do que as mudanças próximas aos extremos dessa mesma distribuição.

Segundo GUJARATI (2000), com exceção da diferença entre as caudas dos modelos mostrada no gráfico anterior, as duas distribuições são bem próximas, portanto as inferências realizadas a partir dos modelos Logit e Probit não apresentam diferenças significativas. Apesar disso, as estimativas dos coeficientes de ambos os modelos não são diretamente comparáveis e, neste aspecto, a escolha entre os dois é uma questão de conveniência matemática.

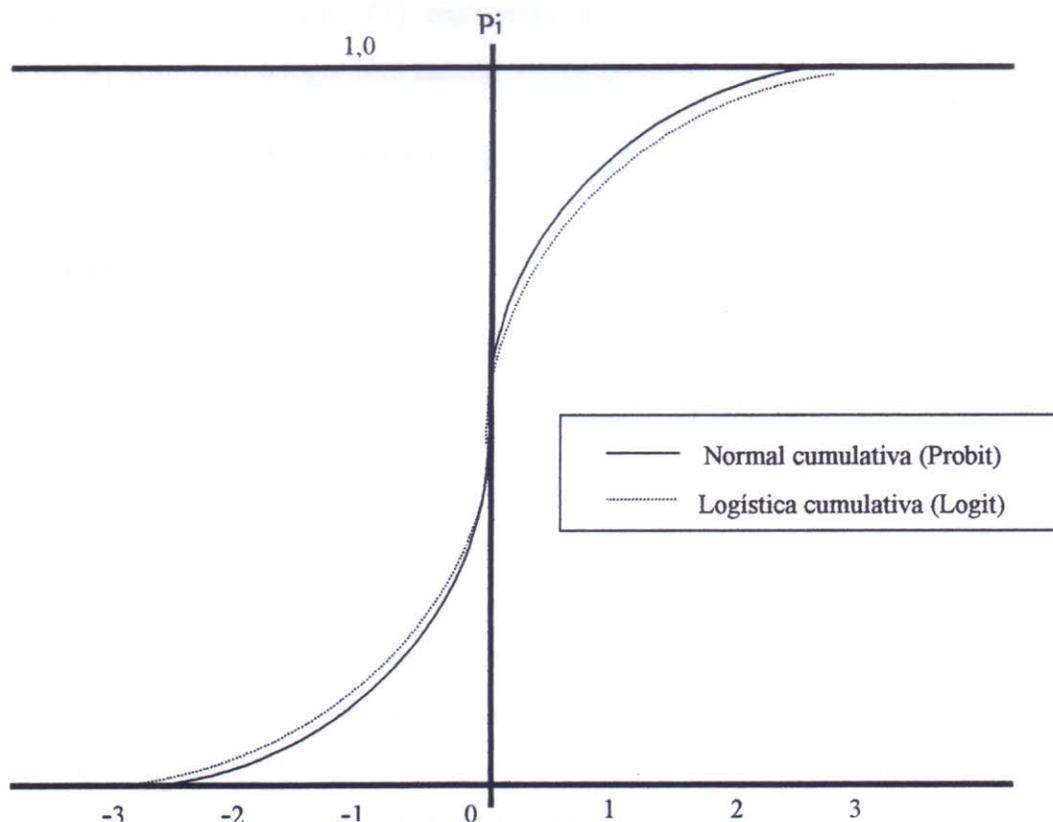


FIGURA 2 – Demonstração gráfica das funções dos modelos Probit e Logit

Um ponto importante é a origem dos dados serem de observações individuais, outrora mencionadas. Particularmente, nesse caso, com exceção do Modelo de Probabilidade Linear, a estimação dos modelos de escolhas binárias é usualmente baseada no método de máxima verossimilhança.

Através desse método, a utilização de uma amostra de observações permitirá, juntamente com a teoria da inferência estatística, encontrar os valores estimados dos parâmetros e, dessa forma, probabilisticamente, se terá encontrado as informações desejadas, com maior grau de confiabilidade (VASCONCELOS & ALVES, 2000).

Para um modelo $F(X_i\beta)$ com probabilidade de sucesso e observações independentes, a função de verossimilhança (L) é dada pela seguinte expressão:

$$L = P(y_1).P(y_2)...P(y_n) = \prod_{y_i=0} [1 - F(X_i\beta)] \prod_{y_i=1} F(X_i\beta) \quad (6)$$

$$L = \prod_{i=1}^n [F(X_i\beta)]^{y_i} [1 - F(X_i\beta)]^{1-y_i} \quad (7)$$

A expressão da equação (7) representa a função de verossimilhança para n observações. Aplicando-se o logaritmo natural nesta expressão, teremos:

$$\ln L = \sum_{i=1}^n [y_i \ln F(X_i \beta) + (1 - y_i) \ln(1 - F(X_i \beta))] \quad (8)$$

A obtenção dos estimadores para construir o vetor de parâmetros β é feita diferenciando-se L em relação a cada variável do coeficiente β , igualando-se a zero. Essa estimação é não linear e requer uma solução iterativa. Os parâmetros obtidos na convergência final desse processo iterativo possui matriz de covariância assintótica dada pelo inverso da matriz de informação.

Outro ponto que se deve ressaltar quando da utilização dos modelos Logit e Probit é que, com exceção do Modelo de Probabilidade Linear, o coeficiente das variáveis explicativas não tem o mesmo significado que no método dos mínimos quadrados; ou seja, através desse método, o coeficiente de uma variável explicativa mede uma mudança percentual na variável explicada, como resultado de uma variação percentual na referida variável explicada *coeteris paribus*, a qual chamamos de elasticidade.

Todavia, segundo LIMA (1996), nos modelos Probit e Logit o impacto de cada variável explicativa na variável explicada denomina-se de efeito marginal, significando a inclinação das curvas normal cumulativa e logística cumulativa, respectivamente, para cada observação.

Para esses modelos, segundo AMEMIYA (1981), sejam X_{in} o n -ésimo elemento do vetor de variáveis independentes X_i e β_n o n -ésimo elemento de β , o efeito marginal para uma determinada variável X_i é calculado como a derivada parcial da função de resposta binária com relação à X_i , a seguir:

Modelo Probit:

$$\frac{\partial}{\partial X_{in}} \Phi(X_i, \beta) = \Phi(X_i, \beta) * \beta_k \quad (9)$$

Modelo Logit

$$\frac{\partial}{\partial X_{in}} L(X_i, \beta) = \frac{e^{X_i \beta}}{(1 + e^{X_i \beta})^2} * \beta_n \quad (10)$$

No caso específico desses dois modelos, o efeito marginal não é dado diretamente por β_n , mas pelas derivadas parciais mostradas acima. O efeito marginal nas equações 9 e 10 informa qual o impacto de cada variável explicativa, quando essa experimenta uma mudança unitária, na probabilidade da ocorrência ou não de um evento.

Outro ponto importante que devemos verificar quando da utilização desses modelos é se as variáveis explicativas se apresentam significativas ou não. Nesse caso, temos a Razão de Máxima Verossimilhança ou Estatística LR, que é um teste semelhante ao teste “F” de Snedecor, aplicado aos modelos estimados com base no método dos Mínimos Quadrados Ordinários. E, nesse caso, interpreta-se que a hipótese nula é que as variáveis independentes em conjunto sejam iguais a zero e a hipótese alternativa é o caso contrário.

Segundo GREENE (1997), temos que a estatística LR é calculada da seguinte forma:

$$LR = -2(\ln L_R - \ln L) \sim \chi^2_{(k-1)} \quad (11)$$

a equação (11) segue distribuição qui-quadrada (χ^2) com k graus de liberdade, sendo k o número de variáveis independentes. L_R e L são os valores das funções de verossimilhança estimadas com restrição e sem restrição. No primeiro caso, ter-se-á o vetor dos coeficientes restrito a zero, ou seja, $\beta=0$ e, no segundo caso, o vetor dos coeficientes será irrestrito, $\beta \neq 0$, correspondendo aos estimadores de máxima verossimilhança.

Como já discutido, quando dos motivos apresentados para a não-utilização do Modelo de Probabilidade Linear, a heterocedasticidade é um dos problemas naturais que persistem em modelos com respostas binárias. Portanto, para verificarmos a existência desse problema, utilizaremos a estatística do Multiplicador de Lagrange que, segundo SANTOS (2000), utiliza a seguinte expressão:

$$Var(e_i) = \exp(zy)^2 \quad (12)$$

onde z é um vetor de variáveis que representam a fonte de heterocedasticidade do modelo e Y é um vetor de coeficientes. O teste acima se propõe verificar a hipótese de que Y é estatisticamente igual a zero. Se Y for igual a zero, então, a variância é homocedástica. Caso contrário, quando Y for diferente de zero, a variância do modelo é igual a $\exp(Zy)$,

portanto heterocedástica e, neste caso, o modelo deve ser transformado para que os coeficientes sejam estimados eficientemente.

Com relação ao R^2 , alguns autores, como MADDALA (1992) e GREENE (1997), sugerem vários testes para verificar essa estatística. Veja-se, a seguir, alguns testes, como o de McFadden's e o R^2 , em termos de proporção de previsões corretas:

$$\text{McFadden's } R^2 = 1 - \frac{\log L_{UR}}{\log L_R} \quad (13)$$

Finalmente, o R^2 em termos de proporção de previsões corretas pode ser definido desde que a variável dependente assuma os valores zero ou um, sendo que, depois de estimada essa variável, as observações deverão ser classificadas da seguinte forma: grupo 1, Y estimado $> 0,5$ e grupo 2, Y estimado $< 0,5$. Após essa classificação, o R^2 será obtido através da divisão do número de previsões corretas pelo número total de observações.

