

## **Avaliação de Desempenho dos Dessalinizadores no Ceará**

### **José César Vieira Pinheiro**

\* *Professor Adjunto IV do Departamento de Economia Agrícola/CCA/UFC.*

\* *Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP).*

\* *Pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).*

### **Sandra Maria Guimarães Callado**

\* *Economista.*

\* *Mestre em Economia Rural – Departamento de Economia Agrícola – CCA/UFC.*

### **Resumo**

---

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), em 1997, constatou que mais de 40% dos poços subterrâneos do Ceará possuem água salobra. Até 1997, tinham sido instalados 10 dessalinizadores no Ceará e, quatro anos depois (2001), o governo do Estado havia financiado e implantado 160 unidades nas comunidades rurais. Infelizmente, verificou-se que mais de 1/3 dos dessalinizadores estavam desativados. Isto nos motivou a avaliar os aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e ambientais que influenciam e condicionam o desempenho dos equipamentos. No estudo, foram utilizados dados levantados em 160 comunidades; aplicando-se uma análise tabular de relações e o modelo probit. A conclusão foi que a possibilidade de sucesso de um dessalinizador não depende da premência – na visão de um avaliador externo – com que uma comunidade precise deste equipamento, se a população não perceber o seu valor. A principal causa de paralisação dos dessalinizadores relaciona-se com as membranas. A variável mais influente para o bom desempenho é a capacitação dos operadores. Existe predisposição de quebra dos equipamentos menores e instalados em poços com água altamente salinizada.

### **Palavras-chave:**

---

Dessalinizador; Água Salobra; Probit.

## 1 – INTRODUÇÃO

O uso de dessalinizadores tem despertado grande interesse no Nordeste e especialmente no Ceará, que possui 97% do seu território no semi-árido.

Num levantamento em mais de 13.000 poços no Ceará, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), em 1997, constatou que 4.800 possuem água salobra e imprópria para consumo humano – acima de 1.000mg/l de Sólidos Totais Dissolvidos (STD). Cerca de 200.000 famílias residem próximo destes poços e dependem parcial ou totalmente deles, sendo, provavelmente, daí a origem das maiores taxas de migração para áreas menos inóspitas.

Monteiro (2002) encontrou forte correlação entre indicadores socioeconômicos nos municípios cearenses e salinização das águas que abastecem suas populações. Os 10 municípios (entre 170) com piores indicadores possuem quase 70% de seus poços com altos teores de sais, enquanto nos 10 melhores classificados, este percentual é de apenas 16%.

Até 1997, o Ceará possuía 10 dessalinizadores instalados e, quatro anos depois – 2001, o governo financiou mais 160 unidades de dessalinização em comunidades rurais, favorecendo 21.500 famílias.

Estes equipamentos também são financiados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Banco do Brasil e Fundação Nacional de Saúde, estimulando o surgimento de unidades fabris de montagem de dessalinizadores em bases artesanais na região, competindo com médias e grandes empresas.

Infelizmente, muitos dessalinizadores encontram-se paralisados. Por ser uma tecnologia de uso recente, além do aspecto econômico, existe ainda o receio de supostos impactos ambientais decorrentes da presença dos rejeitos. Sobre o assunto, Pessoa (2000) concluiu que, em 25% das localidades estudadas, somente em Canindé foram observados problemas de erosão e salinidade nos solos que recebem os rejeitos.

Algumas comunidades aproveitam o rejeito para atividades econômicas, principalmente forne-

cendo sal mineral para o gado. Muitos estudos com rejeitos estão em andamento, para ampliar o leque de alternativas de geração de renda e emprego para os rurícolas, tais como exploração da tilápia vermelha e do camarão e extração de sais.

Dada a importância do tema para as comunidades mais carentes, o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) financiou uma pesquisa com o objetivo de avaliar os aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e ambientais que influenciam e condicionam o desempenho de dessalinizadores. Referida pesquisa originou o presente artigo.

Especificamente, este estudo pretendeu: i) Identificar, descrever e analisar as principais características e atributos dos dessalinizadores e do contexto em que se encontram, destacando a sua distribuição espacial, modelos, origem dos recursos, capacidade instalada, condições de funcionamento e destinação dos resíduos; e ii) Identificar e medir o impacto dos principais fatores que influenciam o desempenho dos dessalinizadores instalados no Ceará.

## 2 – METODOLOGIA

### 2.1 – Natureza e Fonte dos Dados

Os dados utilizados foram obtidos de pesquisa direta em todas as 160 comunidades que possuem dessalinizadores no Ceará e implantados entre os anos de 1997 a 2000 pelas Secretarias dos Recursos Hídricos (SRH) e do Desenvolvimento Rural (SDR) do Estado.

Foram feitos dois encontros com técnicos e dirigentes de órgãos responsáveis pela instalação e acompanhamento de sistemas de dessalinização, além da análise de alguns relatórios de acompanhamento, para a confecção do questionário preliminar. Após o pré-teste em 16 comunidades (10% da população), elaborou-se o questionário definitivo.

Estes foram aplicados por uma equipe composta por um engenheiro agrônomo e três estudantes de engenharia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Houve o apoio decisivo da Companhia de Abastecimento de Águas e Esgotos do

Ceará (CAGECE), através de seus escritórios, além do preenchimento de 36 questionários nas comunidades mais distantes de Fortaleza e de difícil acesso.

A maioria dos dados foi coletada entre novembro de 2001 e março de 2002. Alguns questionários (31) foram refeitos e a conclusão da coleta ocorreu em maio de 2002. Constou de perguntas abertas sobre os atributos dos dessalinizadores e comunidades e perguntas abertas e objetivas para identificar, respectivamente, os fatores que influenciam o desempenho dos dessalinizadores e a sua condição de funcionamento.

Todas as informações solicitadas focalizaram a comunidade e jamais a família ou usuário específico, dado que os sistemas de dessalinização são de natureza comunitária.

Tanto a análise tabular quanto a dicotômica utilizou 130 observações. Foram descartados 30 (trinta) questionários pelas seguintes razões: i) o funcionamento precário e intermitente do dessalinizador nos 30 dias estipulados *a priori* para caracterizar o seu bom funcionamento; ii) dúvidas sobre a qualidade e veracidade das respostas.

## 2.2 – Métodos de Análises

Para atender os objetivos, o presente estudo utilizou-se de uma análise tabular, mediante o uso dos dados organizados na forma de distribuição percentual e de distribuição de frequência, com vistas a uma avaliação univariada da *performance* dos dessalinizadores.

Devido às limitações da análise univariada, optou-se também por um modelo econométrico que medisse o impacto de variáveis relevantes no desempenho dos dessalinizadores. Neste caso, como a variável dependente é dicotômica, assim como algumas variáveis independentes são qualitativas, utilizou-se o modelo Probit.

