

## Modelo Decisório para Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água em Comunidades Rurais no Semiárido

Fernando Victor Galdino Ponte<sup>1</sup>, Ana Maria Roberto Moreira<sup>1</sup>, Manoel do Vale Sales<sup>1</sup>, José Capelo Neto<sup>2</sup>  
victorgponte@yahoo.com.br; ar\_moreira@yahoo.com.br; msales@cagece.com; capelo@ufc.br

Recebido: 25/10/10 - revisado: 05/03/12 - aceito: 03/06/13

---

### RESUMO

O tratamento da água em comunidades rurais ainda apresenta grandes deficiências no semi-árido cearense apesar do desenvolvimento econômico do estado. Além da baixa qualidade da água disponível (Vieira & Studart, 2009), a gestão técnica no saneamento rural é um ponto que ainda necessita aprimoramento. O SISAR e o Projeto São José, que tratam do assunto no Estado do Ceará, não dispõem de critérios de seleção nem de projetos padronizados de estações de tratamento de água (ETA) que diminuam o erro durante o processo de seleção da tecnologia e dimensionamento da ETA. Para se ter uma idéia, cerca de 80 % de todos os sistemas operados pelo SISAR utilizam filtração direta descendente (FDA) como tecnologia de tratamento, muitas vezes sem a eficiência necessária. Este trabalho teve como objetivo elaborar um modelo conceitual simples de tomada de decisão. O método conceitual foi desenvolvido utilizando critérios de exclusão e de seleção os quais devem levar a escolha de tecnologias de tratamento tais como o Ciclo Completo, a Filtração Direta Ascendente, a Dupla Filtração e a Oxidação seguida de Filtração rápida Ascendente em função da vazão, do tipo de manancial e de parâmetros de qualidade de água. Foi possível dessa forma, desenvolver um modelo simples utilizando poucos parâmetros de qualidade de água tais como turbidez, cor e densidade algal dentre outros, proporcionando como resposta do modelo doze projetos de ETAs com vazões de 5, 10 e 15 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

**Palavras - Chave:** Parâmetros de projeto. ETA,. Saneamento Rural

---

### INTRODUÇÃO

A população rural (Ferreira et al., 2010), principalmente a que habita o semiárido Brasileiro, encontra grandes dificuldades para obter água dentro do padrão de qualidade exigido pelo Ministério da Saúde. Por não disporem de um sistema de abastecimento de água convencional, alternativas de abastecimento individuais ou coletivas são adotadas sem um referencial técnico que lhes garantam a qualidade necessária.

A água bruta, devido à poluição e a falta de proteção dos mananciais, trazem vários riscos à saúde humana (Franzen et al., 2011). Para Paz (2007), o risco surge quando a água possui a capacidade de transportar agentes contaminantes, os quais podem causar doenças no homem ou alterar o desempenho normal das tarefas na comunidade. O tipo de manancial determina o risco que a tecnologia tem que eliminar ou reduzir até os valores limites da portaria MS 2914 (Ministério da Saúde, 2011).]

Outro agravante deste problema, que ocorre basicamente no semiárido do Nordeste, é a escassez de água disponível para as mais diversas utilizações (Magalhães et al., 2003), inclusive para o consumo humano, em razão do regime pluviométrico inconstante. Essa escassez, aliada à baixa capacidade de tratamento dos sistemas, geralmente causa racionamento na distribuição e comprometimento da qualidade da água.

Segundo Bastos (2007), o nordeste do Brasil é a região semiárida mais povoada do mundo. Cerca de 11 milhões de pessoas que vivem nas áreas rurais não têm acesso à água potável. Elas precisam percorrer vários quilômetros para encontrar uma fonte de água, que geralmente não está própria ao consumo humano. A região apresenta altos índices de mortalidade infantil como resultado da diarreia causada pelo consumo de água contaminada. Tendo em vista essa problemática, surgiu o conceito de saneamento rural, com aplicação de técnicas para abastecimento de água e autogestão dos sistemas de adução, tratamento e distribuição.

Criado em 1995, o Projeto São José é desenvolvido em comunidades rurais e foi concebido para ser o eixo central das estratégias do Governo do

---

<sup>1</sup>- Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE

<sup>2</sup>- Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFCE

Estado do Ceará no combate à pobreza rural. Atua em 177 dos 184 municípios do Ceará, com prioridade para os municípios classificados pelo Índice Municipal de Alerta. Um dos seus objetivos é implantar sistemas de abastecimento de água tratada e hidrometrada em comunidades da zona rural, que possuam entre 50 e 250 famílias e manancial definido.

