

Documentos

ISSN 1516-4691

Junho, 2006

53

Sistema Simplificado para Melhoria da Qualidade da Água Consumida nas Comunidades Rurais do Semi-Árido do Brasil

República Federativa do Brasil

Luis Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Luís Carlos Guedes Pinto

Presidente

Sílvio Crestana

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Cláudia Assunção dos Santos Viegas

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Sílvio Crestana

Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França

Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá

Diretores-Executivos

Embrapa Meio Ambiente

Paulo Choji Kitamura

Chefe Geral

Ladislau Araújo Skorupa

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Maria Cristina Martins Cruz

Chefe-Adjunto de Administração

Ariovaldo Luchiari Junior

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

Documentos 53

Sistema Simplificado para Melhoria da Qualidade da Água Consumida nas Comunidades Rurais do Semi-Árido do Brasil

***Nayara de Oliveira Pinto
Luiz Carlos Hermes***

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente
Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3867-8750 Fax: (19) 3867-8740
sac@cnpma.embrapa.br
www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicação da Unidade

Presidente: *Ladislau Araújo Skorupa*

Secretário-Executivo: *Sandro Freitas Nunes*

Bibliotecária: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Membros: *Heloisa Ferreira Filizola, Manoel Dornelas de Souza, Cláudio César de Almeida Buschinelli, Maria Conceição Peres Young Pessoa, Osvaldo Machado R. Cabral e Marta Camargo de Assis*

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Editoração Eletrônica: *Sandro Freitas Nunes*

1ª edição eletrônica
(2006)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no seu todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Pinto, Nayara de Oliveira

Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semi-árido do Brasil / Nayara de O. Pinto e Luiz Carlos Hermes. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

47p. – (Embrapa Meio Ambiente. Documentos; 53)

1. Água- Qualidade. 2. Água- Tratamento. I. Hermes, Luiz Carlos. II. Título. III. Série.

CDD 628.162

© Embrapa 2006

Autores

Nayara de Oliveira Pinto

Bolsista, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 -
Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.

E-mail: nayaraop@yahoo.com.br

Luiz Carlos Hermes

Farmacêutico-Bioquímico, Mestre em Energia Nuclear na
Agricultura, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente,
Rodovia SP 340 - Km 127,5 - 13.820-000,
Jaguariúna, SP.

E-mail: hermes@cnpma.embrapa.br

Sumário

| | |
|--|----|
| Introdução | 05 |
| Objetivos | 07 |
| Revisão de literatura | 07 |
| A Situação da água no planeta | 07 |
| Água e saúde | 08 |
| Disponibilidade de água no Brasil | 12 |
| O semi-árido brasileiro | 15 |
| Localização e características | 15 |
| O acesso à água | 16 |
| Técnicas simples de tratamento de água | 18 |
| Leitos cultivados | 19 |
| Desinfecção por radiação solar | 20 |
| Filtração lenta de areia | 21 |
| Sementes da árvore da <i>Moringa oleifera</i> | 23 |
| Material e Métodos | 27 |
| Processos analíticos | 29 |
| Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da <i>moringa</i> como coagulante/floculante natural | 30 |
| Sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia | 33 |
| Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da <i>moringa</i> como coagulante/floculante natural seguido do filtro lento de areia | 35 |
| Resultados e discussões | 37 |
| Conclusão | 43 |
| Referências | 44 |

Sistema Simplificado para Melhoria da Qualidade da Água Consumida nas Comunidades Rurais do Semi-Árido do Brasil

Nayara de Oliveira Pinto

Luiz Carlos Hermes

Introdução

Metade das áreas úmidas do mundo foi destruída nos últimos cem anos, por conta das transformações do meio ambiente promovidas pelos seres humanos. No mundo inteiro, o quadro é de escassez e mau uso da água. Segundo informações da Organização Mundial da Saúde, a água já é escassa para um bilhão de habitantes do planeta. A escassez é causada pela combinação de crescimento populacional exagerado e inexistência de reservas naturais.

Água é um bem natural escasso no semi-árido brasileiro. Essa assertiva está intrinsecamente relacionada, de um lado, à baixa pluviosidade e irregularidade das chuvas da região e, de outro, à sua estrutura geológica (escudo cristalino) que não permite acumulações satisfatórias de água no subsolo (REBOUÇAS et al., 2002).

Além da quantidade, a qualidade da água também é uma questão que preocupa. A má qualidade de água consumida é a maior responsável pelas doenças endêmicas nos países em desenvolvimento, como por exemplo, hepatite, cólera, febre tifóide, entre outras.

Falta de acesso à água de boa qualidade e ao saneamento resulta em centenas de milhões de casos de doenças de veiculação hídrica. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que 4,6 milhões de crianças de até 5 anos de idade morrem por ano de diarreia, doença que está ligada ao consumo de água não potável que se agrava devido a fome e a miséria que atingem brutalmente muitas vidas (EQUIPE EDUCAREDE, 2004).

No Brasil, segundo pesquisa do Censo 2000, 5,9% dos domicílios brasileiros lançam seus esgotos em valas, rios, lagos ou mar. Dessa proporção, a maior parte

ocorre nas áreas rurais (10%) do que nas urbanas (5%). Já os domicílios que não possuem instalações sanitárias chegam a 8,3% do total do país, sendo mais freqüentes nas regiões rurais (35,3%). Essa situação torna-se gritante na área rural da Região Nordeste (60,5%), num contraste brutal com as áreas rurais da Região Sul (7,4%) (IBGE, 2002).

O risco de ocorrência de surtos de doenças de veiculação hídrica no meio rural é alto, principalmente em função da possibilidade de contaminação bacteriana, como por exemplo, *E. coli* enterotoxogênica, *E. coli* enteropatogênica, *Salmonella typhi*, de águas que muitas vezes são captadas em poços, inadequadamente vedados e próximos a fontes de contaminação, como fossas e áreas de pastagem ocupadas por animais.

Na região do semi-árido do Brasil, a população de algumas comunidades rurais, devido à escassez, é obrigada a percorrer grandes distâncias para a obtenção de água, que na maioria das vezes é de péssima qualidade e de turbidez muito elevada.

O semi-árido brasileiro é uma terra marcada pela irregularidade das chuvas, determinando longos períodos de secas, com fortes deficiências hídricas nos rios, solos e ecossistemas xerófilos e graves conseqüências sociais para seus 20 milhões de habitantes, que apresentam elevada dependência dos recursos naturais e os piores indicadores sociais do país. As condições ecológicas típicas do semi-árido estão representadas nas depressões interplanálticas, onde predominam as caatingas, e que contrastam com áreas das chapadas, onde predominam os cerrados, campos rupestres e diferentes tipos de florestas. Nessa região vive o sertanejo, detentor de cultura, linguagem e costumes próprios, características mal compreendidas, resultando na formulação de políticas de desenvolvimento que têm falhado nas metas de melhorar os péssimos indicadores sociais da região. O nível de analfabetismo chega a 45% da população trabalhadora e a prevalência de endemias é superior a de outras regiões do Brasil, como é o caso da leishmaniose cutânea e visceral, doença de Chagas, esquistossomose e parasitoses intestinais. De modo geral, o semi-árido tem sido encarado como um conjunto de problemas ambientais, sociais e desafios científicos, tecnológicos e de desenvolvimento (IMSEAR, 2004).

A partir dessas dificuldades que as comunidades rurais enfrentam, percebe-se a necessidade do desenvolvimento de técnicas práticas, econômicas e viáveis para o tratamento de água, possibilitando uma adequação aos usos a que se destina, visando a melhoria da qualidade de vida dessas populações.

A água utilizada para o consumo doméstico dessas comunidades, em geral é altamente turbida, contendo material sólido em suspensão, bactérias e outros

microrganismos, como as algas. É necessário que se remova a maior quantidade possível desses materiais antes de usá-la para consumo. Normalmente, isso é obtido pela adição de coagulantes químicos, como o sulfato de alumínio, que às vezes não estão disponíveis a um preço razoável para essas populações. Uma alternativa é o uso de coagulantes naturais como as sementes da árvore *Moringa oleifera* para promover a coagulação de tais partículas e que além disso, possui a capacidade de remover as bactérias na ordem de 90 a 99% (MUYIBI & EVISION, 1994). Outra alternativa seria o filtro lento de areia, que tem como características, facilidade operacional, baixos custos de implantação e operação e grande eficiência na remoção dos sólidos e organismos patogênicos.

Técnicas simples de tratamento de água como essas, são alternativas sustentáveis para as comunidades rurais do semi-árido, assegurando que as mesmas possam ter água saudável e limpa para o uso doméstico, representando uma melhoria no índice de saúde dessas populações.

Objetivos

- Propor sistemas simplificados, econômicos, práticos e viáveis para a melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semi-árido do Brasil;
- Comprovar a viabilidade de aplicação desses sistemas;
- Apresentar os resultados obtidos a partir da aplicação desses sistemas.

Revisão da Literatura

A Situação da Água no Planeta

12 de abril de 1961. O Major Yuri A. Gagarin dá a volta completa em torno da Terra em 1 hora e 40 minutos. "A Terra é azul!". A mensagem remete-nos à preeminência da água.

Nada é mais abundante do que a água. Por isso, é difícil imaginar que sua escassez possa causar mortes, conflitos internacionais, ameaças à sobrevivência de animais e plantas e comprometer alguns setores da economia. Entretanto, tal cenário é cada vez mais recorrente.

Segundo a World Meteorological Organization (WMO, 1997), $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra é coberta por água, no entanto 97% de toda essa água está contida nos

mares e oceanos restando apenas 3% de água doce. Desses 3%, 2,7% estão congelados nas calotas polares, restando apenas cerca de 1% de toda a água do planeta, que são as águas superficiais de fácil captação (lagos e rios ou como umidade presente no solo, na atmosfera e como componente dos mais diversos organismos). É desse 1% que mais de 6 bilhões de seres humanos devem obter a água que precisam para sobreviver. No entanto, parte desse 1% já está poluído por esgotos e resíduos industriais, tornando-se impróprio para o consumo. Essa escassa disponibilidade de água doce no planeta pode ser melhor visualizada na Fig. 1.



Fig. 1 Distribuição da água no planeta Fonte: WMO, 1997

Conforme informações da Organização Mundial da Saúde (OMS), a água já é escassa para aproximadamente 1,1 bilhão de habitantes do planeta (Fig. 2). Se não forem adotadas medidas urgentes, um terço da população poderá ficar sem água apropriada para consumo até 2025. Assim, o fornecimento de água potável para todos é o grande desafio da humanidade para os próximos anos (EQUIPE EDUCAREDE, 2004).

Segundo pesquisa da ONU e da World Meteorological Organization (WMO, 1997) a escassez é causada pela combinação de crescimento populacional exagerado, distribuição desigual, a má utilização, o uso irracional e a deterioração da qualidade dos recursos hídricos.