Segundo Lima (1996), o Probit tem a seguinte forma funcional:

$$F(X_i; \beta) = \Phi(X_i; \beta) = \int_{-\infty}^{X_i \beta} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt \quad (1)$$

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

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.

Como o estudo utilizou-se de observações individuais, a estimação de modelos como o Probit é usualmente baseada no método de máxima verossimilhança.

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

$$L = P(y_1).P(y_2)...P(y_n) = \prod_{y_i=0} [1 - F(X_i; \beta)] \prod_{y_i=1} F(X_i; \beta) \quad (2)$$

$$L = \prod_{i=1}^n [F(X_i; \beta)]^{y_i} [1 - F(X_i; \beta)]^{1-y_i} \quad (3)$$

A expressão da equação (3) representa a função de verossimilhança para  $n$  observações. Aplicando-se o logaritmo natural nesta expressão, teremos:

$$\ln L = \sum_{i=1}^n [y_i \ln F(X_i; \beta) + (1 - y_i) \ln(1 - F(X_i; \beta))] \quad (4)$$

Um outro ponto que se deve ressaltar quando da utilização do Probit é que o coeficiente das variáveis explicativas não tem o mesmo significado que no método dos mínimos quadrados. No Probit, 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*, chamada de elasticidade.

Todavia, segundo Lima (1996), no modelo Probit, 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.

Neste modelo, segundo Amemiya (1981), sejam  $X_{in}$  o n-ésimo elemento do vetor de variáveis independentes  $X_i$  e  $\beta_n$  o n-ésimo elemento de  $\beta$ , o efeito marginal para uma determinada variável  $X_i$  é calculado como a derivada parcial da função de resposta binária com relação a  $X_i$ , a seguir:

$$\frac{\partial}{\partial X_{in}} \Phi(X_i, \beta) = \Phi(X_i, \beta) * \beta_k \quad (5)$$

No caso específico do Probit, o efeito marginal não é dado diretamente por  $\beta_n$ , mas pelas derivadas parciais mostradas acima. O efeito marginal, na equação 5, informa qual o impacto de cada variável explicativa, quando essa experimenta uma mudança unitária, na probabilidade da ocorrência ou não de um evento.

Com relação à heterocedasticidade, esse é um dos problemas naturais que podem persistir em modelos com respostas binárias, como o Probit. Portanto, para se verificar a existência desse problema, utiliza-se a estatística do Multiplicador de Lagrange que, segundo Santos (2000), emprega a seguinte expressão:

$$\text{Var}(e_i) = \exp(z_i)^2 \quad (6)$$

Onde  $z$  é um vetor de variáveis que representam a fonte de heterocedasticidade e do modelo, e  $Y$  é um vetor de coeficientes. O teste acima se propõe a verificar a hipótese de que  $Y$  é estatisticamente igual a zero. Se isto ocorrer, 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 (1993), sugerem vários testes para verificar essa estatística. Entre eles, podem-se citar o de McFadden's e o  $R^2$  em termos de proporção de predições corretas, sendo:

$$\text{McFadden's } R^2 = 1 - \frac{\log L_{UR}}{\log L_R} \quad (7)$$

Finalmente, o  $R^2$  em termos de proporção de predições 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.

### 2.2.1 – Especificação dos Modelos

O modelo empírico para a  $i$ -ésima comunidade pode ser representado como segue:

#### Variável Dependente (Y)

A variável dependente ( $Y$ ) refere-se à condição de funcionamento dos dessalinizadores e assume o valor 1 no caso de o equipamento estar operando normalmente há pelo menos 30 dias da data da visita do entrevistador e 0 (zero), caso esteja temporariamente paralisado, exceto para manutenção ou abandonado.

#### Variáveis Independentes

Os atributos dos dessalinizadores e das comunidades que influenciam no desempenho dos dessalinizadores e que foram incluídos no modelo são os seguintes:

**Marca do Dessalinizador (MD)** – Através desta variável tenta-se saber se existem diferenças significa-

tivas no desempenho das distintas marcas. Optou-se pela definição de uma variável *dummy* com o valor de 1 para a marca A e 0 (zero) para as demais<sup>1</sup>.

**Entidades Mantenedoras (ENTM)** – Os dessalinizadores foram financiados por várias fontes, principalmente o Ministério do Meio Ambiente (MMA). Assim, tenta-se captar diferença no desempenho desta variável. Optou-se pela definição de uma variável *dummy* com o valor de 1, se a fonte de financiamento foi do MMA, e 0 (zero) para as demais.

**Capacidade Instalada (CI)** – Variável incluída na suposição de que o desempenho do dessalinizador pode estar relacionado com o seu tamanho. Se, por um lado, sua importância no abastecimento é proporcional ao seu tamanho, o mesmo ocorre com relação ao grau de dificuldade no seu manejo. A variável foi medida em m<sup>3</sup> de água dessalinizada por hora.

**Distância de fonte com água potável (DF)** – Variável incluída para testar a hipótese de que, quanto mais longe de uma fonte opcional estiver o poço com água salobra, maior o interesse da comunidade numa boa manutenção dos dessalinizadores. Variável especificada em metros.

**Salinidade da água do poço (S)** – Esta variável foi incluída para testar a hipótese de que, quanto mais alto for o teor de sal na água, maior será o empenho na manutenção do equipamento (fator positivo) ou, visto sob outro ângulo, maior será a sua sobrecarga (fator negativo), para um bom desempenho. Assim, não existe expectativa de sinal *a priori* e a variável foi medida em mg/l de Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

**Educação (ANEST)** – Com esta variável considera-se que, quanto maior o grau de instrução do operador, maior será a probabilidade de o dessalinizador apresentar um bom desempenho. A variável foi medida em anos de estudo do operador.

<sup>1</sup> As marcas Perenne e *Fluid system* representam 80% e foram codificadas pelos autores.

**Treinamento (CUR)** – A hipótese testada foi se o operador do sistema recebeu treinamento sobre manejo de dessalinizadores e, neste caso, maior será a probabilidade de este apresentar bom desempenho. Atribuiu-se valor 1 para operador treinado e 0, caso contrário.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 – Características e Performance dos Dessalinizadores

##### 3.1.1 – Critério de Seleção das Comunidades e Distribuição Espacial dos Dessalinizadores

Nos 46 municípios distribuídos nas mesorregiões onde estão instalados os dessalinizadores, 65% dos poços possuem água com salinidade acima dos limites aceitáveis, enquanto que este percentual no Estado é de 40%.

Para averiguar se os 130 dessalinizadores incluídos nesta análise foram implantados nas comunidades mais necessitadas de água potável, procurou-se inicialmente estabelecer critérios para identificá-las.