Logo após a construção das estações de tratamento de água nas pequenas comunidades pelo Projeto São José, a gestão destas unidades pode ser feita pelas prefeituras locais, pela comunidade ou através da associação comunitária local integrada a uma federação tal como o Sistema Integrado de Saneamento Rural, o SISAR, a qual tem a responsabilidade de administrar os serviços, garantir o acesso da população e a sustentabilidade financeira do sistema.

O SISAR é uma organização não governamental, sem fins lucrativos, formada pelas associações comunitárias que possuem sistemas de abastecimento de água e esgoto, dentro da mesma bacia hidrográfica (Figura 1). Surgiu pela iniciativa da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE, com apoio do Governo do Estado do Ceará, do Banco KfW, das prefeituras locais e comunidades. A sustentabilidade econômica destes sistemas é garantida pela atuação do SISAR principalmente no que se refere à estruturação tarifária aplicada. Além disso, a forma de representação comunitária possibilita a troca de experiências além do fortalecimento das comunidades no que diz respeito à manutenção e acompanhamento da operação das ETAs construídas.

Apesar do sucesso do modelo gerencial do SISAR, existem ainda grandes dificuldades, encontradas pelos técnicos envolvidos, na seleção da tecnologia adequada para cada tipo de água bruta e na padronização de projetos de sistemas, acarretando em erros na construção das ETA's, na má qualidade da água distribuída, em falha operacional e desperdício de recursos financeiros e humanos. Num dos poucos trabalhos publicados nesta área de seleção de tecnologia para tratamento de água, Paz & Di Bernardo (2007) apresentam um modelo conceitual de seleção de técnicas de tratamento de água superficial para ETAs. Apesar do modelo se propor a beneficiar comunidades brasileiras de pequeno e médio porte, as vazões trabalhadas neste modelo são entre 10 L.s<sup>-1</sup> e 100 L.s<sup>-1</sup>, bem acima do necessário nas pequenas comunidades tratada neste trabalho, além de apresentar uma complexidade técnica e uma demanda financeira muitas vezes inacessível ao saneamento rural. Já a portaria MS 2914/2011 (Ministério da Saúde, 2011) trata apenas sucintamente das exigências aos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano em seu Capítulo IV, Art. 24º: "Toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração. Parágrafo único. As águas provenientes de manancial superficial devem ser submetidas a processo de filtração", deixando muito a desejar no que se refere à seleção da tecnologia apropriada. Desta maneira, este trabalho teve como objetivo principal desenvolver um modelo simplificado de seleção de tecnologia de tratamento de água para pequenas comunidades no semiárido sustentável do ponto de vista técnico, levando em consideração a qualidade da água bruta disponível e a vazão máxima de 15 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>, adequando-se à proposta do Projeto São José e SISAR. Para tal fez-se necessário realizar visitas técnicas a algumas localidades operadas pelo SISAR de forma a se conhecer os principais problemas de qualidade de água existentes.

## METODOLOGIA

A formulação do modelo simplificado de seleção de tecnologia de tratamento de água para pequenas comunidades do semiárido foi desenvolvido tendo como modelo inicial o trabalho desenvolvido por Paz & Di Bernardo (2007). Foi necessário primeiramente uma revisão das técnicas de tratamento adequadas às diversas qualidades de água bruta, seguida de visitas às ETAs filiadas ao SISAR no interior do Estado do Ceará escolhidas de forma

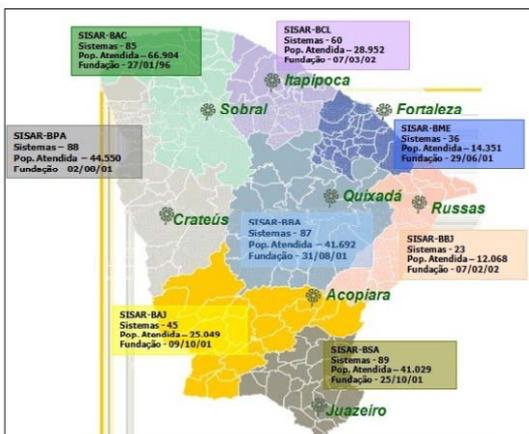


Figura 1 – Mapa do Estado do Ceará com as respectivas unidades do SISAR.

aleatória e conforme disponibilidade de transporte, avaliação da qualidade da água bruta em mananciais subterrâneos e superficiais na região de estudo e por fim o desenvolvimento do modelo conceitual para escolha da tecnologia de tratamento de água mais apropriada.