Água e Saúde

A qualidade de vida das populações depende do acesso aos bens necessários à sua sobrevivência. Entre as ferramentas existentes para a manutenção da saúde e

População Mundial sem acesso à água

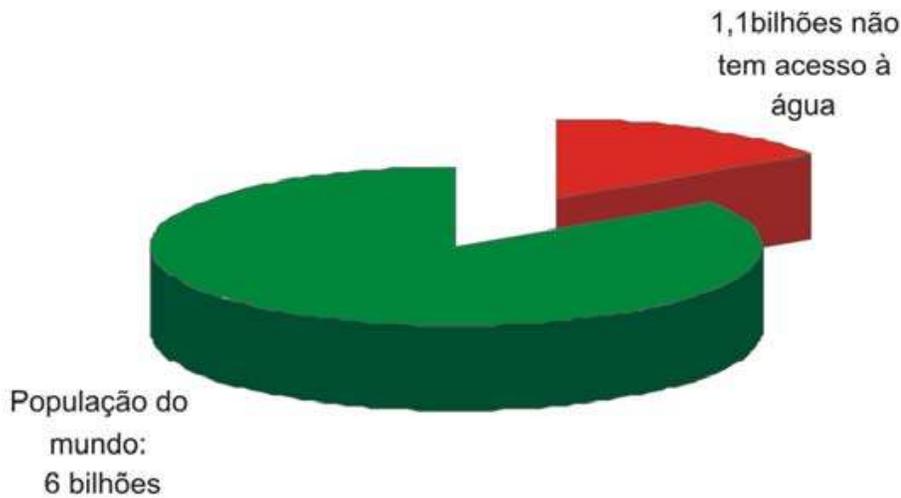


Fig. 2 População Mundial sem acesso à água.
Fonte: Equipe Educarede, 2004. [1]

da qualidade de vida, a principal é o saneamento básico e/ou saneamento ambiental. A água potável, assim como a coleta de esgoto, têm fundamental importância para a diminuição do índice de mortalidade infantil, pois evitam a disseminação de doenças vinculadas às más condições sanitárias e de saúde. Esses itens são igualmente importantes quando nos referimos ao aumento da expectativa de vida da população. A baixa expectativa de vida também é um indicador da pobreza que atinge a população (EQUIPE EDUCAREDE, 2004).

A Organização das Nações Unidas (ONU), afirma que 1,2 bilhões de pessoas têm acesso a fontes de águas tratadas, enquanto 2,5 bilhões vivem sem saneamento básico. Estas últimas figuram entre as mais pobres do mundo e também como as mais propensas a adquirir doenças. De acordo com estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU), a falta de abastecimento de água potável é responsável por 80% das mortes nos países em desenvolvimento. Seis mil crianças, com menos de cinco anos, morrem por dia em todo o mundo em razão de doenças relacionadas a impurezas da água consumida. Elas são vulneráveis a doenças fatais como diarreia, cólera, febre tifóide e doenças transmitidas por insetos (BBC BRASIL, 2002).

Segundo a Organização Mundial de Saúde, para cada dólar investido em saneamento, economiza-se cinco dólares nos dez anos seguintes em postos de saúde, médicos e hospitais. No Brasil, morrem atualmente 29 pessoas/dia por doenças decorrentes da qualidade da água e do não tratamento de esgotos e avalia-

se que cerca de 70% dos leitos dos hospitais estão ocupados por pessoas que contraíram doenças transmitidas pela água (ARAÚJO JUNIOR, 2004).

As doenças de veiculação hídrica aumentam de intensidade e distribuição em regiões com alta concentração populacional, pela intensificação das atividades humanas e pela grande geração de resíduos que são dispostos de maneira inadequada, causando contaminação por patógenos das águas superficiais e subterrâneas.

Conforme Rebouças et al. (2002), as doenças infecciosas associadas à água podem ser classificadas de acordo com os modos de propagação. Esta classificação é a mais utilizada por engenheiros sanitaristas, pelo fato de permitir uma avaliação direta dos efeitos das melhorias, ou ações corretivas que são implementadas. Esta classificação engloba quatro categorias básicas:

1. Com suporte na água – quando os organismos patogênicos são carreados passivamente na água que é consumida por uma pessoa (ou animal), causando infecção.

Exemplos típicos são o cólera e a febre tifóide (cujos agentes etiológicos são o *Vibrio cholera* e a *Salmonella typhi*, respectivamente), que têm dose infectiva bastante baixa e são facilmente transmitidas através de sistemas de distribuição de água.

As medidas preventivas preconizadas são a melhoria da qualidade da água através, principalmente de desinfecção adequada, e evitar que consumidores utilizem fontes opcionais de água, que possam estar contaminadas.

2. Associadas à higiene – infecções causadas por falta de água e que podem ser controladas com disponibilidade de água e melhoria de hábitos de higiene.

São características as doenças de pele, tais como a tinha e a sarna e a dos olhos tal como o tracoma. Incluem-se também, algumas doenças diarréicas, como a disenteria bacilar (*Shigella* spp).

O controle é proporcionado através da provisão de quantidade suficiente de água para banho, lavagem de mãos e de utensílios de cozinha. A quantidade deve ser proporcionada em adição à água disponível para bebida. O mero acesso à disponibilidade de água e ensinamento de preceitos básicos de higiene pessoal reduzem a transmissão de doenças incluídas nessa classe.

3. De contato com a água (ou com base na água) – infecções transmitidas por um animal invertebrado aquático que vive na água, ou que passa uma parte de seu ciclo de vida em moluscos aquáticos ou outros animais aquáticos, podendo causar infecção através do contato da pele.

Essas infecções não são passivamente transmitidas de pessoa a pessoa, através da água. As larvas ou ovos que atingem a água não são imediatamente

infectantes ao homem, mas são imediatamente infectantes a espécies invertebradas específicas, principalmente moluscos e crustáceos. As larvas se desenvolvem nesses hospedeiros intermediários, que após um período de dias ou semanas, expelem outros tipos de larvas na água. Essas são imediatamente infectantes ao homem através de ingestão com a água, ou através de contato com a pele.

No Brasil, assim como em muitos outros países, a mais importante das infecções com base na água é a esquistosomose. Existem três espécies de esquistosomas: *Schistosoma mansoni*, *Schistosoma haematobium*, e *Schistosoma japonicum*, ocorrendo respectivamente na África, América do Sul e América Central.

A experiência vivida em vários países demonstrou que a implementação de sistemas de distribuição de água potável reduz, consideravelmente a incidência da esquistosomose.

4. Associadas a vetores desenvolvidos na água – infecções transmitidas por organismos patogênicos, através de insetos desenvolvidos na água e que picam as pessoas que estão nas proximidades da água.

No Brasil, as infecções associadas a vetores desenvolvidos na água são a malária, a febre amarela e a dengue.

A provisão de água segura e de sistemas, mesmo simplificados, de saneamento básico, reduzem dramaticamente a incidência dessas doenças infecciosas.

A Tabela 1 mostra alguns exemplos de doenças infecciosas associadas à água, classificadas de acordo com os modos de propagação.

Um estudo do Pacific Institute of Oakland, na Califórnia, feito como preparativo para a Rio + 10, afirma que o número de mortes em decorrência do uso de água suja pode ultrapassar o de mortes causadas pela pandemia global de Aids nas próximas duas décadas. “Até 76 milhões de pessoas, a maioria crianças, morrerão de doenças evitáveis ligadas à água até 2020, mesmo se os atuais objetivos das Nações Unidas forem alcançados”, disse Peter H. Gleick, diretor de pesquisa do instituto (BBC BRASIL, 2002).

Tabela 1. Doenças relacionadas com o abastecimento de água

| Transmissão | Doença | Agente Patogênico | Medida |
|---|--|--|--|
| Pela água | Cólera Febre tifóide Leptospirose Giardíase Amebíase Hepatite infecciosa Diarréia aguda | <i>Vibrio cholerae</i> <i>Salmonella typhi</i> <i>Leptospira interrogans</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Entamoeba histolytica</i> Hepatite virus A <i>Balantidium coli</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>E. coli</i> enterotoxogênica e enteropatogênica, <i>Shigella</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Astrovirus</i> , <i>Calicivirus</i> , <i>Norwalk</i> , <i>Rotavirus A e B</i> | <ul style="list-style-type: none"> Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água, com fornecimento em quantidade e qualidade para consumo, uso doméstico e coletivo; Proteção de contaminação dos mananciais e fontes de água; |
| Pela falta de limpeza, higienização com a água | Escabiose Pediculose (piolho) Tracoma Conjuntivite bacteriana aguda Salmonelose Tricuríase Enterobíase Ancilostomíase Ascariíase | <i>Sarcoptes scabiei</i> <i>Pediculus humanus</i> <i>Chlamydia trachoma</i> <i>Haemophilus aegyptius</i> <i>Salmonella typhimurium</i> <i>Trichuris trichiura</i> <i>Enterobius vermicularis</i> <i>Ancylostoma duodenale</i> <i>Ascaris lumbricoides</i> | <ul style="list-style-type: none"> Implantar sistema adequado de esgotamento sanitário; Instalar abastecimento de água preferencialmente com encanamento no domicílio; Instalar melhorias sanitárias domiciliares e coletivas; Instalar reservatório de água adequado com limpeza sistemática; |
| Através de vetores que se relacionam com a água | Malária Dengue Febre Amarela Filariose | <i>Plasmodium vivax</i> , <i>P. malariae</i> e <i>P. falciparum</i> Grupo B dos arbovirus RNA virus <i>Wuchereria bancrofti</i> | <ul style="list-style-type: none"> Eliminar o aparecimento de criadouros com inspeção sistemática e medidas de controle (drenagem, aterro e outros); Dar destinação final adequada aos resíduos sólidos; |
| Associada à água | Esquistossomose | <i>Schistosoma mansoni</i> | <ul style="list-style-type: none"> Controle de vetores e hospedeiros intermediários |

Fonte: Manual de Saneamento, 1999. Adaptado de Saunders, 1976

Na Tabela 2 está descrita a escala global das doenças relacionadas com a água com dados de 1990. As doenças são expressas como centenas de milhares de perdas por incapacidades causadas por doenças (ICD) por ano. O ICD integra os efeitos causados por morte prematura e incapacidade resultante em perda de vida produtiva (TUNDISI, 2003).

Segundo Júnior (2004), defender o meio ambiente preservado é fundamental para a manutenção da saúde humana, para isso, é preciso também defender a melhoria concreta da qualidade de vida das populações.