Os dados da CPRM mostram que de 13.458 poços cadastrados no Ceará, 55% são explorados, sendo que 4.400 são utilizados exclusivamente para uso doméstico. Destes, 840 possuem água apresentando níveis de salinidade acima de 1.000mg/l de STD.

Em muitas localidades, embora seus poços possuam altos teores de sais, existem outras fontes opcionais de água (permanentes ou periódicas), oriundas de cisternas, açudes, lagoas, rios ou riachos, além do potencial existente em poços abandonados. Obviamente, estas localidades deveriam ser preteridas em favor daquelas sem nenhuma opção e obrigadas a utilizar medidas paliativas como o uso de carro-pipa.

Assim, dos 840 poços mencionados acima, 470 representam as únicas fontes importantes de água para a população de algumas localidades. Em consequência, era de esperar que a alocação dos pri-

meiros 130 dessalinizadores efetuada pelo governo estadual e objeto desta avaliação fosse nas 130 localidades mais habitadas, dentre as 470 mais carentes de água potável.

Fazendo a intercessão do conjunto de comunidades beneficiadas por dessalinizadores com as 130<sup>2</sup> prioritárias, verificou-se que apenas 11 localidades<sup>3</sup> foram aquinhoadas com o equipamento. O surpreendente foi a constatação de que, em 60% destas comunidades, os dessalinizadores encontravam-se desativados e as comunidades ainda eram abastecidas com carros-pipa.

A Tabela 1 mostra que 60,7% dos dessalinizadores encontravam-se em boas condições de uso durante a pesquisa. A mesorregião Norte detém o maior número deles, seguida por Jaguaribe e Sertões Cearenses, justificando intensificar a assistência técnica nestas áreas. Essas mesorregiões concentram 86% dos equipamentos, sendo que existe uma proporção de 2,6 poços salinos para cada poço não-salino. (CPRM, 1997).

A mesorregião Norte tem a maior taxa de bom desempenho de dessalinizadores (67,2%). No Noroeste do Estado, 72,7% estavam desativados, sen-

do a área com o maior potencial para exploração de poços com água potável dentre todas as mesorregiões.

### 3.1.2 – Marca dos Dessalinizadores

Com relação às marcas<sup>4</sup> dos dessalinizadores, foram identificadas dez em operação no Ceará, prevalecendo a Perenne e *Fluid System* com 80% deles. Quase metade dos dessalinizadores da marca A encontrava-se desativada, contra 19% dos da marca B.

A capacitação dos operadores do sistema tem grande influência no desempenho do dessalinizador. Em termos gerais – com todas as marcas – cerca de 54% dos operadores foram treinados com o curso de Operação e Manutenção de Dessalinizadores. Apenas 37% dos operadores eram capacitados quando os 38 aparelhos da marca A funcionavam normalmente. Nos aparelhos em franca operação, este percentual é de 76%. A predominância do grau de escolaridade dos operadores da marca B é de 5 a 9 anos de estudos (42%), enquanto na marca A predominam operadores com escolaridade variando de 1 a 4 anos de estudo.

**Tabela 1 – Desempenho dos dessalinizadores por mesorregiões. Estado do Ceará, 2002**

Mesorregião	Desempenho dos Dessalinizadores por Mesorregião					
	Desativados		Operando		Total	
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)
Jaguaribe	13	26,0	20	25,0	33	25,4
Metropolitana de Fortaleza	1	2,0	4	5,0	5	3,8
Noroeste Cearense	8	14,0	3	5,0	11	8,5
Norte Cearense	20	40,0	41	51,3	61	47,0
Sertões Cearenses	8	16,0	10	12,5	18	13,8
Sul Cearense	1	2,0	1	1,2	2	1,5
TOTAL	51	100	79	100	130	100

**Fonte:** Dados da pesquisa.

<sup>2</sup> Foi anteriormente mencionado o descarte de 30 questionários e suas razões.

<sup>3</sup> Municípios – comunidades prioritárias: Barreiras-Araré, Guaramiranga-Linha da Serra, Jaguaribara-Vileta, Maranguape-Cajueiro, Marco-Baixa do Meio, Ocara-Arisco, Orós-Estreito e São Romão, Pacajus-Itaipava, Palhano-São José e Tejuçuoca-Alegria.

<sup>4</sup> Perenne e *Fluid System* estão codificadas na análise. As 20% restantes são: Projesp, *Flow*, Doce Água, *Danger High*, Prevenir, *Franklin Electronic*, Filmtec e Projemaq.

**Tabela 2 – Desempenho dos dessalinizadores por marcas mais freqüentes. Estado do Ceará, 2002**

<b>Marcas</b>	<b>Funcionando</b>	<b>%</b>	<b>Desativado</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
A	44	55,6	38	74,5	82	63,1
B	17	21,5	4	7,8	21	16,2
Outras Marcas	18	22,9	9	17,7	27	20,7
TOTAL	79	100	51	100	130	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando apenas a marca A, um dado sobre escolaridade chama a atenção: os seus dessalinizadores em funcionamento e operados por anal-fabetos representam 8,7%, enquanto aqueles desativados tinham um percentual de praticamente o dobro (16,6%).

### **3.1.3 – Fontes de Financiamento dos Dessalinizadores**

A Tabela 3 mostra que o Ministério do Meio Ambiente financiou mais de 40% dos aparelhos implantados, e o Projeto de Substituição de Carros-Pipa apresentou o maior percentual de equipamentos desativados.

Os dessalinizadores que apresentaram melhor desempenho foram financiados pelo Projeto São José (quase 3 em funcionamento para cada um paralisado). Em contrapartida, para cada dessalinizador operando e financiado pelo Programa de Substituição de Carros-Pipa existe, praticamente, um desativado.

O Projeto São José é constituído por uma equipe experiente e de alto nível técnico e, mais importante, o pessoal é remanescente do Programa de Apoio ao Pequeno Produtor (PAPP), com grande tradição no trato com pequenas comunidades rurais.

Existe uma tendência de cada fonte em financiar uma marca em particular. O Programa de Substituição de Carros-Pipa é o principal financiador da marca A e o Ministério do Meio Ambiente financiou 71% da B. O Projeto São José apoiou a miscelânea composta pelas demais marcas.

Pode ser uma das razões da baixa *performance* da marca A, pois constatou-se que muitos dessa-

linizadores financiados pelo Programa de Substituição de Carros-Pipa param por defeitos simples, denotando limitações no modelo de gestão adotado.

### **3.1.4 – Capacidade Instalada dos Dessalinizadores**

Segundo alguns autores, existe evidência empírica entre economias de escala e o abastecimento de água para pequenas comunidades nos países em desenvolvimento. Carruthers (1982) verificou este tipo de economia quando fez estimativas dos custos de suprimento de água no Quênia e constatou-se, em um projeto naquele país, que, para um aumento quintuplicado na capacidade de abastecimento d'água, o custo médio do sistema aumenta menos de duas vezes e meia.