### Visitas às ETAs

As visitas foram realizadas durante os três meses com menor qualidade de água bruta nas localidades relacionadas na Tabela 1 com o objetivo de identificar as tecnologias de tratamento de água utilizadas, os problemas operacionais encontrados e a qualidade dos mananciais que abastecem as comunidades rurais. Foram visitadas no total 20 comunidades filiadas ao SISAR localizadas na Bacia do Baixo Jaguaribe - BBA, Bacia do Baixo Jaguaribe - BBJ, Bacia Curu e Litoral - BCL e na Bacia do Alto Jaguaribe - BAJ

**Tabela 1 - Resumo das visitas técnicas realizadas as comunidades filiadas ao SISAR no interior do Estado do Ceará.**

Mês/ano	Unidade SISAR	Município	Localidade	
10/2010	BBA	Quixadá	S. Antônio da Serra do Estevão	
			São João dos Pompeus	
11/2010	BCL	São Luiz do Curu	Pau D'arco	
			Russas	Córregos das Catitas
			Melancia dos Tabosas	
			Itapipoca	Três Climas
			Tururu	Batatas
			Paraipaba	Camboas
			Trairi	Munguba
			Itarema	Porto dos Barcos
			Itapajé	São Miguel de Baixo
			12/2010	BAJ
Conjunto M.				
Conjunto Delta Varzinha				
Campos Salcs	Acossi			
Arneiroz	Cachoeira de Fora			
Jucás	Montenegro			
Tauá	Açudinho			

### Qualidade da água

Conhecidas as problemáticas das comunidades, fez-se uma investigação da qualidade da água bruta dos mananciais disponíveis. A pesquisa foi realizada através da avaliação dos laudos das análises de água já existentes no banco de dados do SISAR e, quando necessário, foram realizadas análises de cor, pH, turbidez, ferro, manganês, flúor, dureza, cloreto, nitrato, nitrito, amônia e densidade de algas das águas, de acordo com procedimentos da APHA (2005).

### Definição de tecnologias

Devido à variabilidade da qualidade de água de cada manancial estudado, observou-se a necessidade de se estabelecer parâmetros de seleção para cada tecnologia de tratamento de água, para diferentes vazões e mananciais.

Foram propostas as tecnologias de Filtração Direta Ascendente - FDA, Dupla Filtração - DF, Ciclo Completo - CC, e Oxidação seguida de Filtração Ascendente - OFA, para remoção de ferro que difere da FDA apenas por não incorporar a coagulação química.

As tecnologias FDA, DF e CC foram definidas como padrões por já apresentarem eficiência, relativo baixo custo e facilidade operacional confirmada na prática na remoção dos parâmetros (Paz & Di Bernardo, 2007; Kawamura, 2000; Libânio, 2008; Richter; 1995 e Viana, 2002) como cor, turbidez e algas. Assim, o estudo pôde prosseguir com o desenvolvimento de um modelo conceitual de seleção de tecnologia e de projetos executivos padronizados de estações de tratamento de água.

### Definição do modelo conceitual simplificado

Após as etapas de estudo da qualidade da água bruta e ensaios laboratoriais, foi desenvolvido um fluxograma de decisão utilizado para a seleção de tecnologia de tratamento mais apropriada. Este processo decisório tem como critérios alguns parâmetros físico-químicos da água bruta escolhidos pela relevante relação com a segurança da água potável, pelas características das águas brutas encontradas na etapa de pesquisa e pela vazão do sistema de tratamento.

Procurou-se manter o processo o mais simples e prático possível de forma a possibilitar sua utilização por qualquer profissional de nível médio com um mínimo de treinamento. Para que o modelo possa ser executado, faz-se necessário que os pa-

râmetros cor, pH, turbidez, ferro, manganês, flúor, dureza, cloreto, nitrato, nitrito, amônia e densidade de algas sejam previamente analisados.