3.3.3 Identificação das Variáveis

Para se verificar o impacto das variáveis no desempenho dos dessalinizadores, a variável dependente será especificada da seguinte forma:

$Y = 1$ se, e somente se, no caso da água dessalinizada com um valor de, no máximo, 1.000 ppm de sólidos totais dissolvidos; e

$Y = 0$ para os aparelhos com água dessalinizada com valor igual ou acima de 1.001 ppm de sólidos totais dissolvidos bem como os dessalinizadores que se encontrarem parados durante a coleta dos dados.

Com relação as variáveis independentes, tem-se o seguinte:

- **MD – Marca do Dessalinizador.** A diferença entre os dessalinizadores é comum e um dos aspectos que os diferenciam é a sua marca de fabricação. Essa é uma variável qualitativa, e, dessa forma, observar-se-á dentre os aparelhos pesquisados qual a marca mais freqüentemente encontrada para classificá-la como 1 (um) e para as demais 0

(zero). O sinal encontrado poderá demonstrar uma relação positiva ou negativa entre a marca e o dessalinizador.

- **EM – Entidades Mantenedoras.** Existem dessalinizadores financiados por alguns órgãos públicos ou, até mesmo, financiados por projetos privados. Espera-se captar se a entidade mantenedora que mais financia programas de abastecimento d'água através de água dessalinizada é realmente a mais representativa ou não. Com isso, se o coeficiente dessa variável for positivo, confirmar-se-á essa hipótese; caso negativo, acredita-se que essa entidade não seja tão importante. Como esta variável também tem caráter qualitativo, a entidade mais freqüente terá valor 1 e as demais 0.

- **CI – Capacidade Instalada.** Supõe-se que o abastecimento de água potável de uma comunidade está relacionado diretamente com a capacidade de dessalinização de um dessalinizador. E, dessa forma, o sinal positivo do coeficiente dessa variável explicativa revelará que, quanto maior for a capacidade do aparelho, melhor será o desempenho.

- **DF – Distância de uma Fonte Hídrica.** Essa variável servirá para mostrar que, quanto mais distante a comunidade estiver de uma fonte de água potável, maior será o interesse da população em manter o aparelho em perfeitas condições. Portanto, espera-se um sinal positivo, indicando uma relação direta entre esta variável e o desempenho dos dessalinizadores.

- **S – Salinidade da água do poço.** Quanto maior for o teor de sal na água, maior será o desgaste do dessalinizador, portanto, espera-se uma relação inversa, ou seja, o coeficiente dessa variável independente deverá apresentar sinal negativo.

- **CUR – Curso do operador.** Essa variável revela que os operadores treinados por entidades influenciam direta e positivamente no funcionamento dos dessalinizadores. Sem o mínimo de conhecimento, os responsáveis pelas unidades de dessalinização, nas respectivas comunidades, poderão utilizar inadequadamente o dessalinizador.

- **ANEST – Anos de Estudo do Operador.** Acredita-se que essa variável tenha grande importância para o modelo, pois, acredita-se que os responsáveis em cada comunidade precisam ter um mínimo de estudo para que possam absorver as práticas ensinadas durante todo o curso de operador oferecido pelas instituições responsáveis pela instalação dos dessalinizadores. Espera-se que, quanto mais anos de estudo tenha o operador, maior seja a probabilidade do aparelho apresentar bom desempenho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo do trabalho está dividido em duas importantes seções: em primeiro lugar, a análise econômica e social com base em tabelas e, em segundo, a análise feita com base nos dados encontrados através da estimação do modelo econométrico.

4.1 Fontes Alternativas de Abastecimento de Água nas Localidades Estudadas

Inicialmente, antes de fazermos considerações acerca da avaliação do desempenho dos dessalinizadores, faz-se mister relatar a atual situação hídrica nas 130 comunidades estudadas. Com isso, um dos pontos observados foi a existência ou não de fontes de abastecimento d'água, além do dessalinizador.

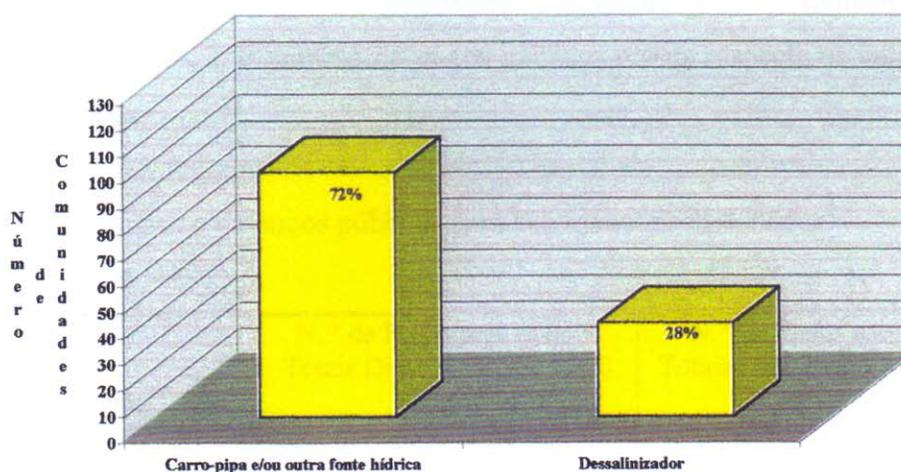


FIGURA 3 – Percentual de comunidades abastecidas por fontes alternativas além do uso de dessalinizadores

De acordo com a Figura 3, 72% das comunidades, ou seja, 94, eram abastecidas por carros-pipa ou por algum tipo de fonte hídrica, além do uso do dessalinizador. Enquanto isso, 28% ou 36 comunidades eram totalmente dependentes do uso de uma unidade de dessalinização.

Nas comunidades onde existe, além do dessalinizador, outra opção de abastecimento d'água foi verificado que a produção de água dessalinizada não era suficiente para atender toda a comunidade e, por isso, a necessidade de haver outra fonte hídrica para se complementar o abastecimento d'água.

Entretanto esse fato pode limitar o desempenho do dessalinizador, através da falta de interesse da comunidade em conservar a única opção de abastecimento d'água da comunidade. É importante que as comunidades carentes de abastecimento d'água sejam assistidas por apenas um programa e que esses dessalinizadores sejam instalados em locais onde exista um poço perfurado em condições de operar e, principalmente, não haja outros programas de abastecimento d'água.

Como mencionado, o uso do dessalinizador para a adequada utilização da água subterrânea só é possível se na localidade escolhida para a instalação de um desses aparelhos houver um poço perfurado. O uso desse recurso como fonte de abastecimento d'água é feito, principalmente, através dos poços.

No Ceará, existem cerca de 1.455 poços públicos, nos quais os dessalinizadores com recursos públicos podem ser instalados. Distribuídos nos 46 municípios estudados, veja-se, na TABELA 3, o número de poços públicos e seus respectivos valores de sólidos totais dissolvidos:

TABELA 3 – Número de poços públicos com sólidos totais dissolvidos⁹

Mesorregião ¹⁰	N.º de Poços com Sólidos Totais Dissolvidos ≤ 1.000 mg/l		N.º de Poços com Sólidos Totais Dissolvidos >1.000 mg/l	
	Operando	Não está Operando	Operando	Não está Operando
Jaguaribe	76	23	156	54
Metropolitana de Fortaleza	44	7	32	24
Noroeste Cearense	102	35	37	44
Norte Cearense	90	26	291	95
Sertões Cearenses	59	19	140	59
Sul Cearense	38	2	1	1
Total	409	112	657	277

Fonte: Dados da Pesquisa

⁹ "Medida da quantidade total de substâncias dissolvidas contidas em água ou efluente, incluindo matéria orgânica, minerais e outras substâncias inorgânicas." (ART, 1998)

¹⁰ Como antes descrito, o Estado do Ceará possui sete mesorregiões, mas o presente estudo enfoca apenas seis, de acordo com os municípios estudados.

Como pode ser observado, temos um total de 521 poços com teor de sal de até 1.000 mg/l distribuídos nas seis mesorregiões, do qual 79% operavam normalmente, enquanto apenas 21% não operavam.

Com relação aos poços públicos com teor de sal acima de 1.000 mg/l, os números revelam que 70% dos poços encontravam-se na ativa, porém, a oferta de água potável só seria possível com a presença de um dessalinizador, já que o elevado teor de sal se encontrava em um intervalo de 1.001mg/l a 23.725 mg/l, inviabilizando assim o consumo da água. E, em muitos casos, em razão do valor elevado de sólidos totais dissolvidos na água do poço, nem mesmo a presença de um dessalinizador resolveria esse problema, pois o aparelho poderia se desgastar facilmente em pouco tempo. O percentual de poços parados, com teor de sal acima de 1.001 mg/l, também não era tão alto em relação aos que se encontravam operando, apenas 30%.

O motivo para tal situação pode ser justamente a elevada concentração de sal ou minerais outros, possivelmente dissolvidos na água e, portanto, a causa que inviabiliza, em muitos casos, o uso de algum tipo de tecnologia para o aproveitamento total ou mesmo parcial dos recursos hídricos encontrados nesses poços.

Nas situações em que foram mostrados os números com relação aos poços que se encontram fora de operação, os motivos levantados pela CPRM foram que alguns se encontravam abandonados, desativados ou não instalados. Com relação ao último motivo, acredita-se que o problema esteja ligado a algum problema de ordem técnica quando da instalação do próprio poço.

4.2 Análise da Demanda e Oferta Hídrica dos Dessalinizadores

Nesta seção, discutir-se-á a necessidade de água dessalinizada, verificando os fatores que influenciam a demanda, dada a necessidade hídrica das comunidades estudadas e a oferta efetivamente realizada pelos dessalinizadores.

4.2.1 Desempenho dos Dessalinizadores conforme as Necessidades Hídricas das Comunidades Estudadas

Os dessalinizadores, como enfatizado, apresentam um grande potencial para o aproveitamento de recursos hídricos com elevado teor de sal. Porém a sua instalação requer algumas exigências, pois o seu custo limita o número de beneficiados. Sendo assim, é importante que sejam estabelecidos critérios de instalação de dessalinizadores que favoreçam as comunidades mais carentes de recursos hídricos.