Informações sobre o tamanho e capacidade de equipamentos são importantes para estimar o período de tempo ideal de funcionamento. Quanto ao tamanho do dessalinizador, constatou-se que, em média, um aumento na vazão de 400 litros/h de água dessalinizada para 1.800 litros/h, ou seja, um incremento de 4,5 vezes na capacidade acarreta um incremento de apenas 60%<sup>5</sup> no investimento necessário à aquisição do dessalinizador e acessórios.

Os 79 dessalinizadores em funcionamento ofertam 61.724 litros/h de água dessalinizada, atendendo 14.851 famílias, com média de 4,15 litros/família/hora, representando 85% das previsões iniciais de suprimento de água por família. A Tabela 4 mostra pequeno número de dessalinizadores com maior capacidade efetiva (acima de 1.000 litros/h) em relação ao

<sup>5</sup> Dados da Flow Indústria, comércio, Serviço e Importação Ltda., citados no livro de Campos (2003).

**Tabela 3 – Desempenho dos dessalinizadores por fonte de financiamento. Estado do Ceará, 2002**

Fontes de Financiamento	Funcionando	%	Desativado	%	Total	%
Ministério do Meio Ambiente	34	43	20	39,2	54	41,5
SUDENE	3	3,8	2	3,9	5	3,8
Proj. Substituição de Carros-Pipa	25	31,6	22	43,2	47	36,2
Orçamento do Estado do Ceará	1	1,3	2	3,9	3	2,3
Projeto São José	14	17,7	5	9,8	19	14,6
PROMHASA	2	2,6	-		2	1,5
TOTAL	79	100	51	100	130	100

**Fonte:** Dados da pesquisa.

programado. Isto significa que o potencial do equipamento não foi totalmente utilizado, seja por deficiência operacional, limitações de horas trabalhadas, vazões baixas do poço, ou outras razões já citadas. Estima-se uma capacidade ociosa de 15%.

Os 51 dessalinizadores desativados deixam de produzir 35m<sup>3</sup>/h (8 litros/família/hora) de água potável em ambiente inóspito, implicando investimentos sem retorno da ordem de R\$ 1,2 milhão. (CAMPOS, 2003).

A redução da capacidade ociosa dos dessalinizadores é uma das principais medidas a serem tomadas para viabilizar o sistema em análise. Para se ter uma idéia, o custo médio da água dessalinizada por um aparelho capaz de produzir 400 litros/h nas condições gerenciais vigentes é de R\$ 13,39/m<sup>3</sup>. Se o dessalinizador trabalhasse oito horas por dia este custo cairia para R\$ 5,31/m<sup>3</sup>. (CAMPOS, 2003). O autor afirma que, se estas condições ocorressem em um dessalinizador com capacidade de 1.800 litros/h, os custos de suprimento de água dessalinizada cairiam de 4,86/m<sup>3</sup> para R\$ 2,30/m<sup>3</sup>.

Provavelmente, existem limitações para as comunidades produzirem volumes de água dessalinizada a plena carga, considerando que, dos 31 dessalinizadores projetados para vazões superiores a 1.000 litros/h, apenas 12 operam acima desta vazão.

### 3.1.5 – Condições de Funcionamento dos Dessalinizadores

Todos os 130 dessalinizadores possuem abrigo com área variando de 12m<sup>2</sup> a 16m<sup>2</sup>, sendo esta

para os que têm capacidade superior a 600 litros/h. O equipamento sempre tem muro de proteção, sistema de captação e adutora. A rede elétrica custou, em média, R\$ 725,00 por sistema de dessalinização. (CAMPOS, 2003).

No entanto, constatou-se a falta de um *kit* de ferramentas para simples consertos em mais de 90% dos aparelhos. Às vezes, defeitos em uma simples peça trazem grande transtorno para as comunidades, que distam, em média, 20km das sedes municipais. É um exemplo didático da absoluta prioridade para investimentos em obras públicas em detrimento da sua manutenção.

Uma razão relevante encontrada para justificar as paralisações dos dessalinizadores foi o problema das membranas (38%), seguido pelos defeitos encontrados nas bombas, nos motores e na vazão dos poços. Em 12% dos dessalinizadores, jamais se procedeu à limpeza das membranas, e o percentual sobe para 28% nos paralisados. Isto mostra que o seu tratamento tanto preventivo quanto corretivo possibilita o aumento da vida útil do equipamento e a melhoria do seu desempenho.

Parece não existir uma recomendação padronizada para os operadores quanto à frequência anual de limpeza das membranas com produtos químicos e naturalmente uma grande variabilidade desta frequência, que vai de zero a doze vezes por ano. Nos dessalinizadores funcionando normalmente, 46% das membranas são lavadas até três vezes por ano e 34%, mais de três vezes. Nos paralisados, a frequência de mais de três lavagens era de apenas 14%. Esta pesquisa não considerou a qualidade do trata-



**Tabela 4 – Número de dessalinizadores, vazão (litros/h) e famílias beneficiadas (programada e executada) por capacidade instalada do equipamento (litros/h). Estado do Ceará, 2002**

Capacidade Instalada	Dessalinizadores (Quantidade)		Vazão Total (Litros/Hora)		Famílias Beneficiadas (Nº)	
	Programada	Efetiva	Programada	Efetiva	Programada	Efetiva
200 a 500	22	27	8.600	10444	2.805	2332
501 a 1000	27	41	22.100	32729	2.258	8464
1001 a 1500	21	7	26.480	8931	5.448	2433
1501 a 2000	8	4	15.200	9320	2.950	1622
Mais de 2000	1		4.900	0	2.370	0
TOTAL	79	79	77.280	61424	15.831	14851

**Fonte:** Dados da pesquisa.

mento químico, limitando-se a investigar apenas sobre a sua frequência.

A energia elétrica foi apontada, *a priori*, como fator de grande relevância no desempenho dos dessalinizadores, principalmente nos aspectos relacionados com a corrente (contínua ou alternada). A maioria das paralisações mensais encontrava-se num intervalo de 1 a 6 horas e o tipo de corrente provavelmente deve ter influência indireta, por aumentar a vulnerabilidade de outros componentes do sistema.

A pesquisa não detectou este fator como causa direta de paralisações. Apenas em Santa Maria, com 400 habitantes (município de Tauá), dentre as 130 comunidades pesquisadas, a razão alegada que inviabilizou o processo de dessalinização decorreu de problemas relacionados com a rede elétrica. Bem mais freqüente como razão de paralisações de dessalinizadores tem sido a falta de pagamento da conta mensal de energia elétrica.

De modo geral, as pessoas estão satisfeitas com o serviço dos dessalinizadores (mais de 1/3), e apenas 11% afirmaram que o sistema atende precariamente as suas necessidades.