Utilizou-se como primeiro critério de exclusão a vazão limite de sistemas financiados pelo projeto São José, 15 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. As tecnologias escolhidas como soluções do modelo têm a capacidade de tratar água bruta contendo ferro e manganês, águas com elevado conteúdo algal e águas de mananciais lóticos com elevada turbidez devido principalmente a sólidos inorgânicos em suspensão (argilas por exemplo). Assim, os parâmetros cor, turbidez, densidade de algas, ferro e manganês foram definidos como critérios de seleção de tecnologia. Em relação aos outros parâmetros de qualidade de água tratada, todos deverão obedecer os valores permitidos pela portaria do Ministério da Saúde, sendo necessário o monitoramento constante da água tratada.

Os parâmetros utilizados para seleção de tecnologias no modelo, com exceção do ferro e manganês total, tiveram como referência Kawamura (2000). Ponte et al. (2011) estabeleceram limites de concentração de ferro na água bruta e o tipo de tratamento recomendado e também foi utilizado como referência neste trabalho. Mananciais subterrâneos contendo ferro com concentração acima de 5 mg.L<sup>-1</sup> deve receber tratamento via ciclo completo e abaixo desse valor e até o valor limite da portaria MS 2914 (Ministério da Saúde, 2011), recomenda-se o uso da filtração ascendente precedida de oxidação química.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Visitas às ETAs

Nas visitas aos sistemas de abastecimento de água do SISAR foi constatado que a problemática da qualidade de água nos mananciais pode ser resumida em:

1. Elevadas concentrações de cloretos, ferro e manganês em águas subterrâneas;
2. Elevada turbidez e cor, devido ao carreamento de sedimento no período chuvoso em mananciais lóticos e;
3. Elevada turbidez e cor, devido à elevada densidade algal em mananciais lenticos, principalmente no período de estiagem.

Dos vinte sistemas visitados, 100% das comunidades que recebem água captada em mananciais de superfície são equipadas com estações de

tratamento. Já quando se analisa a totalidade dos sistemas operados pelo SISAR, apenas cerca de 88% dos sistemas com captação superficial possuem estações de tratamento de água (Figura 2a e 2b). Já a população que recebe água captada em mananciais subterrâneos, apenas 13,33% dos sistemas visitados são equipados com ETAs contra 7,5 % quando se analisa todos os sistemas (Figura 1a e 1b). Onde não existe ETA, o tratamento é efetuado através de uma simples desinfecção. Observou-se que a Filtração Direta Ascendente - FDA é a tecnologia mais utilizada, respondendo por cerca de 80 % dos sistemas implantados, apesar da mesma não apresentar a eficiência necessária ao tratamento da água bruta disponível na grande maioria das comunidades.

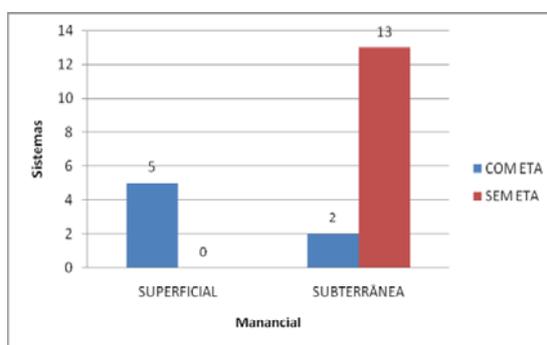


Figura 2a – Tipo de manancial e disponibilidade de ETA nos sistemas operados pelo SISAR visitados.

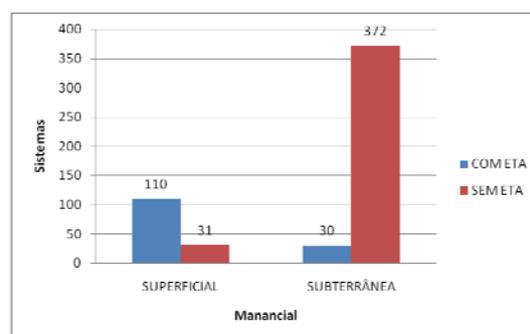


Figura 2b – Tipo de manancial e disponibilidade de ETA em todos os sistemas operados pelo SISAR .

### Qualidade da água

Foram analisados os laudos físico-químicos de água bruta registrados no Projeto São José ao longo de 5 anos e confirmou-se o que havia sido constatado nas visitas. Os parâmetros que mais ultrapassaram os padrões de potabilidade (Ministério

da Saúde, 2011) e apresentaram problemas de tratabilidade foram cor, turbidez, ferro, manganês e cloretos.