Recentemente, foi realizado por MONTEIRO (2002) um estudo para a criação de um índice que estabelecesse prioridade na instalação de aparelhos de dessalinização nos municípios cearenses. De um total de 184 municípios, 170 foram agrupados em três classes: na primeira, estão 65 municípios que apresentaram os piores índices, portanto, os que mais necessitam de políticas públicas de abastecimento de água. Na segunda classe, foram classificados 83 municípios, também com o mesmo problema, entretanto nessas localidades o problema pode ser resolvido em médio prazo. Na terceira classe, há 22 municípios que apresentam melhores índices, apesar do problema de abastecimento. Com isso, dada a importância desse estudo, adotamos este índice como uma forma de avaliar alguns pontos observados no presente trabalho.

Outro aspecto também considerado foi a presença de dessalinizadores sob três situações: dessalinizadores totalmente parados e os que apresentavam mau desempenho, ou seja, encontravam-se funcionando mas apresentavam água dessalinizada com teor de sal acima de 1.000 mg/l. E os que apresentavam bom desempenho com água dessalinizada de até 1.000mg/l.

Então, segundo essa classificação e o índice de prioridade apresentado por MONTEIRO (2002), dos 130 dessalinizadores analisados, veja-se os números da TABELA 4.

No caso dos municípios com prioridade 1, ou seja, prioridade máxima, os números revelam que, do total de dessalinizadores instalados, 38,60% encontravam-se totalmente parados ou apresentavam mau funcionamento, e 61,40% apresentavam boas condições de uso e funcionamento.

TABELA 4 – Alocação dos dessalinizadores segundo o índice de prioridade e a situação de funcionamento

Nº de Municípios	Prioridade	Nº de Dessalinizadores	Situação do Funcionamento	
			Parados ou com Mau Desempenho	Funcionando com Bom Desempenho
65	1	57	38.60%	61.40%
83	2	62	41.94%	58.06%
22	3	11	27.27%	72.73%

Fonte: Dados da pesquisa

Deve-se ressaltar que a situação de abastecimento de água nessas localidades é crítica, pois a maioria das comunidades nesses municípios não possui nenhuma fonte alternativa de água, além do poço que, muitas vezes, apresenta elevado teor de sal e a presença de um aparelho de dessalinização, em situações como essa, se traduz na alternativa tecnológica para o aproveitamento do recurso subterrâneo.

Com relação aos municípios com prioridade 2, dos 62 dessalinizadores, 41,94% encontravam-se parados e 58,06% apresentavam bom desempenho. Dentre os municípios, não houve registro de aparelhos com mau desempenho, entretanto o percentual de aparelhos parados mostra-se bastante significativo. Outra observação importante é que o número de aparelhos instalados nesses municípios é maior do que os instalados em municípios da classe 1, revelando, assim, a falta de um planejamento hierárquico por parte dos órgãos públicos, de prioridades para a implantação de políticas de abastecimento d'água.

Nos municípios com prioridade 3, dos 11 aparelhos pesquisados, apenas 27,27% estavam parados e 72,73% apresentavam bom desempenho. Nesse caso, apesar do número pequeno de dessalinizadores, o número de aparelhos que apresentam bom desempenho é satisfatório, entretanto, nessas localidades, a instalação de um dessalinizador, dado o seu alto custo de implantação e manutenção, poderia ser realizada em longo prazo.

4.2.2 Análise do Desempenho dos Dessalinizadores-Região

Nessa seção do trabalho, observar-se-á o desempenho dos dessalinizadores de acordo com a região geográfica na qual o aparelho foi instalado. Veja-se agora os números da TABELA 5.

TABELA 5 – Análise do desempenho dos dessalinizadores por mesorregião

Mesorregião	Desempenho dos Dessalinizadores				Total	
	Parados ou com Mau Desempenho		Bom Desempenho			
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)
Jaguaribe	13	39,39	20	60,61	33	100
Metropolitana de Fortaleza	1	20,00	4	80,00	5	100
Noroeste Cearense	7	63,64	4	36,36	11	100
Norte Cearense	21	34,43	40	65,57	61	100
Sertões Cearenses	8	44,44	10	55,56	18	100
Sul Cearense	1	50,00	1	50,00	2	100
Total	51	-	79	-	130	

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a Tabela acima, pode-se perceber que os dessalinizadores de cada mesorregião, exceto a Metropolitana de Fortaleza, apresentam números preocupantes quanto ao seu desempenho. No Jaguaribe, Norte Cearense e Sertões Cearenses, os aparelhos que se encontravam parados ou que apresentavam mau desempenho superavam em mais de 30% do total dos aparelhos de cada uma das respectivas mesorregiões.

Isto demonstra, de certa forma, a pouca preocupação, o descaso em relação às tecnologias voltadas para a melhoria do homem do campo, tecnologias estas capazes de ocasionar renda via aumento da produção, fixando o homem no campo, ensejando emprego e, ainda, aproveitando o potencial agrícola da região.

A mesorregião do Jaguaribe é bastante conhecida, em razão do grande potencial de fruticultura irrigada que começou em meados do ano de 1995 como também por promover o turismo rural, por isso o abastecimento d'água para essa região se torna imprescindível. No entanto, pode-se observar que, dos 33 dessalinizadores instalados nessa mesorregião, 39.39% encontravam-se parados ou com mau desempenho.

Já no Norte Cearense, de acordo com os números da tabela, pode-se considerar uma das regiões mais críticas dentre as demais. Nessa mesorregião, havia 61 dessalinizadores espalhados em 17 municípios e, desses municípios, 10 pertencem à classe 1, portanto, prioridade máxima. E, para esses municípios, a situação ainda é agravada pelo alto percentual de aparelhos parados (34,43%). Destaca-se o fato de que, entre os anos de 1980 e 1996, a população rural nessa mesorregião foi acrescida, o que pode ter ocasionado,

entre outros fatores, uma diminuição no abastecimento d'água *per capita* da mesorregião, evidenciando assim a necessidade de uma reversão deste quadro.

Na mesorregião dos Sertões Cearenses, a situação é ainda mais grave, pois a escassez de água é agravada pela formação dos solos, exceto Quixeramobim, que é um dos poucos municípios que apresenta solos férteis. Entre os anos de 1980 e 1996, a mesorregião apresentou uma redução em sua população rural, que, entre outros fatores, pode ter sido acelerado pela escassez de água. Considerando esse fato, pode-se afirmar que, para essa região, a presença de dessalinizadores com bom desempenho pode contribuir para fixar o homem no campo.

No Noroeste Cearense, a situação era ainda mais crítica, pois o número de dessalinizadores parados representa quase o dobro dos que estavam funcionando, ou seja, 63,64%. Nessa mesorregião, a população economicamente ativa é a maior do Estado e é a segunda com população de jovens entre 15 e 19 anos. Talvez nessa mesorregião o problema de dessalinizadores parados seja justificado através da preferência da população por outras fontes de abastecimento d'água, por isso a pouca importância dada aos dessalinizadores.

De todas as regiões, apenas a Metropolitana de Fortaleza apresentava bons números, porém, esse fato pode ser explicado pela localização estratégica da mesorregião, pois as cidades que a compõem encontram-se próximas de locais como a Secretaria de Obras Hidráulicas – SOHIDRA e o Núcleo de Tecnologia – NUTEC, que se responsabilizam pela manutenção de dessalinizadores e, portanto, o acesso à manutenção é mais rápido. Outro ponto positivo nessa mesorregião é a sua localização na zona litorânea, por isso, não apresenta muitos problemas com relação à seca.

4.2.3 Oferta de Água Potável dos Dessalinizadores com Bom Desempenho

A importância do dessalinizador em uma região é, principalmente, aumentar a oferta de água disponível para a população. Sendo assim, um dessalinizador, além de bom desempenho (teor de sal ≤ 1.000 ppm), deve também obedecer a sua capacidade de produzir água potável. Neste sentido, a TABELA 6 traz a oferta de água dos 79 dessalinizadores que apresentaram bom desempenho.

TABELA 6 – Avaliação da oferta de água potável nos 79 dessalinizadores em funcionamento

Mesorregião	Oferta de Água – l/h (Prevista)	Oferta de Água – l/h (Efetiva)	Nº de Famílias (Prevista)	Água Potável por Família (Prevista) l/h/família	Água Potável por Família (Efetiva) l/h/família
Jaguaribe	16.200	15622	2.382	6,80	6,56
Metropolitana de Fortaleza	7.600	4.611	1.540	4,94	2,99
Noroeste Cearense	3.000	2.200	260	11,54	8,46
Norte Cearense	34.275	29.942	6.797	5,04	4,41
Sertões Cearenses	11.400	9.797	1.570	7,26	6,24
Sul Cearense	200	200	34	5,88	5,88
Total	72.675	62.372	12.583	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

A oferta de água prevista é um cálculo realizado pela SOHIDRA com base em algumas informações obtidas por técnicos especialistas na área. Antes da instalação de um dessalinizador, faz-se mister a visita de um técnico na comunidade, na qual, em virtude do problema de alta salinidade, se deseja instalar um aparelho.

Para a implantação de um desses dessalinizadores, é preciso calcular a quantidade exata de água a ser dessalinizada, para que se evite o desperdício. Para tanto, deve-se considerar o número de famílias pertencentes à comunidade para que se obtenha o tamanho da demanda que deve ser abastecida. A partir dessas informações, o responsável elabora um projeto, com a ajuda de um programa computacional, para determinar qual a capacidade efetiva do dessalinizador para a respectiva comunidade. Com o auxílio deste programa, com os dados do poço e as informações da comunidade, o técnico saberá qual o tamanho do aparelho, quantas membranas será preciso nele colocar e qual será a quantidade de água, em litros por hora, que deverá ser produzida pelo dessalinizador.