Disponibilidade de Água no Brasil

Segundo Rebouças et al. (2002), o Brasil é um país rico em recursos hídricos de superfície e subterrâneos, apresentando 11,6% do total de água doce do

Tabela 2. Problemas das doenças de veiculação hídrica em escala global e sua importância nos vários continentes.

| | África Sub-saariana | Índia | China | Outros países da Ásia e ilhas | América Latina e Caribe | Oriente Médio | Europa Oriental | Países industrializados |
|---|---------------------|-------|-------|-------------------------------|-------------------------|---------------|-----------------|-------------------------|
| Pop. em milhões | 510 | 850 | 1134 | 683 | 444 | 503 | 346 | 798 |
| Doenças com origem na água, incluindo doenças relacionadas com a falta de higiene. | | | | | | | | |
| Diarréia | 303,5 | 280,3 | 42,4 | 147,3 | 58,9 | 154,0 | 2,2 | 2,4 |
| Pólio | 14,3 | 18,4 | 2,3 | 4,1 | 2,3 | 6,7 | < 0,1 | < 0,1 |
| Hepatite | 2,4 | 3,1 | 6,7 | 2,8 | 1,6 | 1,8 | 0,4 | 0,7 |
| Tracoma | 9,0 | 3,1 | 4,7 | 9,4 | 1,1 | 5,8 | < 0,1 | < 0,1 |
| Ascariíase | 4,4 | 11,7 | 38,6 | 32,0 | 13,5 | 5,0 | < 0,1 | < 0,1 |
| Triquinurase | 3,0 | 4,9 | 22,5 | 23,6 | 9,0 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| *Amarelão* | 1,0 | 4,0 | 1,9 | 2,4 | 1,4 | 0,4 | < 1,0 | < 1,0 |
| Doenças com base na água | | | | | | | | |
| Esquistossomose | 34,9 | 2,6 | 4,3 | 1,0 | 1,8 | 0,8 | < 1,0 | < 1,0 |
| Dracunculose | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Doenças com vetores de insetos | | | | | | | | |
| Malária | 315,1 | 9,5 | 0,1 | 25,4 | 4,4 | 2,8 | < 1,0 | < 1,0 |
| Tripanossomíase | 17,8 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| Chagas | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | 27,4 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| Filariase | 1,8 | 4,4 | 0,9 | 1,2 | < 1,0 | 0,2 | < 1,0 | < 1,0 |
| Oncocercose | 6,4 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 |
| Doenças não relacionadas com água para comparação | | | | | | | | |
| HIV | 183,6 | 40,7 | < 1,0 | 12,9 | 44,3 | 3,2 | 1,6 | 15,8 |
| Câncer | 44,8 | 119,3 | 185,1 | 78,1 | 53,1 | 48,8 | 85,9 | 179,0 |
| Doenças cardíacas | 12,1 | 81,4 | 42,4 | 62,1 | 27,3 | 26,1 | 79,5 | 93,6 |
| Acidentes | 105,5 | 231,1 | 233,0 | 143,9 | 110,5 | 113,2 | 68,9 | 73,7 |
| Guerra | 79,8 | 2,9 | < 1,0 | 3,9 | 6,0 | 49,6 | < 1,0 | < 1,0 |

* Valores em x 100.000

Fonte: Tundisi, 2003.

mundo, embora não seja homogênea a sua distribuição ao longo de todo o território e, muito menos de forma proporcional às concentrações de populações que o habitam. Regiões como a Amazônia, por exemplo, dotadas de vazões que correspondem a quinta parte da água que escoam dos continentes em todo mundo, são entretanto habitadas por escassas populações e incipientes atividades produtoras de efluentes poluidores. Ao contrário, as maiores concentrações demográficas e industriais, como as da região metropolitana de São Paulo, localizam-se em bacias de pequenos caudais, com pequena disponibilidade de água para abastecimento e para a diluição de resíduos.

O estigma da escassez da água fica caracterizado, quando se verifica, através da Figura 3, que a densidade da população dominante é de menos de 2 a 5 hab/km² na região Amazônica, onde a produção hídrica – Amazonas e Tocantins – é de 78% do total nacional. A densidade demográfica já varia entre 5 e 25 habitantes/km² na bacia do rio São Francisco, com apenas 1,7% do total, e é da ordem de 6% na bacia do rio Paraná, cuja densidade de população dominante varia entre 25 e mais de 100 hab/km², com uma média de 53 hab/km² (REBOUÇAS et al., 2002).

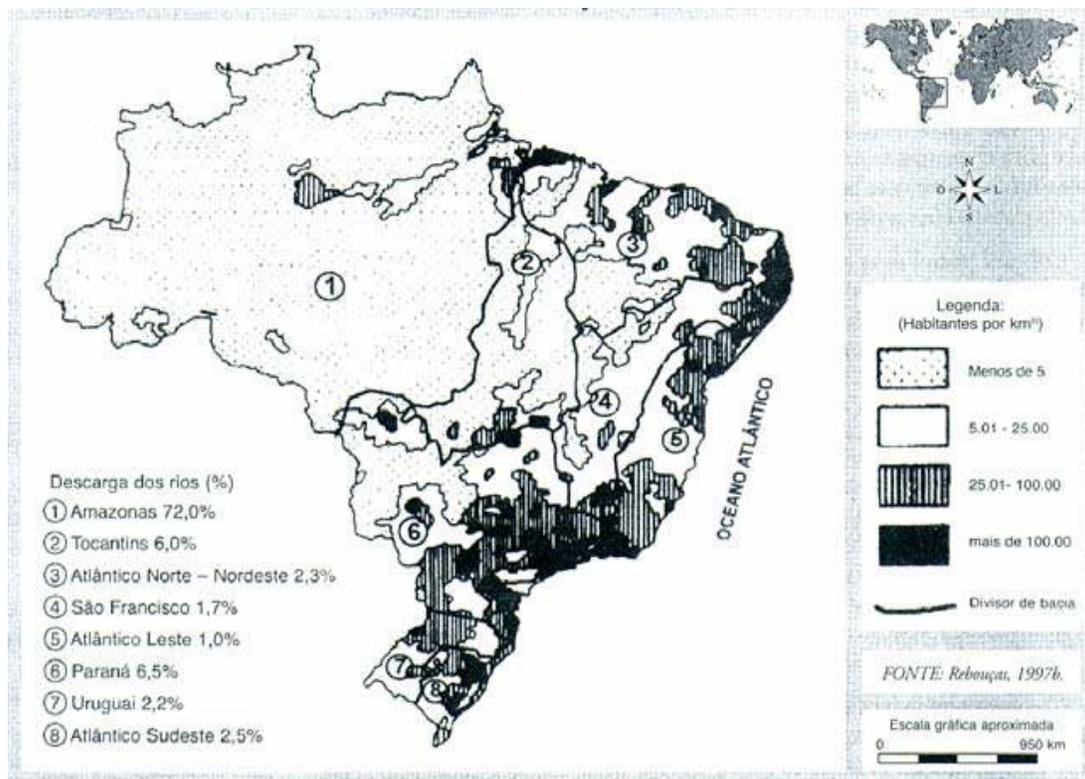


Fig. 3 Bacias hidrográficas, suas respectivas descargas e densidade populacional em hab/km² no Brasil. Fonte: Rebouçat et al., 2002.

A região com maior abundância e disponibilidade de recursos hídricos é a Norte, principalmente levando-se em conta a baixa densidade populacional. Entretanto as condições sanitárias (drenagem de esgotos e tratamento de água) são precárias, agravando o problema da saúde humana, com incidência sobre a mortalidade infantil. Na região Sudeste, o problema é outro: há água suficiente, mas o crescimento da urbanização, a ampliação do parque industrial e a intensificação das atividades agrícolas, além do crescimento populacional e da diversificação dos usos múltiplos, aumentaram os custos do tratamento, tornando a água tratada um bem extremamente caro, o que representa um empecilho ao crescimento econômico e ao desenvolvimento (TUNDISI, 2003).

Segundo o mesmo autor, na região Sul, o problema também está relacionado com a diminuição da água "per capita", o aumento das atividades agrícolas e industriais, o aumento dos custos do tratamento e a diversificação dos usos múltiplos: irrigação, uso industrial, navegação e recreação.

No Nordeste, o problema é a escassez, a contaminação por doenças tropicais de veiculação hídrica e a falta de saneamento básico. Deve ser acrescido o fato de que as águas disponíveis na superfície e no aquífero podem ser salobras, o que causa problemas de saúde pública e diminui o potencial de uso (TUNDISI, 2003).

Conforme Maciel Filho et al. (2001), as condições sanitárias precárias aliadas à não disponibilidade de oferta de água (quantidade e qualidade) são fatores que

contribuem de forma marcante para permanência da cólera e outras doenças entéricas na região Nordeste, que sempre encontra maior números de casos anualmente.

O Semi-Árido Brasileiro

Conforme demonstrado anteriormente, a água doce superficial disponível nos vários continentes do mundo tem distribuição extremamente desigual. Enquanto ela é abundante em algumas regiões, como no Sul e no Norte do Brasil, justificando o volume disponível de 946 km³ da América do Sul, onde durante todo o ano as bacias dos rios Amazonas e Paraná proporcionam energia, alimento e vida, em outras, sua ausência é sinônimo de pobreza e morte. Nos solos áridos e rachados como do Nordeste brasileiro, por exemplo, a luta pelo acesso à água e, portanto à vida, se torna a cada dia que passa, um problema crônico. (SUASSUNA, 1999).

Atualmente, a disponibilidade hídrica per capita na região é insuficiente nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. A situação é ainda mais insustentável para os 8 milhões de habitantes do semi-árido (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2003).

Localização e Características

O semi-árido brasileiro ocupa uma área total de 974.752 km² nos estados do Nordeste (86,48%), com exceção do Maranhão. O norte do estado de Minas Gerais (107.343,70 km² ou 11,01%), e o norte do Espírito Santo (24.432,70 km² ou 2,51%) também estão incluídos (Fig. 4) (CLIQUE SEMI-ÁRIDO, 2004).



Fig. 4 O semi-árido brasileiro
Fonte: Lopes, 2003

A evaporação das águas no semi-árido é muito alta, por força do sol e do vento e pela falta de plantas e outras coberturas naturais suficientes. Além disso, as chuvas na região não ocorrem de forma ordenada e cerca de 50% dos terrenos do semi-árido são de origem cristalina, rocha dura que não favorece a acumulação de água, sendo os outros 50% representados por terrenos sedimentares, com boa capacidade de armazenamento de águas subterrâneas (CLIQUE

SEMI-ÁRIDO, 2004).

São apenas dois os rios permanentes que cortam o semi-árido: o São Francisco e o Parnaíba; sendo que os demais aparecem de forma intermitente (apenas nos períodos de chuva), desempenhando, contudo, um papel fundamental na dinâmica de ocupação dos espaços nessa região (CLIQUE SEMI-ÁRIDO, 2004).