Águas contendo cloretos em excesso exige um tratamento mais complexo, com membranas por exemplo, tornando o processo inviável do ponto de vista econômico e tecnológico para uma comunidade rural dentro do sistema SISAR. Com essa premissa, a concentração de cloretos foi adotada como parâmetro de exclusão do manancial no modelo de seleção de tecnologia. Como forma de fortalecer o coeficiente de segurança da água, foi sugerido por técnicos do SISAR, que os parâmetros nitrato, nitrito, amônia e dureza também fossem incluídos como critérios de exclusão (Tabela 2), apesar de não terem apresentado problema nos laudos de qualidade de água investigados. Os valores adotados para cada parâmetro obedeceram os limites da portaria MS 2914 (Ministério da Saúde, 2011), com exceção do fluoreto, para o qual é adotado um valor menor que o da portaria devido aos padrões de consumo de água da região. Assim, por exemplo, se a vazão necessária for maior que  $15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , este modelo não poderá ser adotado.

**Tabela 2 – Valores limites para aceitação do manancial a ser utilizado no modelo decisório.**

Critérios de Exclusão	Valores limites
Vazão	$\leq 15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
Fluoreto	$\leq 0,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Cloreto	$\leq 250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Dureza Total	$\leq 500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Nitrito	$\leq 1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Amônia	$\leq 1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Nitrato	$\leq 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
pH	$6 \leq \text{pH} \leq 9,5$

Já parâmetros como turbidez, cor, densidade algal, ferro e manganês, por serem relativamente de fácil remoção com as tecnologias de tratamento convencionais, foram escolhidos como critérios de seleção de tecnologia, juntamente com a vazão. Vale lembrar que a vazão também é um critério de exclusão quando acima de  $15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

A tecnologia escolhida para remoção de ferro, OFA, que consiste de oxidação química seguida de uma filtração rápida ascendente, segundo Ponte et al. (2011) é capaz de remover até  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  deste metal sem comprometer a operacionalidade do filtro ascendente. Acima de  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , segundo os mesmos autores, deve-se utilizar a tecnologia de Ciclo Completo. Com relação aos outros critérios de

seleção para mananciais superficiais lênticos (cor, turbidez e densidade algal) buscou-se seguir as orientações de Kawamura (2000) para selecionar a tecnologia adequada conforme Tabela 3.

**Tabela 3 – Critérios de seleção para mananciais lênticos utilizados no modelo.**

Característica	C. Completo	Dupla Filtração	Filtração Direta
Turbidez (uT)	$< 3.000$	$< 50$	$< 20$
Cor Aparente (uC)	$< 1.000$	$< 50$	$< 20$
Densidade Algal (UPA.mL <sup>-1</sup> )	$< 100.000$	$< 5.000$	$< 1.000$

Fonte: Adaptado de Kawamura (2000).

### O modelo conceitual simplificado

O processo de seleção de tecnologia, observado na Figura 3, é iniciado com a análise dos critérios de exclusão, resumidos na Tabela 2. Estando todos os critérios de exclusão dentro dos limites estabelecidos, passa-se à próxima etapa.

Seleciona-se então o manancial, subterrâneo ou superficial. Se superficial, escolhe-se entre lêntico ou lótico. Se lótico, as ETAs de números 10, 11 e 12 são escolhidas de acordo com a vazão. As ETAs de números 10, 11 e 12 são unidades de Ciclo Completo – CC, com capacidade de até  $5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , entre 5 e  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  e entre 10 e  $15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  respectivamente. O motivo da escolha direta, sem a análise prévia dos critérios de seleção (cor, turbidez e conteúdo algal), deve-se ao fato de que os rios no Estado do Ceará, em sua quase totalidade, apresentam elevada turbidez e cor devido ao carreamento de material alóctone durante o período chuvoso, principalmente material argilo-siltoso. Assim, deve-se dimensionar os sistemas de tratamento para o cenário mais desfavorável do ciclo anual.