Com isso, a oferta de água prevista foi um dado obtido através de informações fornecidas pela SOHIDRA, bem como o número de famílias atendidas. Já a oferta de água dessalinizada foi um dado coletado quando da realização da pesquisa.

Essas informações são imprescindíveis, pois podemos observar se o planejamento, outrora realizado, condiz com a atual realidade das comunidades. Outro ponto importante nessa avaliação é observarmos se, pelo menos entre os dessalinizadores que se encontravam em funcionamento, a oferta de água prevista estava sendo obedecida.

Como observado, a tabela demonstra, com exceção das mesorregiões do Jaguaribe e do Sul Cearense, que, mesmo entre os dessalinizadores que apresentam bom funcionamento, o problema de abastecimento d'água ainda persiste. Em todas as regiões, como mostrado anteriormente, existem dessalinizadores quebrados e, portanto, deixam as comunidades vulneráveis. Nas demais mesorregiões, pode-se observar, claramente, que o fornecimento efetivo de água potável é menor do que o previsto.

Notadamente, a avaliação desses dessalinizadores se revela ainda mais séria. É compreensível e aceitável o fato de se encontrar dessalinizadores parados ou até mesmo em mau funcionamento, entretanto os dessalinizadores que apresentavam bom desempenho deveriam garantir pelo menos a produção de água, inicialmente planejada.

Dessa forma, além dos problemas visivelmente apresentados pelos dessalinizadores que se encontram em condições precárias, faz-se necessário um acompanhamento periódico por técnicos especialistas no assunto, para avaliar se os que apresentam bom desempenho continuam garantindo a oferta de água prevista. Nessa revisão, alguns pontos importantes relacionados com o aparelho podem ser descobertos, como: a marca, o tipo de energia necessária, o número de membranas adequadas para o bom funcionamento do dessalinizador, entre outros.

De certa forma, acredita-se que estas variáveis contribuam para o desempenho dos aparelhos e, portanto, devem ser melhor observadas, para que se possa evitar investir em produtos de má qualidade.

4.3 Aspectos Fundamentais ao Bom Desempenho do Dessalinizador

- I Marca do Dessalinizador

Durante a pesquisa, buscou-se observar pontos característicos entre os dessalinizadores analisados. A intenção era a de obter informações comuns entre os aparelhos e, por isso, elaborou-se um resumo com todas as marcas encontradas.

De acordo com a TABELA 7, dez marcas foram registradas durante a pesquisa, porém apenas duas dessas foram as mais freqüentemente utilizadas. Dentre os 130

dessalinizadores pesquisados, temos 63,08% dos aparelhos da Marca A, seguida com 16,15% da Marca B.

Nesta pesquisa, não se buscou verificar qual a melhor ou pior marca. Entretanto, faz-se mister verificar se as marcas mais representativas, dado o número de dessalinizadores, são realmente as mais eficientes já que o percentual de aparelhos parados dentre essas marcas também foi alto. As demais, como podemos observar, não são muito representativas, apresentando um percentual de apenas 20,77% do total.

TABELA 7 – Desempenho dos dessalinizadores conforme a marca

Marca dos Dessalinizadores	Desempenho dos Dessalinizadores	
	Parados	Bom Funcionamento
Marca A	37	45
Marca B	4	17
Marca C	3	3
Marca D	0	3
Marca E	1	3
Marca F	1	1
Marca G	3	6
Marca H	0	1
Marca I	1	0
Marca J	1	0
Total	51	79

Fonte: Dados da pesquisa

Entretanto, como há pouco mencionado, é muito importante uma avaliação periódica desses aparelhos, sendo preciso selecionar as melhores marcas, as que realmente atendem aos critérios de qualidade e garantia.

- II Tipo de Energia

É importante mencionar, também, que outros aspectos devem ser analisados conjuntamente, além da marca do dessalinizador. A energia presente nessas comunidades, já mencionado, deve ser trifásica. Esse tipo de energia impede que o aparelho sofra com problemas de oscilações, quando de uma queda de energia, e esse fato impedirá um desgaste maior do equipamento e conseqüentemente um mau funcionamento.

- III Apetrechos para Auxílio na Manutenção e Operação do Dessalinizador

Outros cuidados, como um local reservado para o dessalinizador, também são importantes para evitar que o equipamento sofra com desgastes provenientes do sol ou da chuva, ou seja, é sempre importante mantê-lo em local limpo e arejado.

Dessa forma, buscou-se também observar a existência de outros pontos que devem ser considerados importantes quanto à manutenção desses aparelhos, como: *kit* de ferramentas para pequenos reparos, abrigo e a presença de uma pessoa na comunidade, responsável pelo dessalinizador (FIGURA 4).

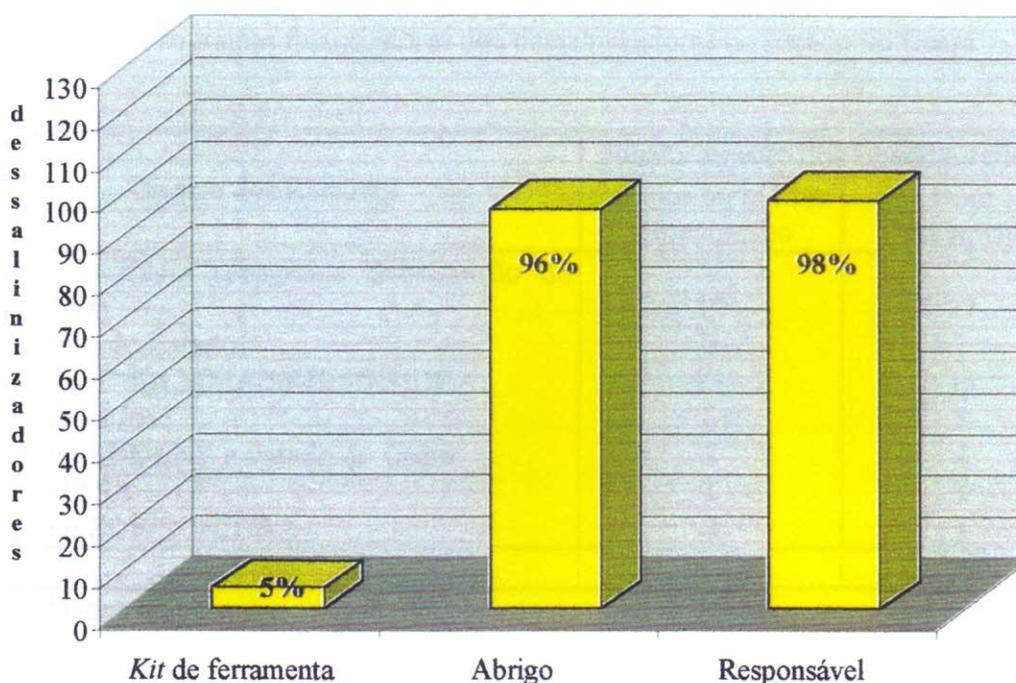


FIGURA 4 – Percentual de dessalinizadores que possuíam algum tipo de apetrecho para auxiliar na manutenção e operação de um dessalinizador

De acordo com a Figura 4, dentre os 130 aparelhos, apenas 5%, ou seja, seis dessalinizadores possuíam *kit* de ferramentas. Os fatores importantes, como abrigo e presença de um responsável para operar o dessalinizador, podem ser considerados satisfatórios, pois 96% e 98% dos aparelhos possuíam o abrigo e o responsável, respectivamente.

Esses aspectos são relevantes e contribuem para um bom funcionamento do aparelho e, ainda, deve-se fazer uma pesquisa da melhor marca antes da instalação do dessalinizador para que, no futuro, sejam minimizados os custos com manutenção.

- IV Programas Financiadores dos Dessalinizadores

Finalmente, outra característica observada entre os dessalinizadores foram os programas envolvidos no financiamento desses aparelhos em todo o Estado do Ceará, conforme demonstrados na TABELA 8.

TABELA 8 – Programas financiadores dos dessalinizadores no Estado do Ceará

Origem dos Recursos	Funcionamento dos Dessalinizadores	
	Parados ou c/ Mau Desempenho	Bom Desempenho
Estado do Ceará (Programa Substituição de Carro-Pipa)	19	27
Orçamento do Estado	2	1
Convênio nº 404 MMA/SRH/SOHIDRA	21	35
Projeto São José	6	8
Convênio SUDENE e Estado do Ceará	2	4
PROMHASA	1	3
Convênio SDE/SOHIDRA	0	1
Total	51	79

Fonte: Dados da pesquisa

Nesta Tabela, pode-se identificar qual o programa que mais financia dessalinizadores no Ceará. Em primeiro lugar, há o Convênio nº 404 MMA/SRH/SOHIDRA, com 43,08% dos dessalinizadores, como também é o programa que apresenta o maior percentual de aparelhos parados ou em mau funcionamento: cerca de 41,18%. Em segundo lugar, existe o Programa de Substituição de Carro-Pipa com 35,38% do total dos dessalinizadores. Através desse programa, pode-se observar uma preocupação maior do Estado em distribuir água de forma equitativa e social. E, em terceiro, há o Projeto São José, com 10,77% dos aparelhos. A soma dos demais representam cerca de 10,77%.

Os programas que apresentaram situação crítica com base no número de unidades de dessalinização paradas ou com mau desempenho e, dado o total de dessalinizadores que

financiavam, foram: Estado do Ceará (Programa Substituição de Carro-Pipa), Convênio nº 404 MMA/SRH/SOHIDRA e Projeto São José.

Análises desse tipo são de fundamental importância sob dois aspectos: o primeiro é o de se tomar conhecimento de quais instituições se interessam pelo problema de abastecimento d'água no Estado Ceará, e o segundo é que essas mesmas instituições podem obter, de acordo com os dados retromencionados, um balanço resumido de como estão os seus investimentos através do desempenho dos dessalinizadores.