A interação das características da região tem papel preponderante na renovação das reservas hídricas e na qualidade de suas águas, fazendo com que, muitas vezes, o homem concorra por água para suas necessidades básicas com atividades como o consumo animal, atividades agrícolas, entre outras. Este quadro de incertezas quanto à disponibilidade e à qualidade das águas gera insegurança na tomada de decisão de políticas de desenvolvimento agropecuário e sócio-econômico para a região, necessitando, portanto, de medidas de planejamento e gestão dos recursos hídricos visando atender à demanda da população de forma permanente (LOPES, 2003).

O Acesso à Água

Segundo Howard & Bartram (2003), a quantidade de água que as famílias têm acesso é um aspecto importante que deve ser considerado. A OMS/UNICEF (2000), descreve como sendo razoável a disponibilidade de 20 litros de água por pessoa por dia, retirada de uma fonte dentro de um raio de 1 Km de distância. Este mínimo descrito corresponde às necessidades básicas para garantir um mínimo de saúde, além da manutenção da hidratação. O relatório apresentado por estas organizações, classifica em quatro grupos de acesso à água que representam os níveis de satisfação das necessidades (Tabela 3).

O primeiro grupo, considerado sem acesso, está representado por pessoas que dependem de água em locais distantes de suas casas, não estando garantidos seu abastecimento, muito menos a qualidade da água e sua prática de higiene. São os grupos considerados de alto risco, e para onde os esforços de melhoria devem ser direcionados.

O grupo representante do acesso básico, coleta sua água em distâncias inferiores a 1 Km, e seu abastecimento é mais contínuo, porém a higiene ainda pode ser comprometida. São representantes considerados de alto risco. Estão no limite de segurança e as ações devem ser encorajadoras para que se consiga melhorar o estoque da água.

O grupo com acesso intermediário tem garantido, além da necessidade básica, os cuidados com a higiene e asseio pessoal, que incluem o banho, lavagem de roupa entre outros. O risco está mais na garantia de manutenção do estoque. O

Tabela 3. Classificação em quatro grupos de acesso à água

| Fornecimento de Água | Distância/tempo de coleta | Volume coletado (L/pessoa/dia) | Satisfação das necessidades | Grau de prioridade nas ações |
|----------------------|---|--------------------------------|---|------------------------------|
| Sem Acesso | > 1Km/ > 30min | Muito baixo (< 5 L) | Consumo não garantido; qualidade não assegurada; prática de higiene comprometida. | Muito alta |
| Acesso Básico | < 1Km/ < 30min | Básico necessário (20 L) | Consumo pode ser garantido; qualidade difícil de ser assegurada; higiene pode estar comprometida. | Alta |
| Acesso Intermediário | Na comunidade. Uma torneira ou chafariz | Média de aprox. 60 L | Consumo garantido; qualidade pode ser assegurada; higiene pode estar garantida. | Baixa |
| Acesso Ótimo | Abastecimento de água dentro das residências (muitas torneiras) | 100 – 200 L | Consumo garantido; qualidade assegurada; higiene pode estar assegurada. | Muito baixa |

Fonte: Howard & Bartram, 2003

quarto grupo, tem disponíveis volumes diários de 100 a 200 litros por pessoa, o que assegura, melhor qualidade e higiene.

O acesso à fonte de água é primordial, independentemente dos níveis de classificação.

Possivelmente, os 18% da população mundial (1,1 bilhão de pessoas) com dificuldade de acesso à água esteja no primeiro grupo. Aproximadamente 2,8 bilhões de pessoas estão nas categorias intermediária e ótima. Infelizmente, a grande maioria da população dispõe apenas do básico.

No semi-árido do Brasil, de acordo com Suassuna (1999), ações governamentais têm sido estabelecidas no sentido de priorizar o acesso do sertanejo à água, através do uso de rios (perenizados e perenes), barreiros, açudes (pequenos, médios e grandes), cisternas, poços (amazonas e cacimbas) e poços tubulares.

As cisternas rurais talvez sejam os reservatórios hídricos mais importantes no semi-árido, tendo em vista a sua capacidade de acumular água de excelente qualidade - as águas das cisternas não têm contato direto com outros ambientes que possam mineralizá-las ou contaminá-las - bem como a função reguladora de estoques para o consumo das famílias durante todo ano. Centros de pesquisa, organizações não governamentais e governos estaduais têm orientado o homem do campo no sentido de construir cisternas com técnicas modernas e baratas e de proporcionar uma melhor forma de manejo de suas águas (SUASSUNA, 1999).

Segundo o mesmo autor, no que diz respeito aos rios, dadas as suas características de temporariedade no semi-árido, o uso de suas águas fica restrito

às escavações de cacimbas em seus leitos, nos períodos de seca, com limitações tanto nos aspectos da concentração de sais e exaustão do lençol freático, como da contaminação por microorganismos. No tocante à perenização dos rios, através da construção de represas sucessivas em seus leitos, um aspecto a ser considerado diz respeito ao tipo de solo existente na bacia da represa, que poderá vir a ser um elemento carreador de sais para o interior da mesma e, a partir daí, a água utilizada refletir aquela que foi represada.

Nos casos específicos dos barreiros e pequenos açudes, existem algumas preocupações no sentido de se resolver o problema da turbidez das águas que é muito comum nesses tipos de fontes hídricas. A turbidez é uma característica resultante da suspensão de partículas microscópicas de argila nas águas (SUASSUNA, 1999).

A Figura 5 mostra o aspecto turvo da água de um açude, utilizado como fonte de água para consumo por uma comunidade rural do semi-árido brasileiro. A Figura 6 mostra as péssimas condições de um poço e o acesso livre de animais ao mesmo, também utilizado como fonte de água para consumo humano das comunidades do semi-árido.



Fig. 5 Aspecto turvo da água de um açude do nordeste do Brasil.
Fonte: Embrapa Meio Ambiente, 2003.



Fig. 6 Poço utilizado como fonte de água de consumo no nordeste brasileiro.
Fonte: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

3.5. Técnicas Simples de Tratamento de Água

O desenvolvimento de tecnologias simples, econômicas e de fácil acesso para o tratamento de água, apropriadas às regiões rurais do semi-árido, são de grande importância para melhoria da qualidade de vida dessas populações, que em períodos longos de estiagem, percorrem grandes distâncias em busca de água, que na maioria das vezes é de baixa qualidade.

Leitos Cultivados

Segundo Costa Filho (2004), os leitos cultivados podem ser classificados como um sistema natural de tratamento de águas residuárias, pois o tratamento é feito de forma simples, sem uso direto de energia, sem grandes tubulações e gigantescos compartimentos. Necessita de uma área relativamente pequena, ao contrário de outros sistemas, além do investimento ser baixo.

Os leitos cultivados são baseados nos alagados, nas várzeas, ou “wetlands” naturais, que são áreas de solo hidromórfico permanentemente inundados ou saturados por águas superficiais ou subterrâneas, onde vegetam várias espécies de plantas que são diretamente dependentes da hidrologia, do meio suporte e dos nutrientes característicos da região onde se encontram. Estes sistemas foram criados para controlar sistematicamente o tratamento e otimizar a habilidade do sistema de várzea em remover ou transformar os poluentes dos efluentes, além de criar um ambiente favorável ao desenvolvimento da vida selvagem (PATERNIANI & ROSTON, 2003).

De acordo com Costa Filho (2004), basicamente pode-se atribuir três tipos de tratamento com o sistema de leitos cultivados:

- **leito cultivado com fluxo vertical**, que consiste em filtros para vazão vertical preenchidos com areia ou pedra britada com o nível de dejetos abaixo do meio suporte para não ocorrer contato com os animais e pessoas.
- **leito cultivado de fluxo superficial**, que consiste no preenchimento comum com terra, oferecendo condições ideais para as plantas, chamadas macrófitas. Sendo que a água flui a uma pequena profundidade (0,1 a 0,3m). Apresenta melhores resultados no tratamento terciário.
- **leito cultivado de fluxo subsuperficial**, que consiste basicamente em filtros horizontais preenchidos com pedra britada ou areia para dar sustentação às plantas para que as raízes se desenvolvam. É muito utilizado no tratamento de efluentes de pequenas comunidades.

Os leitos cultivados podem ser utilizados nos tratamentos primário, secundário e terciário de águas residuárias de origem domiciliar, industrial e rural; no tratamento de águas subterrâneas e águas para reuso; no manejo de lodo, de águas de escoamento superficial e contaminada com substâncias tóxicas; e na produção de biomassa (PATERNIANI & ROSTON, 2003).

A Figura 7 mostra uma ilustração do funcionamento de um leito cultivado, mostrando a entrada e a saída da água a ser tratada.

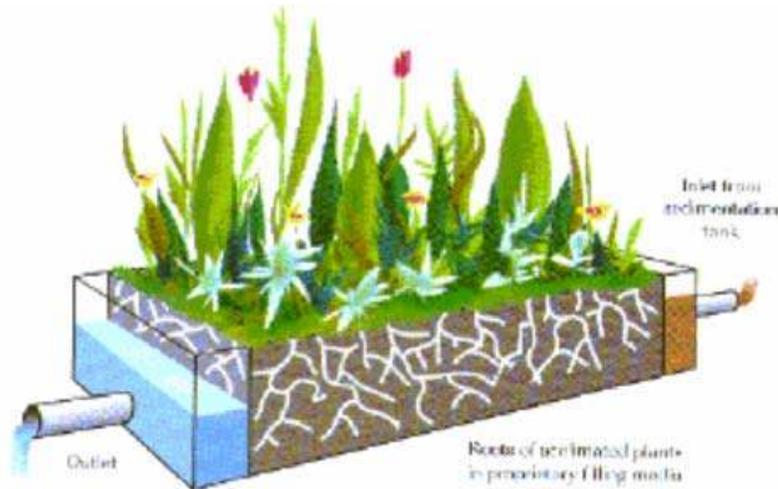


Fig. 7 Ilustração do funcionamento de um leito cultivado.
Fonte: Paterniani & Roston, 2003

Desinfecção por Radiação Solar

Desinfecção por radiação solar (SODIS – Solar Water Desinfection) é uma metodologia simples de tratamento de água desenvolvida por uma agência de pesquisa em tecnologia ambiental da Suíça e está sendo estudada e adaptada às condições do Brasil, que utiliza a radiação solar UV-A e a temperatura para inativar os patógenos que causam diarreia (SODIS, 2004).

Uma combinação entre temperatura e radiação ultravioleta tem ação bactericida e possibilita a desinfecção da água. Trata-se do uso de garrafas pet transparentes (como as de refrigerante) cheias d'água, colocadas ao sol. Para tanto, porém, é preciso um termômetro indicando que a água chegou à temperatura de 50 °C e permaneceu neste nível ou acima dele por pelo menos uma hora em dias de verão e nos dias de inverno, quatro a oito horas. Pintar metade da garrafa da cor preta funciona como uma espécie de estímulo, pois o preto fosco absorve o calor (PATERNIANI & ROSTON, 2003).