Se lêntico (geralmente açudes ou lagoas costeiras) passa-se a analisar os critérios de seleção (cor, turbidez e conteúdo algal) de acordo com os parâmetros definidos na Figura 2. Neste momento, ao analisar esses três critérios, deve-se observar se entre um parâmetro ou outros tem-se a palavra **E** ou **OU**. Por exemplo, se T (turbidez) é menor que 20 uT **E** C (cor) é menor que 20 uC **E** Algas (conteúdo algal) é menor que 1000 UPA.mL<sup>-1</sup> significa que, para se escolher esta opção ou caminho no fluxograma é necessário que todos os parâmetros estejam abaixo dos limites estabelecidos. A partir daí seleciona-se então o padrão estabelecido entre as ETAs

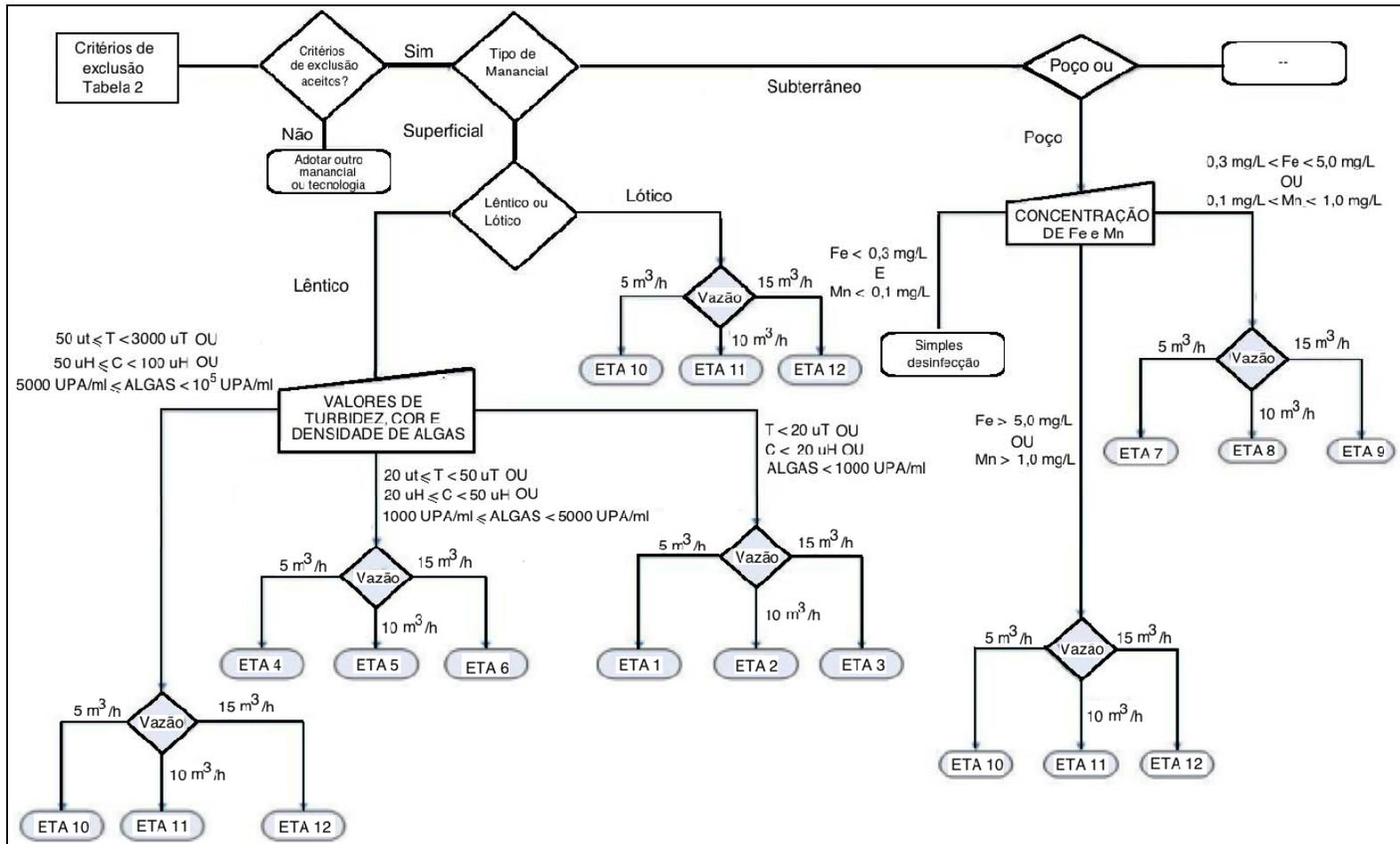


Figura 3 – Esquema geral do modelo de decisão simplificado, representado pelo diagrama de blocos

1 a 3 conforme a vazão do sistema. Caso contrário, deve-se tentar outro caminho.