4.4 Descrição da Utilização dos Dessalinizadores Segundo as Próprias Comunidades Estudadas

Outro aspecto observado durante a coleta dos dados foi relacionar problemas e sugestões apontadas pela própria comunidade no que diz respeito ao desempenho dos dessalinizadores. Essas informações foram separadas em dois grupos e estão dispostas no seguinte QUADRO 1.

No quadro da página seguinte, as próprias comunidades apontam as dificuldades que sentem no dia-a-dia quando da utilização dos dessalinizadores e, diante dessa realidade, fazem sugestões para que o abastecimento de água potável através desses aparelhos melhore e, conseqüentemente, possa se estender a outros municípios.

QUADRO 1 - Principais problemas e sugestões apontados pelas comunidades para desempenho dos dessalinizadores

PRINCIPAIS PROBLEMAS APONTADOS	SUGESTÕES PARA MELHORAR
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Péssimas condições elétricas, baixa capacidade instalada do dessalinizador; ➤ falta de remuneração para o responsável pelo dessalinizador; ➤ baixa vazão do poço; ➤ falta de manutenção periódica nas membranas; ➤ necessidade de uma caixa de ferramentas para pequenos reparos; ➤ falta de apoio da prefeitura para manutenção dos dessalinizadores; 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aumentar a capacidade do dessalinizador; ➤ melhorar as instalações elétricas para evitar quedas de energia; ➤ remunerar operador para que o mesmo possa cuidar melhor do aparelho; ➤ capacitar operador para resolver pequenos problemas; ➤ elaborar projetos para se obter um melhor aproveitamento dos rejeitos; ➤ construção de mais poços para aumentar a oferta de água; melhorar a distribuição de água potável através da construção de chafarizes eletrônicos.

4.5 Análise dos Fatores Determinantes do Desempenho dos Dessalinizadores

Nessa seção do trabalho, teve-se como objetivo principal avaliar quais as variáveis que influenciam o desempenho dos dessalinizadores. Essa identificação é de fundamental importância, pois, a partir dessa análise, poder-se-á obter mais informações que auxiliem na instalação, manutenção e operação dos próximos dessalinizadores.

Para verificar o desempenho das unidades de dessalinização, sete variáveis foram utilizadas para obtenção da equação básica do modelo estimado, com a seguinte formulação:

$$Y_i = \alpha + \beta_1(\text{MD}) + \beta_2(\text{ENTM}) + \beta_3(\text{CI}) + \beta_4(\text{DF}) + \beta_5(\text{S}) + \beta_6(\text{CUR}) + \beta_7(\text{ANEST}) + \varepsilon_i$$

Onde:

MD – Marca do Dessalinizador

ENTM – Entidade Mantenedora

CI – Capacidade Instalada

DF – Distância da Fonte Hídrica

S - Salinidade

CUR – Curso do operador

ANEST – Anos de Estudo do Operador

A equação acima foi obtida com base no modelo Probit¹¹. Antes de se optar pelo Probit, verificou-se também o modelo Logit, pois este pode ser facilmente linearizado em relação ao primeiro, ainda que esse artifício não represente um problema se utilizados programas computacionais, como o Eviews. Porém, estatisticamente, o Probit apresentou valores, semelhantes, mas um pouco melhores do que o Logit.

Todas as estatísticas estão descritas na TABELA 9, inclusive os valores estatísticos, para verificar se as variáveis independentes apresentavam heterocedasticidade. De acordo com esses valores, expressos na 6ª coluna, para cada variável foi encontrado o Valor-P, que significa a probabilidade de erro ao se rejeitar a hipótese nula (modelo homocedástico). Com a realização desse teste, pode-se afirmar que os coeficientes foram estimados eficientemente, quanto ao pressuposto de homocedasticidade.

H_0 = É HOMOCEDÁSTICO
 H_1 = NÃO HOMOCEDÁSTICO

¹¹ Para a estimação do modelo foi utilizado o Programa Eviews, versão 3.0.

TABELA 9 – Estatísticas do modelo Probit



Handwritten notes: H_0 : ~~...~~ HETEROCEDEPASTICO
 H_1 : CASA CONTATIL?

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística	Valor P	Teste de Heterocedasticidade (Valor - P)	Efeitos Marginais
Constante	-0,1968	0,3827	-0,5143	0,6071*	-	-
MD	-0,5284	0,2596	-2,0354	0,0418	0,5532 55,32%	-
ENTM	-0,4513	0,2985	-1,5121	0,1305*	0,1757	-
CI	0,0011	0,0004	3,0056	0,0027	0,4963	0,000361
DF	0,00002	0,00001	0,4463	0,6554*	0,1911 19%	-
S	-0,0001	0,00001	-1,9418	0,0522	0,5860 58%	-3,23E-05
CUR	0,6677	0,2479	2,6933	0,0071	0,5846 58%	-
ANEST	0,0223	0,0343	0,6525	0,5141*	0,4928 49%	-
McFadden R ²	0,1544					
Estatística LR	26,8789		0,0004			

Fonte: Dados da pesquisa

$\alpha = 5\%$ 2,003
0,04 0,05

A razão de máxima verossimilhança (estatística LR) foi de 26,8789, sendo que o valor crítico do teste de hipótese é de 14,06. Portanto, nessa situação, sendo o valor calculado maior que o valor crítico, dessa forma, rejeita-se a hipótese H_0 de que os coeficientes estimados em conjunto sejam iguais a zero, e conclui-se que as variáveis explicativas têm impacto sobre as probabilidades estimadas e o modelo é adequado. A probabilidade de se cometer um Erro Tipo I nesse teste foi de 0,0004, ou seja, essa é a probabilidade de se rejeitar a hipótese nula H_0 , sendo ela verdadeira.

Com relação à influência das variáveis explicativas no desempenho do dessalinizador, essa será mostrada através do efeito marginal, pois isso não poderá ser feito diretamente através dos coeficientes estimados pelo modelo Probit.

A variável MD (Marca do Dessalinizador) se mostrou significativa a um nível de 5%, enquanto que o sinal (-) revela que existe uma relação inversa entre a marca do aparelho e o seu desempenho. Talvez uma explicação para esse fato tenha sido o número de dessalinizadores parados que, durante a pesquisa, era de (37) representando um percentual de 45,12% de um total de 82 somente dessa marca. Entretanto, apesar dessa observação e do sinal negativo do coeficiente dessa variável não podemos, por falta de conhecimento técnico, considerar a Marca A inferior ou inadequada para um bom desempenho dos dessalinizadores. Todavia recomenda-se que pesquisas de mercado sejam realizadas e que se opte por unidades de dessalinização com tecnologia nacional, pois, com isso, problemas técnicos podem ser facilmente contornados, bem como os custos de aquisição e manutenção desses aparelhos podem ser menores do que os dos importados.

Com relação ao efeito marginal, essa avaliação não será feita, por se tratar de uma variável qualitativa, ou seja, a análise de uma variável, nesse tipo de modelo, só é possível se os valores atribuídos forem contínuos e não dicotômicos, como foi o caso.

A variável ENTM (Entidade Mantenedora) não foi significativa a um nível de 10% e, com isso, optou-se por não fazer qualquer análise quanto à influência desta variável no desempenho dos dessalinizadores. A variável CI (Capacidade Instalada) apresentou-se significativa a um nível de 1% e com sinal esperado (+). Essa variável é uma das características importantes que devem ser observadas nos dessalinizadores. Quanto maior for a capacidade instalada de uma unidade de dessalinização, maior será sua potência e menor será o risco desses aparelhos sofrerem com danos causados por fatores externos, como, por exemplo, as quedas de energia. O efeito marginal dessa variável revela que o aumento de 1 litro por hora na capacidade instalada provoca um aumento de 0,000361 na probabilidade de o dessalinizador apresentar bom desempenho.

O coeficiente da variável DF (Distância da Fonte Hídrica) também não se mostrou significativo a um nível de 10%. A variável S (Salinidade) se mostrou significativa e com sinal esperado (-), embora seu efeito marginal seja quase nulo, comprovando que a hipótese de que, quanto maior o teor de sal, menor será o desempenho do dessalinizador. Essa observação é de fundamental importância, pois é preciso que se faça um estudo laboratorial, anterior à instalação de um dessalinizador, para medir o teor de sal dos poços.

Nos casos em que a água apresentar valores excessivos de sal, a ser definido por especialistas na área, nem mesmo a presença de uma unidade de dessalinização resolve o problema, pois o aparelho pode, em pouco tempo, apresentar problemas técnicos que o levarão certamente ao seu desgaste total. A exemplo dessas observações, elaborou-se a FIGURA 5 para demonstrar quais os principais problemas detectados quando a água de um poço possui elevado teor de sal.

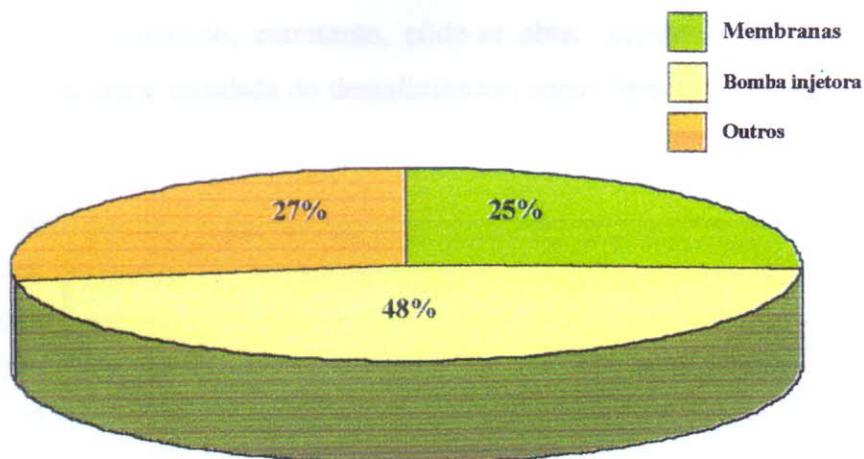


FIGURA 5 – Principais problemas apontados pelas comunidades quanto ao uso de dessalinizadores

A Figura 5 revela que o maior dos problemas quando se utiliza unidades de dessalinização têm sido na bomba injetora¹², com 48%. Essa bomba é, em geral, posta dentro do poço para que ele jogue a água para o aparelho para ser dessalinizada. Então, com isso a bomba fica constantemente em contato com a água salina e, por isso, acredita-se que o contato com o sal faça com que a bomba injetora seja um dos maiores problemas apresentados. Somente depois dessa etapa, é que a água passa por um pré-tratamento, antes de entrar no dessalinizador. Em segundo lugar, tem-se o problema das membranas, mas, segundo técnicos da SOHIDRA, isso é uma dificuldade natural e, portanto, esperada. As membranas ajudam no processo de filtração, ou seja, elas removem as substâncias encontradas na água, além do sal. Entretanto, a troca desse material deve obedecer em um prazo sistemático já previsto quando da elaboração do projeto para a instalação do dessalinizador.