Para aferir a percepção das pessoas sobre a qualidade do serviço das unidades de dessalinização, inquiriu-se o operador, obviamente não representando um consenso da comunidade. Muitos preferiram não opinar sobre o sistema (34%). A per-

cepção do operador depende do grau de reconhecimento da comunidade com o seu trabalho, podendo ser medida pela pontualidade do pagamento de sua remuneração e o seu valor. Metade dos operadores dos dessalinizadores em funcionamento recebem remuneração mensal variando de R\$ 100,00 a R\$ 180,00, sendo que, em 85% dos casos, quem paga são as prefeituras. Nos demais, a própria comunidade paga (8%), as associações (5%) e as paróquias (2%). Cerca de 4,5% dos operadores de dessalinizadores ativados não recebem nenhuma forma de remuneração e quanto aos desativados, embora 43% deixassem de responder, 8,1% afirmaram que não recebiam remuneração quando os dessalinizadores estavam em franca operação.

A Tabela 5 expressa uma tipificação das comunidades quanto à disponibilidade da água dessalinizada e pode traduzir a percepção destas sobre a qualidade do serviço.

As comunidades do grupo I são atendidas com até 3 litros de água/pessoa/dia, garantindo a estas o direito de beber água potável. Este grupo tem 16 comunidades e, como precisam complementar as necessidades de água, 40% recorrem aos serviços do carro-pipa.

As comunidades do tipo II dispõem de água para beber e cozinhar, recebendo volumes superiores a 3 até o limite de 13 litros de água dessalinizada/pessoa/dia. São 43 comunidades dispersas em

**Tabela 5 – Número de dessalinizadores por classe de volume de suprimento de água dessalinizada. Estado do Ceará, 2002**

Suprimento de Água Dessalinizada – litros/pessoa/dia	Número de Dessalinizadores
Até 3	16
Mais de 3 até 13	43
Mais de 13 até 28	17
Mais de 28	3
TOTAL	79

**Fonte:** Dados da pesquisa.

22 municípios. As do tipo III são atendidas com volumes acima de 13 até 28<sup>6</sup> litros de água dessalinizada/pessoa/dia, para beber, cozinhar e asseio corporal parcial.

Finalmente, as comunidades do tipo IV são as com disponibilidades acima de 28 litros /pessoa/dia e representam apenas 3,7% do total.

Saunders e Warford (1983) constataram que, em vários países em desenvolvimento, as pequenas comunidades contribuíam com 10 a 30% do custo de construção de sistemas de suprimento de água potável e pagavam uma tarifa capaz de cobrir no mínimo os custos de operação e manutenção. Os autores afirmam que esta estratégia aumenta a eficiência do sistema.

Acurio (1969), em estudo no Peru, afirmou que as comunidades interessadas, que solicitaram sistemas de abastecimento de água e que ofereceram seu apoio na construção, operação e manutenção do sistema, foram consideradas prioritárias no atendimento e tiveram resultados satisfatórios.

É muito difícil medir ou identificar, *a priori*, o entusiasmo de uma comunidade. É razoável, porém, supor que o real valor pago por ela poderia indicar que o investimento teria algum retorno econômico e social. (PINHEIRO, 2000).

<sup>6</sup> Estes limites foram sugeridos pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) – Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA), fundamentados em estudos no Semi-árido brasileiro.

Talvez não seja coincidência o fato de que nas 11 comunidades da Tabela 6, todos os dessalinizadores atendam plenamente aos objetivos de suprimento de água potável e recebem boa manutenção dos beneficiários.

Deve-se atentar para o fato de algumas pessoas da comunidade financiarem parcela de custo do sistema, considerando que as motivações podem variar desde o nobre sentimento de solidariedade até interesses tipicamente eleitoreiros.

### **3.1.6 – Utilização dos Rejeitos do Processo de Dessalinização**

Cada comunidade produz em média 1.600 litros de rejeito por hora e esta vazão tende a ser maior nas localidades cuja água possui altos teores de sais (acima de 12.000mg/litro). Nestas localidades o número de núcleos populacionais é nitidamente menor, pela natural tendência de a população se fixar em áreas menos inóspitas, com maior vazão do poço e menor salinidade de sua água.

A partir de valores medidos no Laboratório do Centro de Ciências Agrárias da UFC, com amostras de 88 comunidades, verificou-se que o rejeito apresentou uma salinidade mínima de 3.300mg/litro, na localidade de Baixio Grande (município de Alto Santo), máxima de 29.000 mg/litro em Pirangi (município de Ibaretama) e uma média geral de 11.100mg/litro. São valores inaceitáveis para irrigação, pois propiciam salinização do solo e erosão.

Considerando-se as 79 comunidades com dessalinizadores em operação, verificou-se que apenas

**Tabela 6 – Comunidades que pagam pela água dessalinizada e formas de remuneração.  
Estado do Ceará, 2002**

Comunidades	Formas de Remuneração
Arapuá	R\$ 4,00/mês/família – 50 litros por dia
Capivara	R\$ 5,00/mês/família – 40 litros por dia
Carnaúba	R\$ 2,00/mês/família – 40 litros por dia
Faz. Pereiro	Ficha de R\$ 0,10/20 litros
Itapebussu	Ficha de R\$ 0,10/25 litros
Juá	Ficha de R\$ 0,10/20 litros
Lagoa do Juvenal	Ficha de R\$ 0,10/20 litros
Lima dos Marcelinos	Algumas famílias pagam R\$ 1,00/mês: quantidade sem controle
Marrecas	A comunidade faz uma quota de R\$ 60,00 para pagar o operador
Santo Onofre	A operadora paga a conta mensal de energia elétrica

**Fonte:** Dados da pesquisa.

20% destas aproveitavam os rejeitos, sem nenhuma fundamentação técnico- científica ou econômica para o seu uso.

Lavagem de roupas, carros e motos possuem a maior frequência em utilização dos rejeitos (38%) e não se pode afirmar que estas práticas tragam benefícios significativos às pessoas, sendo apenas experiências isoladas e motivadas pela absoluta falta de água de boa qualidade. Atividades estritamente econômicas têm sido fruto de exclusiva curiosidade dos produtores, embora alguns projetem a exploração da tilápia vermelha e camarão com o uso dos rejeitos.

Mas o que predomina é a drenagem dos rejeitos para terrenos próximos ao sistema e aos cursos d'água (60%), que é uma forma mais prática e de baixo custo de descartá-los. Quanto ao retorno do rejeito para o poço em 9,5% das comunidades, talvez fosse interessante aprofundar pesquisas sobre os limites de salinidade que permitissem sua eventual reciclagem.