No caso de manancial subterrâneo, os critérios de seleção são a concentração de ferro e manganês. Caso a concentração de ferro seja menor ou igual a  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$  e a de manganês menor ou igual a  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  o tratamento deverá ser uma simples desinfecção, caso contrário, utiliza-se os critérios apresentados na Figura 3 e, dependendo da vazão, escolhe-se entre as ETAs 7 a 12.

#### Projetos de estações de tratamento de água

Utilizou-se de quatro tecnologias de tratamento de água e três vazões diferentes (até  $5 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ , entre 5 e  $10 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$  e entre 10 e  $15 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ ) dentro do escopo do Projeto São José. Tecnologias com operações unitárias complexas, como a flotação, não foram adotadas no modelo já que são econômica e tecnicamente inviáveis para as comunidades abordadas neste trabalho.

**Tabela 4 – Nomeclatura adotada para os projetos padrões obtidos como solução do modelo por tipo de tecnologia e vazão.**

Tecnologia de Tratamento	Nomeclatura	Vazão ( $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ )
Filtração Direta Ascendente - FDA	ETA 1	5
	ETA 2	10
	ETA 3	15
	ETA 4	5
Dupla Filtração - DF	ETA 5	10
	ETA 6	15
	ETA 10	5
Ciclo Completo - CC	ETA 11	10
	ETA 12	15
Oxidação seguida de Filtração Ascendente, OFA	ETA 7	5
	ETA 8	10
	ETA 9	15

O modelo simplificado tem como resposta plantas em CAD no formato A-3, memoriais de cálculos hidráulicos, memoriais descritivos e um pré-dimensionamento de bombas para lavagem dos filtros das ETAs, ilustradas na Tabela 4 e disponíveis mediante requerimento à Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Água e Esgotos do Ceará - CAGECE. As ETAs foram projetadas seguindo as orientações da NBR 12216 (ABNT, 1992), dos autores Di Bernardo (2003), Di Bernardo & Dantas (2005), Libânio (2008), Richter (1995), Via-

na (2002) e de critérios da Gerência de Projetos da CAGECE.

#### CONCLUSÕES

Foi possível identificar que os principais problemas de qualidade de água bruta podem ser resumidos em: elevadas concentrações de cloretos, ferro e manganês em águas subterrâneas e cor e turbidez em mananciais superficiais. Os parâmetros cor e turbidez tanto nos mananciais lóticos como lânticos variam significativamente entre as duas estações do ano (quadra chuvosa e seca) por diferentes agentes; conteúdo algal nos corpos lânticos e materiais particulados, principalmente argilo-siltoso, nos corpos lóticos.

Todas as comunidades visitadas que captam água em mananciais de superfície são equipadas com estações de tratamento contra apenas 88% de todos os sistemas operados pelo SISAR. Já sistemas abastecidos por mananciais subterrâneos, apenas 13,33% dos visitados são equipados com ETAs contra 7,5 % quando se analisa todos os sistemas. A Filtração Direta Ascendente - FDA é a tecnologia mais utilizada, cerca de 80 % de todos os sistemas operados pelo SISAR. Percebeu-se que existe uma idéia errônea sobre a ampla aplicabilidade da FDA, o que vem causando problemas na qualidade de água tratada, elevados custos operacionais e até desmobilização da ETA.

Os critérios de exclusão: vazão, fluoreto, cloreto, dureza, nitrito, amônia, nitrato e pH foram estabelecidos levando-se em consideração a capacidade de tratamento de sistemas de baixa tecnologia escolhidos para compor o modelo. Os critérios de seleção adotados para mananciais superficiais foram: tipo de manancial (lótico ou lântico), cor, turbidez e densidade algal. Já para os mananciais subterrâneos optou-se pelas concentrações de ferro e manganês. Ambos os critérios foram escolhidos levando-se em consideração os problemas encontrados na etapa de investigação da qualidade de água nos sistemas operados pelo SISAR.