Com relação ao coeficiente da variável CUR (Curso do Operador), obteve-se sinal esperado (+) e ao nível de 1%, o coeficiente dessa variável se mostrou significativo. Isso mostra que se o operador obtiver prévias informações através da realização de cursos de operação e manutenção de dessalinizadores, a probabilidade desses aparelhos apresentar um bom desempenho se eleva. Por se tratar de uma variável qualitativa, o seu efeito

¹² Segundo técnicos da SOHIDRA, a bomba injetora possui esse nome porque o equipamento, além de bombear a água para o dessalinizador, puxa o ar para dentro do poço.

marginal não foi calculado, entretanto, pôde-se obter, graficamente, a influência dessa variável na capacidade instalada do dessalinizador, como demonstrado na FIGURA 6.

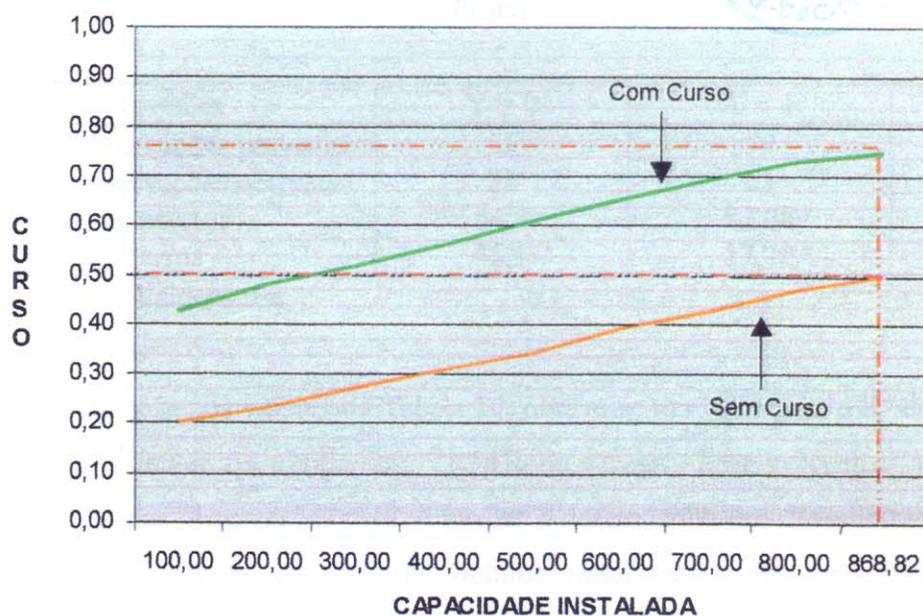


FIGURA 6 – Efeito do curso do operador na capacidade instalada do dessalinizador

Na Figura 6, pode-se ver, que o efeito do curso nas probabilidades é substancial. O efeito do curso é diferente entre as duas funções, pois, dada à média da capacidade instalada, tem-se que, sem o curso, a probabilidade do dessalinizador funcionar é de cerca de 0,50 ou 50%. Por outro lado, quando introduzimos o curso do operador, essa probabilidade se eleva para cerca de 0,78 ou 78%.

Através dessa informação, pôde-se concluir que é importante, antes da instalação de um dessalinizador em uma comunidade, capacitar os futuros responsáveis pelo aparelho na comunidade, através de cursos básicos de operação e manutenção de dessalinizadores.

E, por último, o coeficiente da variável ANEST (Anos de Estudo do Operador) não se mostrou significativo a um nível de 10%. Para explicar tal fato, supõe-se que, uma vez tendo o responsável realizado curso para operar o dessalinizador, esse não precisa apresentar elevado grau de instrução para desempenhar tal ofício.

Com relação às demais estatísticas do modelo, o McFadden R^2 obtido foi igual a 0,1544, cujos valores situam-se entre 0 e 1 – quanto mais próximo de 1, melhor o

ajustamento. Entretanto, como descrito, realizou-se também o teste do R^2 proporcional ao número de previsões corretas, tendo-se obtido os resultados presentes na TABELA 10.

TABELA 10 – Previsões¹³ do modelo Probit

Previsões	Y = 0	Y = 1	Total
Total de observações previstas	51	79	130
Total de observações corretas	28	65	93
Percentual de acertos	54,9	82,28	71,54
Percentual de erros	45,1	17,72	28,46

Fonte: Dados da pesquisa

Com base nos valores da Tabela 10, obteve-se um valor para o R^2 de 71,54, ou seja, a equação estimada foi obtida com 71,54% de sucesso. Esse percentual sinaliza uma boa classificação das observações para se avaliar o desempenho dos dessalinizadores no Estado do Ceará. O cálculo dos valores obtidos nesta tabela foi feito considerando-se a probabilidade inicial de acerto correspondente a 50%. Cada valor previsto foi comparado a essa probabilidade, assumindo-se a situação em que:

- i) valor da probabilidade estimada $\rightarrow \geq 50\% \rightarrow$ valor da variável dependente previsto de forma correta.
- ii) valor de probabilidade estimada $\rightarrow < 50\% \rightarrow$ valor da variável dependente previsto de forma incorreta.

Desse modo, o que interessa no modelo Probit não é somente o valor estimado em si, mas também o percentual de sucesso desses mesmos valores. Do total de dessalinizadores analisados, 51 foram classificados como zero e 79 como um. Dos primeiros, obteve-se um percentual de acerto de 54,90%, ou seja, 28 dessalinizadores, enquanto que para os outros, encontrou-se um percentual de 82,28%, ou melhor, 65 foram devidamente classificados.

¹³ As previsões do modelo Probit foram realizadas a partir da seguinte expressão: $N_{ij} = \sum_{t=1}^N f_{it} P_{jt}$, onde $f_{it}=1$ se o dessalinizador apresentar bom desempenho, caso contrário será 0.

4.6 Aproveitamento dos Rejeitos

O destino dado aos rejeitos resultantes do processo de dessalinização também foi observado. Entretanto não se pode fazer uma avaliação criteriosa desse material, haja vista que não havia nenhum aproveitamento econômico desse rejeito entre as 46 comunidades pesquisadas.

Porém algumas dessas comunidades utilizavam o rejeito apenas como forma de não poluir o meio ambiente (FIGURA 7).

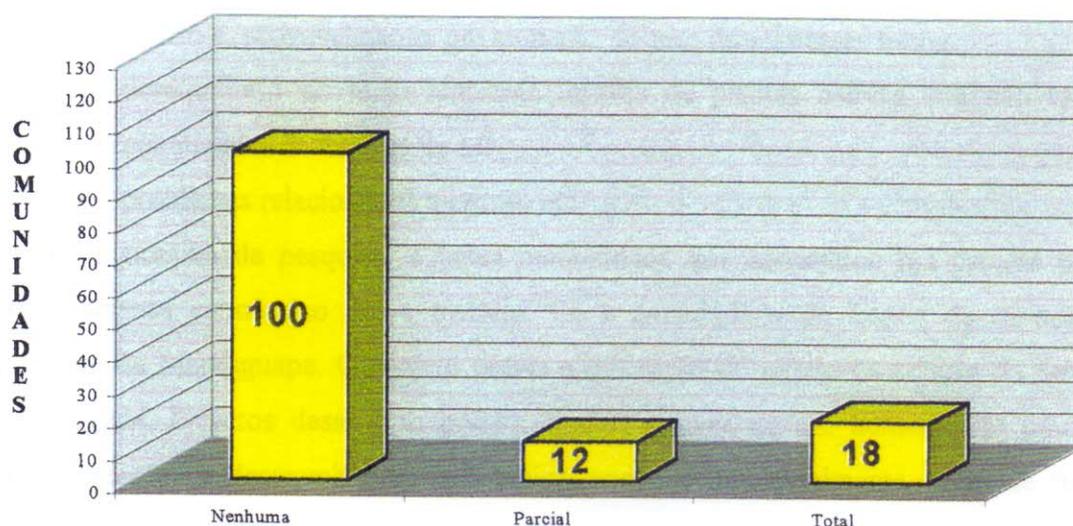


FIGURA 7 – Aproveitamento não econômico dos rejeitos resultantes do processo de osmose reversa

Na Figura 7, observa-se que das 130 comunidades onde se encontravam os dessalinizadores, apenas o rejeito de 30 dessalinizadores, cerca de 23,08%, era aproveitado. Mas o aproveitamento não era econômico e as principais utilidades apontadas foram:

- lavar roupa;
- consumo animal;
- irrigar as bananeiras e capineiras;
- banho e lavagem em geral etc.

Como se nota, o rejeito resultante da de osmose reversa é utilizado de forma indiscriminada. No caso do emprego desse material em seres vivos, deve-se ressaltar que a comunidade desconhece os efeitos danosos que o alto teor de sal pode provocar.