Segundo Paterniani & Roston (2003), os processos usuais de tratamento em escala doméstica são: fervura, que tem o custo da energia e filtração em vela, que além de ter custo relativamente alto, requer um afluente com qualidade adequada para não entupir o meio filtrante. A desinfecção por radiação solar torna-se uma alternativa técnica e economicamente viável para o tratamento de água em pequenas quantidades, tendo como referência de custo US\$3,00 por ano para uma residência de 5 pessoas utilizando garrafas PET, e também não necessita de dosagens de produtos químicos. Essas características fazem com que o sistema tenha aceitação de 84% dos usuários de países em desenvolvimento, como

Colômbia, Bolívia, Indonésia, Tailândia e China.

Outro ponto importante é que não ocorre nenhuma alteração nas características químicas e organolépticas da água; sendo que os requisitos para remoção de coliformes da ordem de 10^3 é a escala de tratamento, turbidez da água deve ser inferior à 30 NTU e tempo de exposição da radiação solar mínimo de 5 horas com 50% de insolação ou 2 dias consecutivos para 100% de nuvens. Isto faz com que a desinfecção por radiação solar seja apropriada para regiões tropicais (PATERNIANI & ROSTON, 2003).

A Figura 8 mostra o esquema do método de desinfecção por radiação solar.



Fig. 8 Esquema do método da desinfecção por radiação solar.
Fonte: PATERNIANI E ROSTON (2003)

Filtração Lenta De Areia

Segundo Paterniani & Roston (2003), a filtração lenta destaca-se por ser um sistema que não requer o uso de coagulantes ou de outro produto químico, é de simples construção, operação e manutenção, não requer mão de obra qualificada para sua operação, produz águas com características menos corrosivas e apresenta custos geralmente acessíveis a pequenas comunidades, principalmente de países em desenvolvimento, além de ser um dos processos de tratamento de águas de abastecimento que produz menos quantidade de lodo e esse lodo pode ser utilizado na agricultura e na piscicultura.

Dentre as variantes dos filtros lentos podem-se citar os filtros lentos de fluxo descendente ou convencionais, os filtros lentos de fluxo ascendente, e os filtros lentos dinâmicos, este em geral utilizado como uma etapa da filtração em múltipla etapa antecedendo os pré-filtros, que por sua vez antecedem os filtros lentos (MURTHA & HELLER, 2003).

Conforme o mesmo autor, no processo de filtração lenta, a água passa

lentamente pelas camadas de areia. Para o filtro ter um bom funcionamento, não pode haver mudanças repentinas na vazão e a água não pode estar com uma turbidez muito alta, ou o filtro irá rapidamente começar a entupir.

O principal fator limitante da filtração lenta é a limpeza dos filtros após o funcionamento, normalmente realizada através da raspagem da camada superior de areia (aproximadamente 5cm), lavagem e reposição (PATERNIANI & ROSTON, 2003).

Paterniani (1991), realizou intensos estudos propondo a utilização de mantas sintéticas não tecidas no topo do leito em areia, como forma de facilitar a limpeza dos filtros lentos.

A remoção de turbidez ocorre predominantemente nos 10 cm iniciais do leito filtrante, onde se concentram os mecanismos de retenção de sólidos em suspensão. A variação da cor aparente em relação a profundidade do leito filtrante, apresenta um decaimento rápido de seus valores até os 15 cm iniciais do leito filtrante (MURTHA & HELLER, 2003).

Segundo Murtha et al. (1997), a cor verdadeira não é bem removida pela filtração lenta, apresentando um patamar típico de remoção nos principais experimentos, em torno de 25%.

Os coliformes são geralmente removidos no topo da primeira camada filtrante de areia, onde uma camada biológica (chamada "schmutzdecke") é formada. Os coliformes que passam pela camada são mortos por outros microorganismos presentes na mesma, ou são presos pelas partículas da areia e também acabam morrendo. A camada leva um tempo para se tornar ativa, assim, a água poluída deve passar por pelo menos uma semana no filtro novo, antes desse funcionar eficientemente. Quando é feita a limpeza do filtro, demora alguns dias para a camada biológica se formar novamente (WELL, 2004).

A filtração tem sido apontada como mais efetivo meio para a eliminação de cistos e oocistos do que o tratamento convencional. A remoção de cistos de giárdia pela filtração lenta é bastante elevada, 99,99% de remoção (MURTHA et al., 1997).

A Tabela 4 a seguir, mostra a eficiência da filtração lenta de areia e a Figura 9 é uma ilustração de um filtro lento de areia simples já utilizado em algumas regiões do semi-árido brasileiro, no trabalho realizado pelo Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA).

Tabela 4. Eficiência da filtração lenta.

| Parâmetro | Performance do Filtro Lento Efeito do Filtro Lento |
|-------------------|--|
| Cor | Redução de 30 – 100% |
| Turbidez | Redução para < 1 NTU |
| Coliformes Fecais | Redução 95 – 100% até 99 – 100% |
| Cercárias | Virtual remoção de cercárias de schistosoma, cistos e ovos |
| Vírus | Virtual completa remoção |
| Matéria Orgânica | 60 – 75% de redução |
| Ferro e Manganês | Largamente removidos |
| Metais Pesados | 30 – 95% de redução |

Fonte: Visscher, 1990.

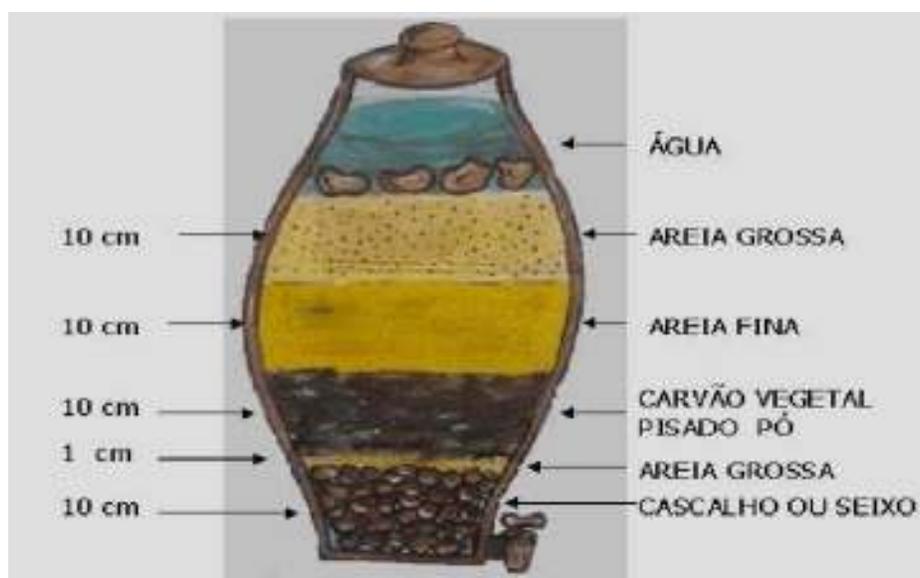


Fig. 9 Filtro lento de areia
Fonte: IRPAA, 1996.

Sementes da *Árvore da Moringa oleifera*

A árvore da *Moringa oleifera* é nativa do norte da Índia, nasceu em uma região seca como a do nordeste do Brasil, onde chove pouco e durante curto período do ano. Hoje é comum encontrar nas regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e América Latina (TREES FOR LIFE, 2003).

Segundo Delduque (2000), é uma planta que cresce facilmente pelas sementes ou mudas, mesmo em solos pobres, atinge cerca de 10 metros de altura e começa

a florir 8 meses depois de plantadas. As suas flores são bastante perfumadas, de cor branca ou bege, pintadas de amarelo na base. O fruto é uma espécie de vagem normal, com um grande número de sementes. Suas folhas são ricas em vitamina "A" e "C", fósforo, cálcio, ferro e proteínas, servindo como alimento para o ser humano e para os animais por seu teor nutritivo. Especialistas dizem que a solução para acabar com a desnutrição é o uso de alimentos ricos em nutrientes essenciais ausentes na dieta das pessoas. Assim, cientistas modernos aprovam as folhas da *Moringa* como fonte rica desses nutrientes, podendo elas praticamente acabar com a desnutrição do nosso planeta. A *Moringa* já vem sendo utilizada com esse propósito na África com o projeto CWS/AGADA MOTHER AND CHILD HEALTH PROJECT, uma Alternativa de Ação para o Desenvolvimento Africano voltada para a saúde da mãe e da criança apresentando ótimos resultados (THE MIRACLE TREE. 01., 2003).

Na Índia, todas as partes da planta são usadas na medicina natural, porém, a química e a farmacologia das diferentes partes da planta são ainda pouco conhecidas (RANGEL, 2003).

As Figuras abaixo mostram algumas partes da *Moringa oleifera*, a semente, folha, flor e fruto (RANGEL, 2003).



Fig. 10 Semente



Fig. 11 Folha



Fig. 12 Flor



Fig. 13 Fruto

Segundo Jahn (1998), as sementes contém, entre 27 e 40% de óleo que apresenta a característica de não secar. Esta propriedade permitiu o uso para mecanismo de precisão como dos relógios, a partir do século XIX, foi usado também no Haiti como óleo de cozinha e ingredientes na fabricação de sabão durante a Primeira Guerra Mundial. Atualmente, é usado na indústria de cosméticos para fixar substâncias.

Dentro dos diferentes potenciais da *Moringa*, o mais promissor parece ser a função de coagulante primário. A cientista alemã Dra. Samia Al Azharia Jahn, testou e confirmou a presença de coagulantes muito eficientes nas sementes da *Moringa oleifera*. Essas sementes são usadas por mulheres das comunidades rurais para tratar a alta turbidez do Rio Nilo. Foi observada redução de 80 – 99,5% da turbidez e paralelamente uma redução de 90 – 99,9% de bactérias (MUYIBI & EVISION, 1994).

De acordo com Jahn (1998), a tentativa de isolar o produto coagulante presente nas sementes identificou 6 polipeptídios na *Moringa oleifera* de peso molecular entre 6 e 16.000 dáltons. Os aminoácidos detectados foram maioritariamente o ácido glutâmico, a prolina, a metionina e a arginina. Mas o mecanismo de coagulação pelos polipeptídios é ainda desconhecido.

As sementes da *Moringa oleifera* contém quantidades significativas de proteínas solúveis com carga positiva. Quando o pó das sementes é adicionado a água turva, as proteínas liberam cargas positivas atraindo as partículas carregadas negativamente, como barro, argila, bactérias, e outras partículas tóxicas presentes na água. O processo de floculação ocorre quando as proteínas se ligam com as cargas negativas formando flocos, agregando as partículas presentes na água. A *Moringa* pode clarificar não somente águas com alta turbidez, mas também com média ou baixa turbidez (SCHWARZ, 1996).