Existe uma lacuna na agenda de pesquisas em áreas com água salobra de fontes subterrâneas no semi-árido. Isto decorre de uma cultura que valoriza água superficial, que, embora reconhecidamente importante, apresenta elevadas perdas por evaporação, relegando os recursos hídricos de origem subterrânea a um plano absolutamente secundário. Trabalhar em locais onde os poços estejam próxi-

mos das pessoas talvez não seja tão atrativo para os centros que decidem a alocação de recursos, considerando que, historicamente, estes têm priorizado a busca de oportunidades de negócios via novas obras públicas.

Algumas iniciativas são interessantes para o uso de rejeitos, tais como a exploração da tilápia vermelha, camarão e a extração de sais minerais, dentre outras. Para dimensionar adequadamente estes eventuais projetos, uma informação que poderia ser útil é o volume dos rejeitos disponíveis e os seus respectivos teores de sais, que podem ser examinados na Tabela 7.

### **3.2 – Principais Fatores que Influenciam o Desempenho de Dessalinizadores**

Na Tabela 8, podem ser verificados os coeficientes estimados através do modelo Probit e que medem o impacto das variáveis através do índice latente e não na variável explicada. Os determinantes de probabilidades de bom desempenho dos dessalinizadores são as respectivas inclinações da curva normal cumulativa, que representam o verdadeiro efeito marginal.

As inclinações dadas para Marca do Dessalinizador (MD), Entidades Financiadoras do Dessalinizador (ENTM) e Treinamento do Operador (CUR) são derivadas; não são as mudanças na fun-

**Tabela 7 – Relação das 10 comunidades com maior vazão de rejeitos com respectivos teores de salinidades do permeado e do rejeito**

Município	Comunidade	Vazão/h	Salinidade – mg/l	
			Permeado	Rejeito
Quixeramobim	Algodões	5.760	120	2.330
Barreira	Angicos	4.000	890	3.000
Pentecoste	Arapuá	2.880	210	5940
Barreira	Areré	2.400	320	6.500
Irauçuba	Coité	2.400	130	6.910
Russas	Córrego Salgado	2.215	350	10.670
Pereiro	Crioula	6.000	210	2.160
Pacajus	Itaipaba	4.000	950	2.580
Irauçuba	Juá	2.880	210	3510
Morada Nova	Jucás Grossos	4.114	160	5330
Russas	Lagoa Grande	2.618	50	2.110
Chorozinho	Timbaúba	4.500	500	13.000

Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 8 – Estatísticas do modelo Probit**

Variáveis	Coefficientes	Erro-padrão	Estatística - t	Valor P	Teste de heterocedasticidade (Valor P)	Efeitos Marginais
C	-0,1968	0,3227	-0,5142	0,6071	-	-
MD	-0,5284	0,2596	-2,0354	0,0418	0,5532	-0,1727
ENTM	-0,4513	0,2984	-1,5121	0,1305	0,1757	-0,1475
CI	0,0011	0,0003	3,0055	0,0027	0,4963	0,0003
DF	0,00002	0,00005	0,4463	0,6554	0,1911	0,000006
S	-0,0001	0,00005	-1,9417	0,0522	0,5860	-0,00003
CUR	0,6677	0,2479	2,6932	0,0071	0,5846	0,21825
ANEST	0,0223	0,0342	0,6524	0,5141	0,4928	0,00728
f(β'x)	0,3268				0,9964	

ção em resposta às respectivas mudanças destas variáveis de 0 para 1, quando as demais permanecem constantes. A última linha da tabela  $f(\beta'x)$  é o fator escala, a função densidade acumulada e avaliada na média das variáveis.

O modelo identificou cinco variáveis estatisticamente significativas: Marca do Dessalinizador (MD – 1 para a marca A e 0 para as demais); Entidades Financiadoras do Dessalinizador (ENTM – 1, se o dessalinizador foi financiado pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA e 0, se foi financiado por outras fontes); Capacidade Instalada (CI – produção de água dessalinizada em litros/hora); Salinidade da água (S – partes por milhão – ppm de sais dissolvidos/litro); Treinamento do Operador (CUR

– 1, se o operador foi treinado para operar e manter o dessalinizador, e 0, se não foi treinado). Não havia expectativa, *a priori*, dos sinais esperados para capacidade instalada e salinidade, por razões já discutidas.

As variáveis que não se apresentaram estatisticamente significativas foram: Escolaridade do Operador (ANEST – anos de estudo do operador) e Distância da Fonte Hídrica mais próxima (DF – medida em metros).

Os resultados do ajustamento da equação podem ser avaliados pelo teste da razão de máxima verossimilhança, cuja estatística foi igual a 26,87 e tem distribuição  $\chi^2$ , para rejeitar ou não a hipótese

$H_0$ , em que  $B_k = 0$ . A um nível de significância de 0,05 e 7 g.l, o valor de  $\chi^2_{\text{critico}} = 14,06$ , portanto, inferior a 26,87. Assim, rejeita-se  $H_0$  e conclui-se que as probabilidades estimadas são explicadas pelas variáveis independentes.

A qualidade do ajuste de equações como esta não pode ser medida pelo tradicional  $R^2$ , considerando que o modelo é não-linear. Existem medidas alternativas de ajuste como o  $R^2$  de MacFadden = 0,154 e o pseudo  $R^2$  de Cragg & Uhler = 0,253. Mas como os resultados entre elas podem ser bem diferentes, Maddala (1992) recomenda considerar um  $R^2$  mais preciso em termos de proporções de previsões corretas. Do total de dessalinizadores analisados, 51 foram classificados como zero e 79 como um. O modelo acertou 54,9% das previsões de dessalinizadores desativados e 82,3% das previsões de dessalinizadores em funcionamento. No conjunto, o modelo acertou 93 previsões em 130 chances, com acerto de 71,54%, podendo ser considerado um bom ajustamento.

Para cada variável, foi estimado o valor P, que representa a probabilidade de erro ao se rejeitar a hipótese nula (modelo homocedástico). Com a realização desse teste, pode-se afirmar que os coeficientes estimados, individualmente e em conjunto, são eficientes quanto ao pressuposto de homocedasticidade.

As variáveis Capacidade Instalada, Distância da Fonte Hídrica e Escolaridade dos Operadores são, em média, melhores onde os dessalinizadores estão operando normalmente, enquanto que a mé-

dia de salinidade da água é maior onde os aparelhos estão desativados.

A Tabela 9 mostra que o teste de diferenças de médias para DF e ANEST foi não-significativo a 5% de probabilidade; portanto, estas variáveis não influem na probabilidade de os dessalinizadores terem bom desempenho, ratificando a não-significância estatística dos parâmetros. Quanto à capacidade instalada e salinidade, o teste de diferença de médias mostrou-se significativo, respectivamente a 1% e 5%.