O rejeito dos demais dessalinizadores era simplesmente jogado no meio ambiente, próximo ao local onde se encontravam os aparelhos. As conseqüências dessa atitude não foram avaliadas, uma vez que a pesquisa buscou limitar-se somente a aspectos relacionados aos dessalinizadores. Entretanto é possível relacionar alguns impactos negativos que podem surgir no futuro próximo, tais como:

- salinização do solo, conseqüentemente a diminuição da produtividade da terra;
- contaminação de fontes hídricas superficiais pelo lançamento indevido do rejeito e, provavelmente, um aumento do teor de sal nessas fontes;
- desequilíbrio ao meio ambiente através de plantas nativas que não toleram quantidades excessivas de sal;
- problemas relacionados a erosão etc.

Na ocasião da pesquisa, a única comunidade que apresentou um projeto para o aproveitamento econômico desse material foi a comunidade de Lagoa de Juvenal, no Município de Maranguape. O projeto previa a utilização do rejeito na criação de peixe de água salgada. Projetos desse tipo podem ajudar, através de um aumento da renda, as comunidades a se desenvolverem econômica, social e ambientalmente, além de fixar o homem rural em suas respectivas comunidades.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A avaliação do desempenho dos dessalinizadores, de um modo geral, pode ser considerada satisfatória. Do total dos aparelhos pesquisados, menos da metade encontrava-se com problemas técnicos ou mesmo parados. Entretanto, esse número deve ser considerado alto, se levarmos em conta o fato de que muitas famílias, atualmente, ainda sofrem com o problema de abastecimento d'água no Estado do Ceará.

Particularmente, quando da análise das unidades de dessalinização a partir de aspectos específicos, como a distribuição geográfica, observou-se que as mesorregiões do Norte Cearense e Jaguaribe foram as que mais concentravam o maior número de aparelhos mas também foram as regiões que mais possuíam dessalinizadores com mau funcionamento. Nessas mesorregiões, o abastecimento d'água através das unidades de dessalinização deve ser reavaliado, como forma de garantir o suprimento de água para as comunidades. No Noroeste Cearense a situação era ainda pior, pois o número de aparelhos com mau desempenho excedia o daqueles com bom desempenho. Com isso, pode-se garantir que, em particular, dependendo da região, a situação dos dessalinizadores é crítica.

Com respeito à análise feita da oferta de água potável dos dessalinizadores que apresentavam bom desempenho, entre as seis mesorregiões estudadas, somente no Sul Cearense se verificou que a oferta efetiva era igual à inicialmente prevista. Esse fato indica que, mesmo entre os dessalinizadores que se encontravam em boas condições, ainda havia o problema de se garantir uma quantidade de água potável mínima, anteriormente prevista, para as famílias que dependiam desse tipo de abastecimento d'água. Diante disso, se reforça o conselho de haver um sistema de visitas periódicas às comunidades para verificar se as unidades de dessalinização estão sendo suficientes para atender às necessidades das famílias.

Outro objetivo do estudo, também verificado, foi a marca dos dessalinizadores e, dessa forma, constatou-se que a Marca A estava presente na maioria dos dessalinizadores. Porém, notou-se que o maior número de aparelhos com mau desempenho pertencia também a essa marca, o que evidencia ser preciso que haja um estudo de mercado para avaliar qual a melhor marca, qual a mais eficiente.

Com relação aos apetrechos, em geral, os números indicam que os dessalinizadores possuíam em sua maioria pelo menos um responsável e encontravam-se adequadamente

protegidos em um abrigo construído exclusivamente para estes aparelhos. Mas o número de *kits* de ferramentas ainda é bastante insignificante.

Com relação aos recursos públicos oriundos de programas voltados para o abastecimento d'água foi, em geral, feita pelos programas, Convênio n.º 404 MMA/SRH/SOHIDRA e Estado do Ceará (Programa Substituição de Carro Pipa). Esses programas não apresentaram bons números com relação ao mau desempenho dos dessalinizadores e, portanto, sugere-se que os investimentos desses programas sejam devidamente fiscalizados. Verificou-se também a participação de instituições estaduais, como a Secretaria de Recursos Hídricos - SRH e Superintendência de Obras Hidráulicas - SOHIDRA. Por meio dos números, notou-se o pouco investimento do Estado com o abastecimento de água potável nas comunidades rurais.

Através desse estudo, com a utilização do modelo Probit, pode-se concluir que as variáveis **marca do dessalinizador, capacidade instalada, salinidade e curso do operador** influenciam o desempenho dos dessalinizadores. Dentre essas variáveis, têm a capacidade instalada e a salinidade, pois o efeito marginal dessas variáveis revelou a probabilidade no funcionamento do dessalinizador. A variável salinidade é bastante importante pois, um dos principais problemas causados pelo alto teor de sal da água estava relacionado às bombas injetoras que, por sua vez, ficam dentro dos poços, ou seja, em contato direto com o sal.

Mostrou-se também que a capacitação do operador, dada a capacidade instalada do dessalinizador, influencia positivamente a probabilidade do aparelho funcionar a contento. Essa observação é de fundamental relevância, pois, com isso, podem ser eliminadas incertezas, observando melhor esses aspectos para que os atuais, bem como os futuros aparelhos, apresentem melhor desempenho. Ainda com relação à capacidade instalada do dessalinizador, observou-se também que, quanto maior for essa capacidade, melhores e maiores serão as chances de os aparelhos apresentarem bom desempenho.

Outra informação que se pôde obter com esse trabalho foi a falta de um planejamento com relação ao aproveitamento dos resíduos oriundos da dessalinização por osmose reversa. Apenas uma comunidade previa o aproveitamento econômico dos rejeitos enquanto as demais os jogavam no meio ambiente.

Recomenda-se que, no conteúdo do projeto para a instalação dos dessalinizadores, contenha também finalidade para o rejeito, para que problemas futuros com o meio ambiente, como erosão, desertificação, entre outros, sejam evitados; e, ainda, a realização

de cursos para as pessoas das comunidades, tanto com respeito ao aproveitamento econômico dos resíduos como de educação ambiental.

Diante do exposto, elaborou-se ainda algumas sugestões para que o sistema de abastecimento de água no Estado do Ceará seja sustentável e continue atendendo cada vez mais um número maior de pessoas, como:

- selecionar, capacitar e remunerar uma ou mais pessoas, com o mínimo de instrução, na própria comunidade para operar o dessalinizador;
- montar um pequeno sistema de abastecimento d'água que comece desde a perfuração de um poço, a instalação de um dessalinizador e um chafariz eletrônico para que a distribuição da água seja realizada de forma equitativa;
- a emissão de fichas para serem vendidas para a comunidade e, conseqüentemente, para que, com esse dinheiro, a própria comunidade mantenha o sistema de abastecimento de água através do uso de dessalinizadores;
- visita periódica dos técnicos das secretarias responsáveis pela manutenção dos aparelhos, evitando assim o uso exaustivo do dessalinizador; ou melhor, não realizar visitas às comunidades somente quando solicitado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUA: dessalinizador a energia solar é usado em Irauçuba. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, out. 2002. Caderno Regional.

ALMANAQUE Brasil 2000/2001/ BALLOUSSIER, M. A. (edit.). Rio de Janeiro: Terceiro Milênio, 2000, 256p.

AMARAL FILHO, J. Reformas estruturais e economia política dos recursos hídricos no Ceará. Fortaleza, 2000, (mimeografado).

AMEMIYA, Takeshi. Qualitative response models: a survey. **Journal of Economic Literature**. California, v.19, p. 1493-1536, Dec. 1981.

ARAÚJO, C. Águas: mãos ao alto. **Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS** (Núcleo do Ceará). Fortaleza, 2000, nº 5.

ART, H. W.: coord. (et. alii). **Dicionário de ecologia e ciência ambiental**. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia / MME. Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil. **Hidrologia e controle tecnológico nas perfurações de poços tubulares no município de Fortaleza – Ce**. Projeto Fortaleza, vol. 1. Fortaleza: CPRM, 1987.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia / MME. Ministério do Meio Ambiente / MMA – SRH. Agência Nacional de Energia Elétrica / ANEEL. **O Estado das águas no Brasil – perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Brasília – ANEEL, SIH, MMA, SRH, MME, 1999, 334f.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil. **Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado do Ceará**. Atlas de recursos hídricos. 2 ed. Fortaleza: CPRM, jul, 2000. CD-ROM.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil. **Programa de água subterrânea para a região Nordeste**. Brasília: CPRM, 2001.

CARVALHO, Osires & VIANA, Osório. Ecodesenvolvimento e equilíbrio: algumas considerações sobre o Estado do Ceará. **Revista econômica do Nordeste**. Fortaleza, v. 29, nº 2, p. 129-141, abr-jun, 1998.

CARVALHO, Otamar de C. **A economia política do Nordeste: secas, irrigação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

EVIEW. **User's guide**. 2. ed. 1998. Quantitative Micro Software.

FARIAS, Airton de. **História do Ceará: dos índios à geração Cambeba**. Editora Tropical. Fortaleza, 1997.

FLORES, O. “A crescente escassez de água no mundo”. **Conjuntura Econômica**. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2000.

GOMES, Gustavo. Desenvolvimento Sustentável no Nordeste Brasileiro: uma interpretação impopular. In: **Desenvolvimento sustentável no Nordeste**. GOMES, Gustavo; SOUZA, Hermínio; MAGALHÃES, Antônio (orgs.) Brasília: IPEA, 1995, p. 9-60.

GREENE, W.H.. **Econometric analysis**. 3. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997.

GUJARATI, Damodar N. **Econometria básica**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 2000. 846 p.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Contas regionais do Brasil 1999**. Rio de Janeiro: IBGE: nº 6, 111 p. 2001A.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2000 – características da população e dos domicílios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001B.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Anuário estatístico do Brasil 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001C.