Segundo Schwarz (1996), o tempo necessário para a coagulação depende do nível de turbidez da água. Assim como todos os coagulantes, a eficiência das sementes pode variar de uma água para outra. Estudos vêm sendo realizados para determinar riscos potenciais relacionados ao uso das sementes da *Moringa oleifera* no tratamento das águas. Até o momento nenhuma evidência foi encontrada de que as sementes possam causar efeitos secundários nos seres humanos, especialmente com as baixas doses necessárias para o tratamento da água.

O efeito do tratamento biológico da *Moringa* se deve a dois fatores: primeiro, uma grande parte dos microorganismos fisicamente ligados às partículas em suspensão na água ficam eliminados junto com o lodo retido. Além dessa propriedade, uma pesquisa de Jahn, mostrou que os cotilédones da *Moringa* contém uma substância antimicrobiana aumentando o tratamento biológico da

água (JAHN, 1998).

Segundo Rangel (2003), em um projeto piloto para tratamento de água em Malawi, na África, foi constatado que enquanto o alumínio é eficiente como coagulante apenas em uma faixa restrita de níveis de pH da água a ser tratada, as sementes de *Moringa* atuam independentemente do pH, constituindo-se em uma vantagem a mais em países em desenvolvimento, onde normalmente não é possível controlar efetivamente o pH antes da coagulação. Tais sementes podem ser usadas no tratamento de água, abrindo possibilidades que asseguram que as comunidades rurais possam ter água saudável e limpa para o uso doméstico.

A *Moringa* não garante que no final a água estará 100% livre de patógenos. A água estará limpa e bebível mas não completamente purificada. A *Moringa* reduz drasticamente o número de partículas suspensas e também reduz a quantidade de microorganismos. Conseqüentemente esse método reduz diversas doenças causadas pela água contaminada (THE MIRACLE TREE. 02., 2003).

Segundo Schwarz (1996), o uso da *Moringa* como coagulante, apresenta algumas vantagens e desvantagens, como:

Vantagens:

- Método fácil e barato para países em desenvolvimento (especialmente em tratamentos caseiros);
- A eficiência não depende do pH da água bruta;
- O processo não modifica o pH da água;
- Não altera o sabor da água, a não ser que seja adicionada uma dose muito alta;

Desvantagens:

- O tratamento clarifica a água e a torna em boas condições para ser bebida, mas a água pode possuir alguns poucos germes patogênicos ou microorganismos.
- Um tratamento secundário para as bactérias talvez seja necessário;
- O coagulante não pode ser utilizado na sua forma pura, ele deve ser preparado antes.

Nas comunidades rurais do semi-árido brasileiro, os moradores geralmente consomem a água bruta, com contaminação microbiológica e turbidez muito acima dos "limites aceitáveis". Isso porque além das comunidades se localizarem de forma difusa e distantes de rios e poços o tratamento das águas dos rios através de métodos convencionais como floculação, coagulação e sedimentação são inacessíveis, devido ao alto custo e a inviabilidade para obtenção dos reagentes

químicos, como o sulfato de alumínio. Assim, a possibilidade de utilizar um coagulante natural, produzido no local e com baixo custo representa um grande potencial na luta contra os problemas ligados ao consumo de água não potável.

No Nordeste é possível plantar a *Moringa* em qualquer lugar da propriedade. Só não deve ser plantada nos solos mais úmidos porque não agüenta solos encharcados e com espaçamento de 3 a 5 metros entre as plantas. Fazendo a poda das plantas de *Moringa* todo ano, na altura de 1 metro e meio a 2 metros, evita que cresça demais e que suas sementes fiquem muito altas e difíceis de colher. A poda também faz com que essa árvore produza mais ramos e mais sementes. Fazendo a poda depois de cada colheita, pode chegar até 3 colheitas por ano (CAPRINET, 2004).

Cada propriedade da comunidade rural pode ter a sua árvore da *Moringa*, com as suas sementes visando suprir a demanda para o tratamento das águas para o consumo familiar. Esse tratamento pode ser feito no próprio pote utilizado para armazenar a água. A família pode colocar a água e a suspensão na véspera para o consumo no dia seguinte. Com o registro colocado um pouco acima do fundo do pote, a água clarificada é retirada ficando apenas o lodo, que é retirado posteriormente através da lavagem do pote.

Utilizando a *Moringa* como coagulante natural no tratamento das águas sujas e poluídas, captadas nos rios, barreiros, açudes e poços, as comunidades rurais do semi-árido brasileiro, podem contribuir para redução dos índices de mortalidade infantil, melhorar os hábitos de higiene e qualidade de vida e colaborar para o desenvolvimento sustentável da região.

Materiais e Métodos

No presente estudo foram desenvolvidos os seguintes sistemas simplificados e de baixo custo de tratamento de água, voltados para as comunidades rurais do semi-árido:

- Sistema simplificado de tratamento de água utilizando as sementes da *Moringa oleifera* como coagulante/floculante natural;
- Sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia;
- Sistema simplificado de tratamento de água unindo as duas tecnologias: as sementes da *Moringa oleifera* como coagulante/floculante natural e o filtro lento de areia.

Os sistemas simplificados de tratamento de água foram desenvolvidos na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Meio Ambiente, localizada na cidade de Jaguariúna, estado de São Paulo.

As águas a serem tratadas pelos sistemas simplificados foram coletadas através de uma bomba acionada por trator-tanque, no rio Atibaia no ponto próximo a Embrapa Meio Ambiente (Fig. 14 e Fig. 15). Depois de coletadas, as águas eram armazenadas em uma bombona de 70 cm de altura e 95 cm de diâmetro, com capacidade de 320 L (Fig. 16).

As sementes da *Moringa oleifera* foram doadas pela Embrapa – Semi-Árido, localizada na cidade de Petrolina – PE.



Fig. 14 Trator-tanque utilizado para coletar água do rio Atibaia.



Fig. 15 Rio Atibaia no ponto de coleta próximo a Embrapa - Meio Ambiente, Jaguariúna/SP.



Fig. 16 Bombona utilizada para armazenar água coletada.

Processos Analíticos

As análises físico-químicas dos sistemas simplificados de tratamento de água foram realizadas através da Sonda Multiparâmetros (YSI Incorporate – Environmental Monitoring Systems, modelo 6600).

Sonda Multiparâmetros:

A sonda de medição de qualidade de água (Fig. 17) possui acoplado diversos sensores, para medidas de diferentes parâmetros de forma simultânea e é de grande utilidade em trabalhos de inventário e monitoramento da qualidade das águas. Trata-se de um instrumento de boa precisão, podendo ser usado de forma estática (fixa em determinado local) ou de forma dinâmica (acompanhando quem está monitorando). Têm grande capacidade de armazenamento de dados e possibilita o envio dos resultados para o computador.



Fig. 17 Sonda Multiparâmetros

Parâmetros

- Oxigênio Dissolvido
- Temperatura
- pH
- ORP (Redox)
- Profundidade
- Vazão
- Condutividade
- Salinidade
- Sólido Total Dissolvido
- Condutividade Específica
- Resistividade
- Amônia/Amônio
- Nitrato
- Cloreto
- Turbidez
- Clorofila a

O presente estudo analisou apenas a turbidez da água.

As análises bacteriológicas foram realizadas através do uso das cartelas do Kit biológico TECNOBAC da ALFAKIT (Fig. 18).

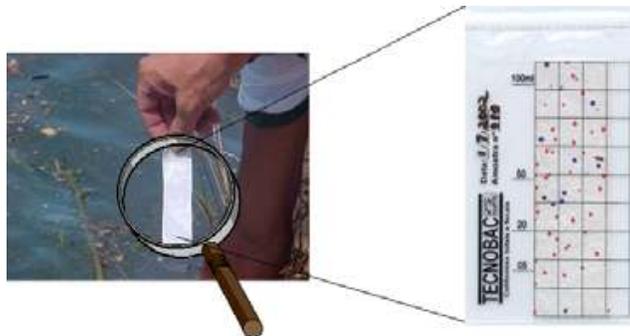
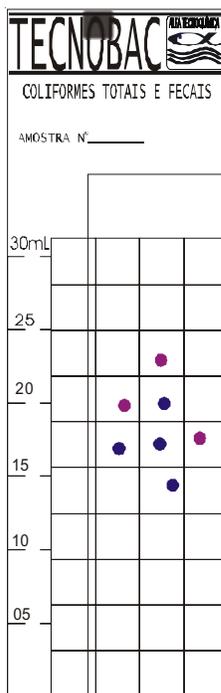


Fig. 18 Cartela TECNOBAC



A cartela é colocada na amostra de água a ser analisada, durante 30 segundos. Depois é acondicionada em estufa entre 36 e 37° C ou no bolso, com papel alumínio entre o bolso e a cartela por 24 horas. No presente estudo foi utilizada a Estufa Alfabait – Coleman Outdoor Products. INC. USA Model 5205 – com a temperatura mantida a 36,5° C.

Conforme exemplo ao lado, se a amostra apresentar coliformes fecais e coliformes totais, aparecerão colônias azuis indicando a presença de coliformes fecais e colônias azuis e vermelhas indicando os coliformes totais.

Se obtém o resultado em coliformes fecais por 100 mL, multiplicando o número de colônias azuis por 60. E o resultado de coliformes totais por 100 mL multiplicando os pontos azuis e vermelhos por 60. Como exemplo, tomando como base a cartela ao lado:

Pontos azuis: $4 \times 60 = 240$ coliformes fecais / 100 ml

Pontos vermelhos e azuis: $7 \times 60 = 420$ coliformes totais / 100 ml

Sistema Simplificado de Tratamento de Água Utilizando Sementes da *Moringa* como Coagulante/Floculante Natural.

Para a montagem do sistema foram utilizadas 2 bombonas idênticas de 52 cm de altura e 35 cm de diâmetro, com capacidade de 50 L.

As bombonas foram posicionadas em diferentes níveis para o sistema funcionar por gravidade. A água bruta foi colocada na bombona de nível mais alto, onde foram adicionadas as sementes da *Moringa* e realizado o processo de coagulação/

floculação. Essa bombona foi conectada a bombona seguinte por uma mangueira um pouco acima do fundo, para retirar apenas a água tratada, ficando o lodo no fundo do recipiente, e um prendedor de ferro para controlar a vazão. Dessa forma, na bombona posicionada mais abaixo, foi depositada a água tratada, que pode ser coletada através de uma torneira colocada no fundo da mesma.