O interessante foi que o modelo selecionou duas características do dessalinizador: uma de natureza qualitativa – a marca – e outra de natureza quantitativa – capacidade instalada dos dessalinizadores, cuja média é 35,2% superior onde estão operando normalmente em relação aos que estão desativados. A outra seleção foi de uma característica ambiental da comunidade e de natureza qualitativa – salinidade da água do poço, em média sendo 19,1% superior onde os aparelhos estão desativados em relação àquela onde estão operando normalmente. Finalmente, o modelo selecionou duas características relacionadas com procedimentos de gestão, ou seja, entidade financiadora do dessalinizador e capacitação do operador.

Estes resultados relacionados com capacidade instalada confirmam a opinião dos que defendem a importância do volume de água dessalinizada. Os dessalinizadores maiores ganham credibilidade aos olhos da comunidade pelo potencial de atender as expectativas de efetivo suprimento de água potável

**Tabela 9 – Valores médios das variáveis determinantes de desempenho dos dessalinizadores. Estado do Ceará, 2003**

Variáveis	Unidades	Média Geral	Media em Dessalinizadores Operando	Media em Dessalinizadores Desativados
CI	Litro/hora	869,6	967,7 <sup>b</sup>	715,6 <sup>b</sup>
DF	metros	1.245,6	1.345,9 <sup>a</sup>	1.090,2 <sup>a</sup>
S	STD/l	3.609	3.357 <sup>b</sup>	4.000 <sup>b</sup>
ANEST	anos	4,2	4,5 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: nível de significância estatística das médias: 5% (a = não-significativo, b = significativo).

em ambiente inóspito. Isto estimula a participação comunitária somada ao natural interesse de um acompanhamento técnico mais efetivo pelos agentes financeiros em equipamentos mais caros e produtivos. Quase 90% dos dessalinizadores desativados possuem vazão entre 200 a 1.000 litros/h.

Os resultados sobre salinidade confirmam a opinião dos que advogam a sobrecarga do equipamento. As condições de alta salinidade são muito mais severas quando aliam elementos corrosivos com altas pressões em equipamentos de menor porte e sem manutenção adequada.

### 3.2.1 – Efeitos Marginais dos Fatores que Influenciam o Desempenho do Dessalinizador

Na Tabela 10, são apresentados os valores dos efeitos marginais das variáveis contínuas. Observa-se, na primeira linha, que as probabilidades mostram que um aumento da capacidade do dessalinizador concorre para aumentar a sua probabilidade de apresentar bom desempenho. Na segunda linha, ocorre o contrário, ou seja, na medida em que aumenta a salinidade da água do poço onde o dessalinizador está instalado, diminuem as probabilidades de este apresentar bom funcionamento. Com relação a esse fato, um dos problemas sérios detectados quando da paralisação dos dessalinizadores foi com relação a bomba injetora, pois essa fica imersa no poço; portanto, permanentemente em contato com a água salina. Combinados estes efeitos, obtêm-se suas respostas probabilísticas. Na primeira alternativa, as variáveis binárias admitem valor zero para MD, ENTM e CUR. Consideran-

do-se os valores médios das variáveis, o efeito marginal da capacidade instalada sob estas condições é igual a 0,0006. Isto significa que, para cada litro por hora aumentado na capacidade instalada do dessalinizador, a probabilidade de este apresentar um bom desempenho aumenta em 0,06%. Se o operador for devidamente capacitado através de um curso de Operação e Manutenção (O&M) de Dessalinizadores, o incremento na probabilidade de que ocorra bom desempenho aumenta ainda mais, ou seja, 0,13%. Se o dessalinizador for da marca A e financiado pelo Ministério do Meio Ambiente – alternativa da última coluna – sendo o operador treinado – a probabilidade também aumenta, mas em apenas 0,02%.

O efeito marginal da variável Salinidade é negativo, indicando que a variação de um mg de STD/l na salinidade da água sob as condições assumidas pelas variáveis binárias causa uma variação em sentido contrário na probabilidade de bom desempenho. Isto significa que, se houver redução de uma unidade no teor de sais da água a ser dessalinizada, aumentarão as probabilidades de o equipamento ter bom desempenho em, respectivamente, 0,005%, 0,01% e 0,002%. Verificou-se também que, segundo a Tabela 10, o maior incremento na probabilidade de o dessalinizador funcionar a contento é quando sempre se considera a capacitação do operador.

A análise tabular demonstrou claramente que os dessalinizadores da marca B (MD=0) financiados pelo Projeto São José (ENTM=0) possuem melhor desempenho, dada as outras alternativas. Assim, considerando (MD=0) e (ENTM=0), construiu-se a Tabela 11 para examinar os efeitos sobre a probabilidade de um dessalinizador de tamanho médio apre-

**Tabela 10 – Efeitos marginais das variáveis contínuas, pelo modelo Probit, decorrentes dos valores assumidos pelas variáveis binárias. Estado do Ceará, 2002**

Opções	MD = 0 ENTM = 0 CUR = 0	MD = 0 ENTM = 0 CUR = 1	MD = 1 ENTM = 1 CUR = 1
Cap. instalada.	0,0006	0,0013	0,0002
Salinidade	-0,00005	-0,0001	-0,00002

Fonte: Dados da pesquisa.

sentar boa *performance* sob condições de alta, média e baixa salinidade, com e sem capacitação do operador. As classes de salinidades foram identificadas através da moda entre o primeiro, segundo e terceiro quartis extraídos das observações.

Verifica-se claramente que o aumento de um litro por hora na capacidade instalada do dessalinizador aumenta a probabilidade de este ter bom desempenho em todas as alternativas apresentadas. No entanto, a Tabela 11 mostra que o incremento probabilístico é sensivelmente maior, quando o operador é capacitado e atua em locais com baixo teor de salinidade da água do poço e onde o dessalinizador está instalado. A situação onde a probabilidade de bom desempenho é maior (0,15%) em decorrência do aumento de 1 litro por hora na capacidade instalada é na condição de baixa salinidade com o operador capacitado. A menor probabilidade de bom desempenho do equipamento (0,02%) ocorre na situação exatamente contrária e representada pela alta salinidade da água.

#### 4 – CONCLUSÕES

A adoção de uma nova tecnologia traz, inevitavelmente, inúmeras dificuldades. Desta forma, a constatação da falta de sucesso parcial na instalação de dessalinizadores no Ceará não surpreende.

Através de relatórios formais de instituições públicas e mesmo por simples observações, existe o consenso de que muitos dessalinizadores foram distribuídos para comunidades carentes de água potável e algumas estavam despreparadas para ge-

rir o sistema. Não havia um acompanhamento adequado do governo nos aspectos técnicos, administrativos e financeiros. O fato é que mais de 1/3 dos dessalinizadores não funcionavam quando este levantamento foi realizado.