INSTITUTO de Planejamento do Estado do Ceará - IPLANCE. **Ceará em números**. Mimeo. Disponível em www.iplance.ce.gov.br/CearaNumeros/cearaemnumeros_ano.asp. Retirado do site em 10/03/2003.

JOHNSTON, J., DINARO, J. **Econometric methods**. Economic Series. McGraw – Hill International editions: 1997.

LEAL, A.S. **Água subterrânea nos terrenos cristalinos do Nordeste**. Fortaleza: CPRM/DEPEM, 1983 (mimeografado).

LEAL, A S. Usos e ocorrências da água subterrânea. In **Águas Subterrâneas (1999)**. Mimeo. Disponível em www.snirh.gov.br/ana/Subterraneas/usos/index.htm. Retirado do site em 24/06/02.

LEMOS, J.J.S. Diagnóstico geopolítico-ambiental da pobreza: o Brasil no contexto dos países menos desenvolvidos. São Luís: Instituto do homem, 1998 (relatório de pesquisa).

LIMA, R. C. Modelos de respostas binárias: especificações, estimação e inferência. **Revista Agricultura em São Paulo**, SP, vol. 43, 1996.

MADDALA, G. S. **Introduction to econometrics**. 2. ed. New York: Macmillan, 1992. 631 p.

MAGALHÃES, B. N., E. & PAGIDES, S. (1994). **Projeto Áridas - uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste**. Documento Básico, Brasília: SEPLAN - Presidência da República.

MOLINAS, P. A. **A gestão dos recursos hídricos no semi-árido nordestino - a experiência cearense**. Fortaleza, março de 1995, 41p.

MONTEIRO, V. P. **Dessalinização: critério sócio econômico para implantação prioritária de dessalinizadores no Estado do Ceará**. 2002. 57 f. (Dissertação de Mestrado em Economia Rural) – UFC/CCA/DEA, Fortaleza, 2002.

PAULA, João A. (coord.), BARBIERI, Alisson; GUERRA, Cláudio; LANDAU, Elena (org.) et alii. **Biodiversidade, População e Economia**. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR-ECMVS/PADTC/CIAMB, julho de 1997.

PEIXOTO, Antônio Bezerra. **Gerenciamento de recursos hídricos: a experiência do Ceará.** Coletânea de trabalhos apresentados no seminário de irrigação, políticas de águas e implicações legais. Brasília: Secretaria de Irrigação, 1994.

PEREIRA, J. A. B. **Desenvolvimento de dessalinizadores móveis de águas salobras e avaliações de modelos gestores, como alternativa ao sistema de distribuição por carros-pipa em pequenas comunidades do Estado do Ceará.** 2001. (Dissertação de Mestrado em Gestão e Modernização Pública). Universidade Internacional (UI)/Universidade Estadual do Vale do Acaraú - UVA, Fortaleza, 2001.

PESSOA, L.C.C. **Análise do desempenho e do impacto ambiental dos dessalinizadores por osmose reversa.** 2000. 158 f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). DEHA/UFC, Fortaleza, 2000.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Econometric models and economics forecasts.** Economics Series. McGraw – Hill Internacional Editions: Second Edition, 1981. ISBN 0-07-050096-7.

PINHEIRO, J. C. V. **Avaliação de desempenho dos dessalinizadores no Estado do Ceará.** Mimeografado, fevereiro de 2001.

PINHEIRO, J. C. V. Demanda por sistema de suprimento de água para o uso doméstico em uma comunidade em Tauá-Ce. **Revista de Economia e Sociologia Rural.** Brasília-DF, V. 38; p. 41-60, 2000.

POMPEU, C. Falta de água potável deixa mundo em alerta. **Diário do Nordeste,** Fortaleza, p. 8, 19 mar.2000.

REBOUÇAS, A. C. **Desenvolvimento das águas subterrâneas no Brasil.** Mimeografado. Disponível em www.perfuradores.com/infocie_tb_30.htm. Retirado em 18/06/02.

REBOUÇAS, A.C. & GASPARY, J. **As águas subterrâneas do Nordeste: estimativas preliminares.** 2. ed., SUDENE. Série Hidrogeologia, nº 6. Recife, 1971.

RECURSOS hídricos subterrâneos. **Diário do Nordeste,** Fortaleza, out. 2002. Caderno Regional.

SANTOS, S. M. **A análise dos determinantes em capacitação tecnológica nas empresas brasileiras: evidência empírica.** Fortaleza: CAEN-UFC, junho de 2000. Estudos Econômicos – CAEN.

SOBREIRA, F. **Dessalinização de águas.** Mimeografado. Fortaleza: SOHIDRA, 2002.

SUPERINTENDÊNCIA de Obras Hidráulicas - SOHIDRA. **Projeto água doce.** Fortaleza: SOHIDRA, 2002.

SECRETARIA de Recursos Hídricos - SRH. **Plano estadual dos recursos hídricos.** Diagnóstico. Vols. 1 e 4. Fortaleza: SRH, 1992.

SECRETARIA de Recursos Hídricos - SRH. **Projeto de abastecimento de água para o Estado do Ceará.** Fortaleza: Julho, 1995.

SECRETARIA de Recursos Hídricos - SRH. **Águas do Ceará.** Fortaleza: SRH, junho de 1997.

SUASSUNA, J. O processo de salinização das águas superficiais e subterrâneas no Nordeste brasileiro. CNPq / ORSTON / FUNNAJ. In Workshop **“Impactos ambientais associados à utilização de águas dessalinizadas no semi-árido”.** Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente, 1996.

VASCONCELLOS, M.A.S.; ALVES, D.(edit.). **Manual de econometria.** São Paulo: Atlas, 2000. ISBN 85-224-2154-4.

VIEIRA, Vicente P.P.B.: coord.(et. alli). **A água e o desenvolvimento sustentável no Nordeste.** IPEA: Brasília, 2000. 264p.

Table 1. Summary of the data collected

Year	Number of cases	Number of deaths
1990	10	0
1991	15	0
1992	20	0
1993	25	0
1994	30	0
1995	35	0
1996	40	0
1997	45	0
1998	50	0
1999	55	0
2000	60	0
2001	65	0
2002	70	0
2003	75	0
2004	80	0
2005	85	0
2006	90	0
2007	95	0
2008	100	0
2009	105	0
2010	110	0
2011	115	0
2012	120	0
2013	125	0
2014	130	0
2015	135	0
2016	140	0
2017	145	0
2018	150	0
2019	155	0
2020	160	0
2021	165	0
2022	170	0
2023	175	0
2024	180	0
2025	185	0
2026	190	0
2027	195	0
2028	200	0
2029	205	0
2030	210	0
Total	2100	0

APÊNDICE

Year	Number of cases	Number of deaths
1990	10	0
1991	15	0
1992	20	0
1993	25	0
1994	30	0
1995	35	0
1996	40	0
1997	45	0
1998	50	0
1999	55	0
2000	60	0
2001	65	0
2002	70	0
2003	75	0
2004	80	0
2005	85	0
2006	90	0
2007	95	0
2008	100	0
2009	105	0
2010	110	0
2011	115	0
2012	120	0
2013	125	0
2014	130	0
2015	135	0
2016	140	0
2017	145	0
2018	150	0
2019	155	0
2020	160	0
2021	165	0
2022	170	0
2023	175	0
2024	180	0
2025	185	0
2026	190	0
2027	195	0
2028	200	0
2029	205	0
2030	210	0
Total	2100	0

TABELA A1 – Regressão do modelo Probit

Dependent Variable: Y

Method: ML - Binary Probit

Date: 18/12/02 Time: 18:34

Sample: 1 130

Included observations: 130

Convergence achieved after 7 iterations

Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.196839	0.382748	-0.514277	0.6071
MD	-0.528417	0.259611	-2.035419	0.0418
ENTM	-0.451323	0.298468	-1.512131	0.1305
CI	0.001105	0.000368	3.005578	0.0027
DF	2.25E-05	5.05E-05	0.446320	0.6554
S	-9.88E-05	5.09E-05	-1.941765	0.0522
CUR	0.667722	0.247922	2.693279	0.0071
ANEST	0.022349	0.034252	0.652499	0.5141
Mean dependent var	0.607692	S.D. dependent var	0.490153	
S.E. of regression	0.457031	Akaike info criterion	1.255855	
Sum squared resid	25.48298	Schwarz criterion	1.432318	
Log likelihood	-73.63055	Hannan-Quinn criter.	1.327558	
Restr. log likelihood	-87.06999	Avg. log likelihood	-0.566389	
LR statistic (7 df)	26.87889	McFadden R-squared	0.154352	
Probability(LR stat)	0.000350			
Obs with Dep=0	51	Total obs	130	
Obs with Dep=1	79			

TABELA A1 – Regressão do modelo Logit

Dependent Variable: Y

Method: ML - Binary Logit

Date: 18/12/02 Time: 19:35

Sample: 1 130

Included observations: 130

Convergence achieved after 7 iterations

Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-0.314479	0.633772	-0.496202	0.6198
MD	-0.870329	0.437258	-1.990422	0.0465
ENTM	-0.763974	0.508108	-1.503565	0.1327
CI	0.001815	0.000636	2.855293	0.0043
DF	4.22E-05	8.44E-05	0.500512	0.6167
S	-0.000164	8.37E-05	-1.961253	0.0498
CUR	1.083644	0.414198	2.616247	0.0089
ANEST	0.040018	0.056824	0.704257	0.4813
Mean dependent var	0.607692	S.D. dependent var	0.490153	
S.E. of regression	0.457078	Akaike info criterion	1.258691	
Sum squared resid	25.48825	Schwarz criterion	1.435155	
Log likelihood	-73.81494	Hannan-Quinn criter.	1.330395	
Restr. log likelihood	-87.06999	Avg. log likelihood	-0.567807	
LR statistic (7 df)	26.51009	McFadden R-squared	0.152234	
Probability(LR stat)	0.000408			
Obs with Dep=0	51	Total obs	130	
Obs with Dep=1	79			