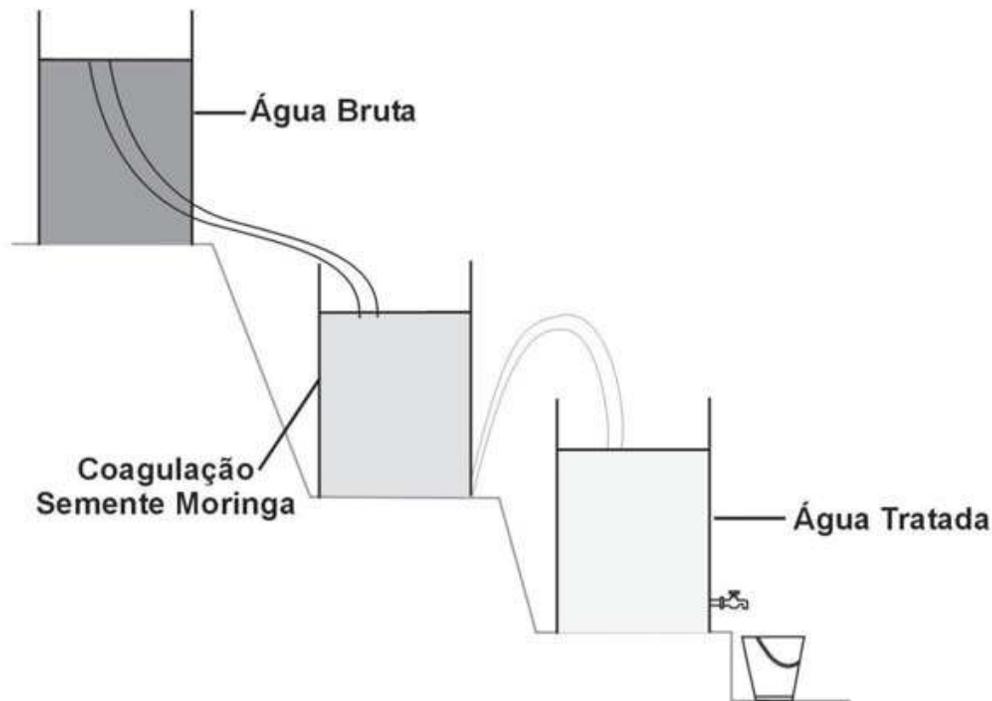


Fig. 19 Esquema ilustrativo do sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa oleifera* como coagulante/floculante natural.

Invariavelmente antes de fazer o tratamento da água bruta com as sementes da *Moringa oleifera*, foi realizado um teste para verificar a melhor dosagem de semente moída, pois essa altera dependendo da turbidez. Baseado nos trabalhos já desenvolvidos, citados no presente estudo, e sabendo que cada semente pesa aproximadamente 0,2 g, foram utilizadas nesses testes as seguintes doses, em 4 recipientes de 34 cm de altura e 27,5 cm de diâmetro com capacidade de 14 L cada um: 0,6 g; 1,2 g; 1,8 g e 2,4 g por 14 L ou 3 sementes; 6 sementes; 9 sementes e 12 sementes por 14 L respectivamente. A Figura 20 mostra um exemplo desse teste, sendo da esquerda para a direita: água bruta; tratamento da água com 0,6 g da semente, com 1,2 g, 1,8 g e 2,4 g.

Após identificação da dose de sementes que obteve melhor resultado em relação aos parâmetros analisados (turbidez e coliformes), foi feita uma equivalência para um volume de 50 L, pois conforme citado anteriormente, o tratamento da água com a *Moringa* foi realizado em uma bombona com capacidade de 50 L.



Fig. 20 Teste para verificação da melhor dosagem de semente.

Roteiro simplificado de como tratar a água com semente de *Moringa* (THE MIRACLE TREE. 02., 2003):

- remover as asas das sementes da *Moringa*, somente utilizar as sementes cujos cotilédones não apresentam óbvios sinais de descoloração e/ou extrema dessecação;
- num pilão, moer as sementes;
- adicionar a quantidade necessária das sementes moídas de acordo com a turbidez da água a um pouco de água limpa e agitar por 5 minutos. Irá formar uma solução leitosa;
- adicionar essa solução na água turva, armazenada em um recipiente, e misturar rapidamente por 2 minutos;
- depois misturar lentamente por 10 a 15 minutos;
- deixar descansar, sem mexer por uma hora ou mais (depende do nível de turbidez da água, quanto menor a turbidez, maior é o tempo de espera)
- depois disso, separe a água clarificada das partículas sólidas do fundo do recipiente. Não se deve esperar muito tempo para fazer isso, pois o efeito da *Moringa* pode passar e a água voltar a ficar suja.

Foram realizadas análises da água antes de adicionar as sementes e depois do tratamento com as mesmas.

A Figura 21 a seguir mostra o sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa oleifera* como coagulante/floculante natural montado no presente trabalho.



Fig. 21 Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa oleifera* como coagulante/floculante natural.

Sistema Simplificado de Tratamento de Água Utilizando Filtro Lento de Areia.

Para a montagem do sistema foram utilizadas 3 bombonas idênticas de 52 cm de altura e 35 cm de diâmetro, com capacidade de 50 L.

As bombonas foram posicionadas em diferentes níveis para o sistema funcionar por gravidade. A água bruta foi colocada na bombona de nível mais alto, conectada a bombona seguinte por uma mangueira e um prendedor de ferro para controlar a vazão. Nessa bombona posicionada mais abaixo foi construído o filtro lento de areia, que através de uma mangueira no fundo do recipiente e um prendedor para controlar a sua vazão, despejava a água tratada na última bombona, com uma torneira no fundo para a coleta da mesma.

A construção do filtro lento de areia foi baseada na cartilha “A Busca de Água no Sertão” do Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA), que entre outras coisas, ensina as comunidades rurais no semi-árido brasileiro a construir um filtro.

O filtro foi construído em uma bombona de 52 cm de altura e 35 cm de diâmetro, com capacidade de 50 L, de fluxo descendente e composto das seguintes camadas (de baixo para cima):

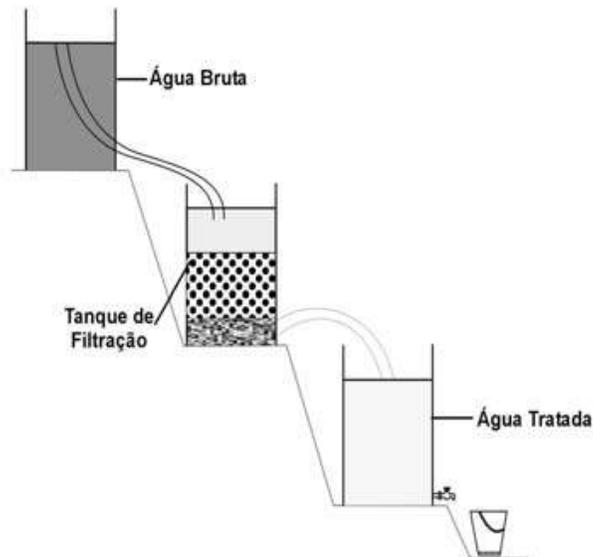


Fig. 22 Esquema ilustrativo do sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia.

- camada de 10 cm de seixos;
- camada de 1cm de areia grossa;
- camada de 10 cm de carvão vegetal em pó;
- camada de 10 cm de areia fina;
- camada de 10 cm de areia grossa;
- camada de 2 cm de brita.

Entre as camadas foram colocados pedaços finos de tecidos para facilitar o processo de lavagem do filtro.

A vazão do filtro foi controlada para 1L a cada 30 minutos.

Para a lavagem do filtro, antes de seu funcionamento foi utilizada água de torneira e depois confirmada a sua qualidade.

Foram realizadas análises da turbidez e presença de coliformes fecais e totais da água antes de entrar no filtro lento de areia e depois de passar pelo mesmo.

A Figura 23 apresenta um exemplo de um teste realizado, mostrando a água antes e depois de passar pelo filtro. A Figura 24 mostra o sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia montado no presente trabalho.



Fig. 23 Água antes e depois de passar pelo filtro lento de areia.



Fig. 24 Sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia.

Sistema Simplificado de Tratamento de Água Utilizando Sementes da *Moringa* como Coagulante/Floculante Natural Seguido do Filtro Lento de Areia.

Para a montagem do sistema foram utilizadas 3 bombonas idênticas de 52 cm de altura e 35 cm de diâmetro, com capacidade de 50L.

As bombonas foram posicionadas em diferentes níveis para o sistema funcionar por gravidade. A água obtida pelo Sistema Simples de Tratamento de Água utilizando as Sementes de *Moringa* como Coagulante/Floculante Natural, foi depositada na bombona de nível mais alto, ligada a bombona seguinte por uma mangueira e um prendedor para controlar a sua vazão. Nessa bombona posicionada mais abaixo foi construído um filtro lento de areia, que através de uma mangueira no fundo do recipiente e um prendedor para controlar a sua vazão, despejava a água tratada na última bombona, com uma torneira no fundo para a coleta da mesma.

Foi utilizado o mesmo método das sementes de *Moringa* do sistema já citado e o filtro lento de areia foi construído da mesma forma que o do sistema anterior, com os mesmos materiais, iguais camadas, de fluxo descendente e de mesma vazão.

Esse sistema é composto pelas duas tecnologias simples desenvolvidas no presente estudo, para verificar se ocorre uma melhoria ainda maior da qualidade da água. Foi montada essa seqüência, pois dessa forma a água bruta antes de passar

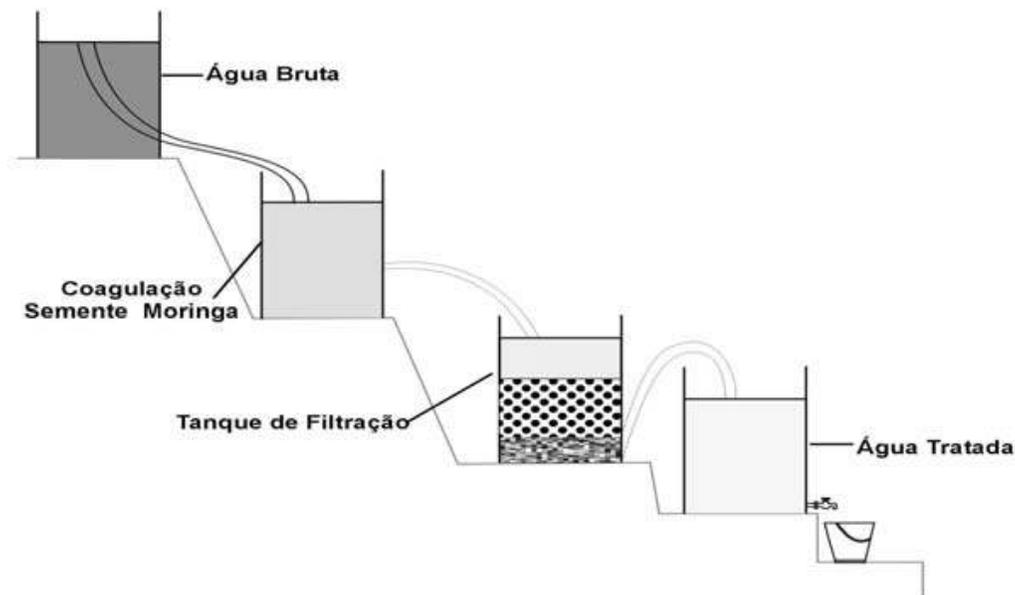


Fig. 25 Esquema ilustrativo do sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa oleifera* como coagulante/floculante natural seguido do filtro lento de areia.

pelo filtro lento de areia passa primeiro pelo processo de coagulação e floculação realizado pelas sementes, reduzindo a concentração de grande parte das partículas suspensas evitando a possibilidade de entupimento do filtro, além de diminuir o número de bactérias. Posteriormente, ao passar pelo filtro lento de areia, ocorreu uma diminuição ainda maior da turbidez e do número de coliformes presentes na água.