Um modelo conceitual decisório para seleção da tecnologia de tratamento foi desenvolvido tendo como premissa a manutenção da simplicidade de uso bem como a sustentabilidade dos sistemas de tratamento de água do ponto de vista técnico e econômico. A resposta do modelo são doze projetos executivos de estações de tratamento padronizadas contendo memorial de cálculo, memorial descritivo

e plantas com detalhamento (disponíveis mediante solicitação à CAGECE/SISAR). Apesar da simplicidade, o modelo não almeja excluir por completo o suporte dos profissionais da área nem o discernimento técnico quando avaliando as limitações do modelo e a diversidade das águas disponíveis.

## AGRADECIMENTOS

À Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) pelo apoio financeiro e técnico usados na pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela bolsa de mestrado e à Universidade Federal do Ceará pela infraestrutura disponível e apoio acadêmico

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT: NBR 12216/92. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Abril. 18 p.1992.
- APHA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21st Ed. Washington, 2005
- BASTOS, F. P. Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV. 135 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.
- DI BERNARDO, L. Filtração direta aplicada a pequenas comunidades. PROSAB, 2003.
- DI BERNARDO, L; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. vol. 1. ed. São Carlos: RiMa, 2005.
- FERREIRA, G. R. A. M.; DA LUZ, L. D.; NASCIMENTO, I. A. Avaliação Ecotoxicológica em Corpos D'água: Um Estudo de Caso do Açude do Polo Petroquímico de Camaçari, Bahia. Revista Brasileira de Recursos Hídricos v. 15, n.3, p. 33-44, 2010.
- FRANZEN, M.; CYBIS, L. F. A.; MERTEN, G. H. Circulação da Água Hipolimnética no Reservatório Divisa do Sistema Salto (RS). Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 16, n.4, p. 41 48, 2011.
- LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 2. ed. Campinas: Átomo, 2008.
- KAWAMURA, S. Integrated design and operation of water treatment facilities. 2 Ed. New York: John Wiley & Sons, 2000, 691p.
- MAGALHÃES, JR.; NETTO, O. M. C; NASCIMENTO; N. O. Os indicadores como instrumentos potenciais de gestão das águas no atual contexto legal-institucional do Brasil – Resultados de um painel de especialistas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos.v. 8, n. 4, p. 53-58, 2003.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE, PORTARIA Nº 2914, de 14 de Dezembro de 2011. Padrão de Potabilidade. Ministério da Saúde. – (MS 2914, 2011).
- PAZ, L. P. S. Modelo Conceitual de seleção de tecnologias de tratamento de água para abastecimento de comunidade de pequeno porte. 398 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- PAZ, L.P.S.; DI BERNARDO. Seleção de tecnologias de tratamento de água em função do tratamento, aproveitamento e disposição dos resíduos gerados nas etas. Revista AIDIS. Vol. 1, No. 3, 2007.
- PONTE, F.V.G.; CAPELO NETO, J. E SALES, M.V. Estudo da aplicabilidade da filtração ascendente no tratamento de água do semi-árido com altas concentrações de ferro. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental Porto Alegre, RS, 2011.
- RICHTER, C. A. Tratamento de Água – Tecnologia Atualizada. Editora Edgard Blucher. 1995.
- VIANA, M. R. Hidráulica Aplicada às Estações de Tratamento de água. 4.ed. Belo Horizonte. Imprimatur. 2002.
- VIEIRA, P. M. S.; STUDART, T. M. C. Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro- Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. Revista Brasileirande Recursos Hídricos v. 14, p. 125-136, 2009.

**Decision Model For Selection Of Water Treatment Technologies In Semi-arid Rural Communities**

**ABSTRACT**

*Water treatment in rural communities is still very deficient in the Ceará semiarid region despite its rapid economic development. In addition to the poor quality of raw water available (Vieira & Studart, 2009), technical management of rural sanitation needs to improve. SISAR and Projeto São José, which deal with this issue in the state, lack selection criteria and standardized water treatment plant projects to reduce error when it comes to technology and sizing. For instance, about 80% of all SISAR systems use DAF, often without the required efficiency. Exclusion and selection criteria were defined leading to the selection of the best treatment technology such as Full Cycle, Ascending Direct Filtration, Double Filtration and Oxidation followed by Ascending Direct Filtration depending on the type of water source and water quality parameters. A model was developed using a few water quality parameters such as turbidity, color and algal density providing twelve different standardized projects of Water Treatment Plants for flows of 5, 10 and 15 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.as a possible response.*

**Keywords:** Selection of Technologies. Water treatment. Rural Sanitation.