A alocação dos dessalinizadores nas mesorregiões foi adequada, sendo distribuídos proporcionalmente com a frequência de poços salinizados nestas áreas. Constatou-se entretanto, que não ocorre monitoramento satisfatório dos sistemas, de modo a prover assistência técnica no local e momento em que realmente se faz necessária. E, ainda, não houve remanejamento de dessalinizadores de locais inadequados para áreas altamente necessitadas.

Se o enfoque for realizado em um espaço menor, numa comunidade, os resultados obtidos nesta avaliação nos aspectos sociais levam à seguinte conclusão: a possibilidade de sucesso de um dessalinizador não depende da premência – na visão de um avaliador externo – com que uma comunidade precise do equipamento. Se a população não perceber o valor do sistema, o índice de utilização será baixo e a administração local, inadequada.

Os dessalinizadores da marca B e financiados pelo Projeto São José demonstraram, em geral, melhor funcionamento do que os da marca A, financiados pelo Ministério do Meio Ambiente e pelo Programa de Substituição de Carros-Pipa. O que se afigura surpreendente é que quase a metade dos dessalinizadores financiada pelo Programa de Substituição de Carros-Pipa encontrava-se paralisada. Seria importante avaliar com mais profundidade as

**Tabela 11 – Efeitos marginais da capacidade instalada (CI) de dessalinizadores em condições de alta, média e baixa salinidade\* (S), no modelo Probit, sob os valores da variável binária capacitação do operador (cap). Estado do Ceará, 2002**

Opções	Capacitação do Operador (cap)	
	Sim	Não
Alta salinidade	0,0010	0,0002
Média salinidade	0,0014	0,0006
Baixa salinidade	0,0015,	0,0008

Fonte: Dados da pesquisa.

\*Alta, Média e baixa salinidades (S), respectivamente: 1.500, 3.000 e 6.600 mg/l

verdadeiras causas disto e tentar removê-las. Isto porque a Superintendência de Recursos Hídricos (SOHIDRA) considera prioritárias para instalação de novos dessalinizadores as comunidades situadas na rota do carro-pipa.

As análises efetuadas neste estudo permitem confirmar que as atividades de investimento recebem prioridade absoluta em relação aos gastos com manutenção. Dentre as causas de paralisações, a principal está relacionada com problemas na membrana, seguida de defeitos nas bombas e estes aspectos devem merecer maior atenção da assistência técnica.

O modelo Probit detectou que a variável de maior impacto no desempenho dos dessalinizadores foi a capacitação dos operadores, tendo, inclusive, medido sua influência em termos probabilísticos.

Existe capacidade ociosa da maioria dos dessalinizadores e o esforço de aumentar a produção de água dessalinizada deve ser perseguido com rigor. Esta providência torna-se fundamental pela constatação de que existe queda dramática nos custos de suprimento com a redução da capacidade ociosa do sistema de dessalinização.

De modo geral, os dessalinizadores com maior capacidade instalada apresentaram melhor desempenho do que os de tamanho médio e pequeno, tendo também grande influência o grau de salinização da água. Assim, pode-se concluir que existe grande predisposição de quebra dos equipamentos menores e instalados em poços com água altamente salinizada.

Por outro lado, a falta de pagamento dos usuários pela água dessalinizada tende a perpetuar o sistema paternalista prevalecente no semi-árido e a dificultar o envolvimento das comunidades nos seus próprios problemas. Os dados levantados em alguns locais nesta pesquisa demonstraram que o melhor caminho para obter um sistema sustentável de dessalinização é através da prática do instrumento de cobrança da água.

Quanto aos rejeitos resultantes do processo de dessalinização, pode-se concluir que, pelas peque-

nas vazões observadas nas comunidades pesquisadas, os impactos no ambiente podem ser considerados desprezíveis.

Basta fazer um levantamento dos resultados de pesquisas em universidades nordestinas sobre o uso de rejeitos do processo de dessalinização para comprovar a sua viabilidade técnica na exploração da tilápia vermelha e do camarão. Com uma eficiente campanha de marketing e de difusão via unidades demonstrativas e capacitação de produtores rurais, existem amplas possibilidades de os rejeitos deixarem de ser percebidos como um problema – na realidade aparente – e passarem a se constituir em potencialidade econômica.

## ***Abstract***

---

The Company of Mineral Resources Research (CPRM), of 1997, had verified that more than 40% of the underground wells of Ceará possesses salty water. Until 1997, 10 salt removers had been installed in Ceará and four years later (2001), the government of the State had financed and implanted 160 units in rural communities. Unfortunately, it was verified that more than 1/3 of all salt removers were disabled. This motivated us to evaluate the social, economic and technological aspects that influence the performance of the equipments. In the study, data lifted in 160 communities were used; being applied an analysis to tabulate the relationships and the probit model. The conclusion was that, the probability of success of a salt remover does not depend on the emergency – in the approach of an external observer – of a community that needs this equipment, if the population does not notice its value. The main cause to salt removers stop working is linked to its membranes. The most influential variable for its good functioning is the operators training. There is predisposition to break of the smaller equipments installed in wells with high levels of salty water.

## ***Key words:***

---

Salt Removers. Salt Water. Probit.



## REFERÊNCIAS

ACURIO, G. **Água potable rural, Peru:** relatório ao sistema de água rural do Peru, Lima. [S.l.: s.n.], 1969.

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

CAMPOS, R. T. **Custos de suprimento de água dessalinizada em pequenas comunidades rurais do Ceará:** relatório parcial de pesquisa. Fortaleza: UFC, 2003. No prelo.

CARRUTHERS, I. D. **Investimentos em abastecimento de água no Quênia:** impacto nos aspectos econômicos. Londres: Universidade de Londres, 1982. p. 104.

CEARÁ. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos.** Fortaleza; 1992. 4 v. V. 1: Diagnóstico.

CPRM. **Atlas dos recursos hídricos subterrâneos do Ceará.** Fortaleza, 1997. 1 CD-ROM.

GREENE, W. H. **Econometric analysis.** New York: MacMillan, 1993.

LIMA, R. C. Modelos de respostas binárias: especificações, estimação e inferência. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 19-25, 1996.

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

McFADDEN, D. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In: ZAREMBKA, P. (Ed.). **Frontiers in econometrics.** New York: Academic Press, 1973.

MONTEIRO, V.P. **Critérios para implantação de tecnologias de abastecimento de água**

**potável em regiões afetadas pelo alto teor de sal.** 2002. 56 f. Dissertação (Mestrado em Economia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

PESSOA, L.C.C. **Análise de desempenho e do impacto ambiental dos dessalinizadores por osmose reversa.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

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.

SAUNDERS, R. J.; WARFORD, J.J. **Abastecimento de água em pequenas comunidades.** Washington, D.C.: The World Bank, 1983.

---

Recebido para publicação em 03.SET.2003.