Foram realizadas análises da turbidez e presença de coliformes fecais e totais da água depois da mesma passar por todo o sistema.

A Figura 26 apresenta um exemplo de um teste realizado, mostrando a água antes e depois de passar pelo sistema e a Figura 27 mostra o sistema simplificado de tratamento de água utilizando as sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural seguido do filtro lento de areia montado no presente trabalho.



Fig. 26 Água antes e depois de passar pelo sistema.



Fig. 27 Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa oleifera* como coagulante/floculante natural seguido do filtro lento de areia.

Resultados e Discussões

Foi realizado um teste utilizando 0,6 g; 1,2 g; 1,8 g e 2,4 g por 14 L das sementes da *Moringa oleifera* assim que recebidas da Embrapa Semi – Árido, em fevereiro de 2004. O resultado obtido foi ótimo, confirmando que realmente a *Moringa* funciona como coagulante/floculante natural. Porém, quando realizado novamente esse teste, em julho de 2004, não houve alteração na qualidade da água. Essas sementes tinham sido retiradas das árvores já plantadas em algumas regiões de Petrolina – PE, há um ano, e portanto as sementes já haviam perdido a sua eficiência, não havendo alteração da qualidade da água bruta. Confirmando na prática a pesquisa desenvolvida por Jahn (1998), que mostra que as sementes devem ser usadas logo que retiradas das árvores, porque elas perdem a eficiência com o passar do tempo, ou seja, não podem ser estocadas. Em decorrência disto, foram doadas novas sementes retiradas recentemente das árvores da *Moringa oleifera* plantadas em Petrolina-PE pela Embrapa Semi-Árido, para dar seqüência ao presente estudo.

Assim, o funcionamento dos sistemas e as análises das águas foram realizados num período de 3 dias, nos meses de setembro, outubro e novembro de 2004 e apresentaram os seguintes resultados, de acordo com as tabelas 5 a 9 e figuras 28 a 32 na página a seguir.

Tabela 5. Resultados das análises realizadas nos dias 27/09 – 29/09

| CÓDIGO/DOSE | TURBIDEZ (UNT) | COLIFORMES FECAIS (NMP/100ml) | COLIFORMES TOTAIS (NMP/100ml) |
|---|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Água Bruta | 23,6 | 420 | 3180 |
| Teste das doses de sementes moídas de <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| 0,6g | 6,9 | 60 | 2040 |
| 1,2g* | 6,4 | 0 | 1920 |
| 1,8g | 8,5 | 60 | 1620 |
| 2,4g | 9,5 | 120 | 2280 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| SM 4,2g | 4,5 | 360 | 1320 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando filtro lento de areia | | | |
| SF | 6,4 | 360 | 3120 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa</i> e filtro lento de areia | | | |
| SM + F 4,2g | 3,2 | 300 | 900 |

* Dose que apresentou melhores resultados em relação aos parâmetros analisados.
 SM - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural.
 SF - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia.
 SM + F - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural seguido do filtro lento de areia.

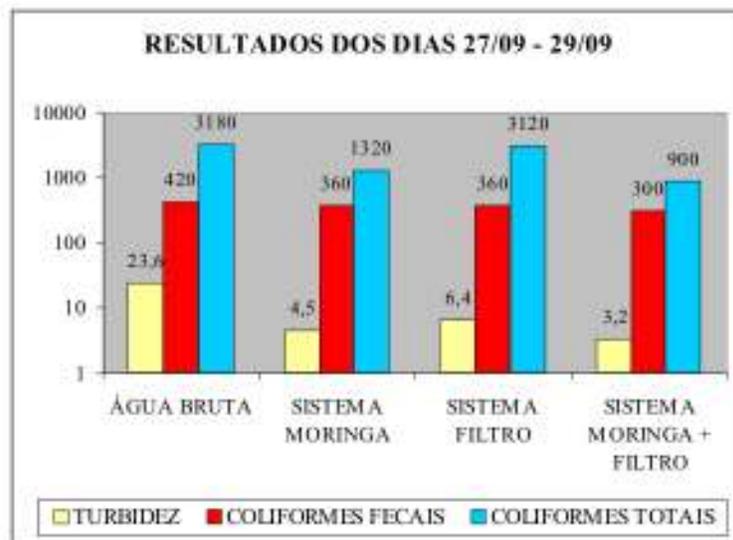
**Fig. 28** Resultados das análises dos sistemas realizadas nos dias 27/09 a 29/09

Tabela 6. Resultados das análises realizadas nos dias 13/10 – 15/10

| CÓDIGO/DOSE | TURBIDEZ (UNT) | COLIFORMES FECAIS (NMP/100ml) | COLIFORMES TOTAIS (NMP/100ml) |
|---|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Água Bruta | 12,0 | 540 | 10500 |
| Teste das doses de sementes moídas de <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| 0,6g | 8,0 | 480 | 3060 |
| 1,2g* | 5,9 | 240 | 2640 |
| 1,8g | 6,2 | 120 | 3120 |
| 2,4g | 10,9 | 180 | 3600 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| SM 4,2g | 2,3 | 120 | 2520 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando filtro lento de areia | | | |
| SF | 2,6 | 0 | 60 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa</i> e filtro lento de areia | | | |
| SM + F 4,2g | 2,0 | 0 | 0 |

* Dose que apresentou melhores resultados em relação aos parâmetros analisados.
 SM - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural.
 SF - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia.
 SM + F - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural seguido do filtro lento de areia.

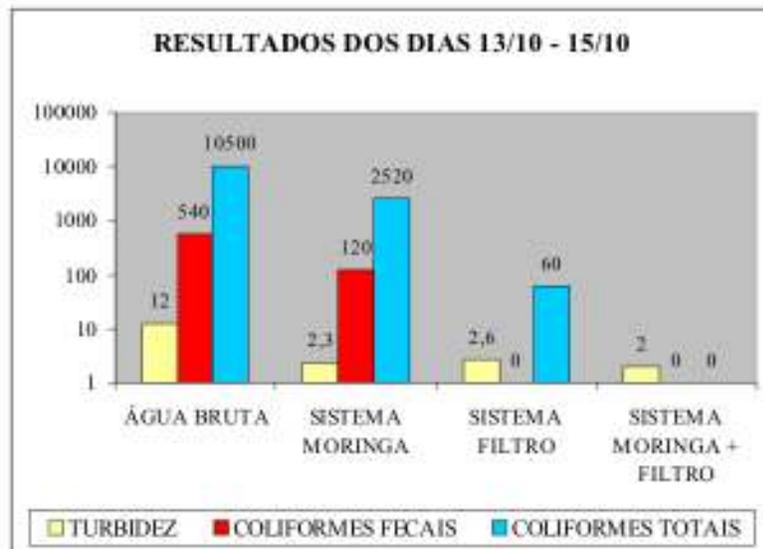


Fig. 29 Resultados das análises dos sistemas realizadas nos dias 13/10 a 15/10.

Tabela 7. Resultados das Análises Realizadas nos Dias 18/10 – 20/10

| CÓDIGO/DOSE | TURBIDEZ (UNT) | COLIFORMES FECAIS (NMP/100ml) | COLIFORMES TOTAIS (NMP/100ml) |
|---|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Água Bruta | 297,7 | 5400 | 9180 |
| Teste das doses de sementes moídas de <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| 0,6g | 116,7 | 4380 | 5580 |
| 1,2g | 52,4 | 4500 | 5520 |
| 1,8g | 13,5 | 4080 | 4620 |
| 2,4g* | 6,7 | 3600 | 3960 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| SM 8,4g | 4,3 | 4200 | 4380 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando filtro lento de areia | | | |
| SF | 21,7 | 300 | 3300 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa</i> e filtro lento de areia | | | |
| SM + F 4,2g | 3,0 | 480 | 660 |

* Dose que apresentou melhores resultados em relação aos parâmetros analisados.

SM - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural.

SF - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia.

SM + F - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural seguido do filtro lento de areia.

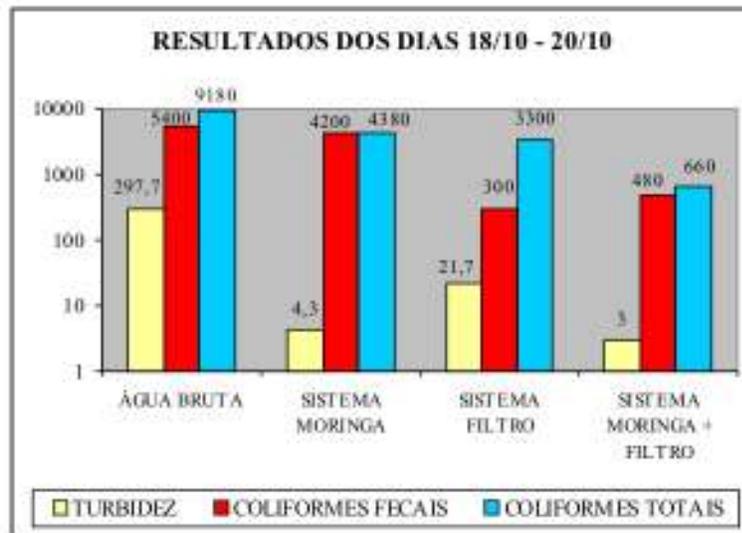


Fig. 30 Resultados das análises dos sistemas realizadas nos dias 18 /10 a 20/10

Tabela 8. Resultados das análises realizadas nos dias 25/10 – 27/10

| CÓDIGO/DOSE | TURBIDEZ (UNT) | COLIFORMES FECAIS (NMP/100ml) | COLIFORMES TOTAIS (NMP/100ml) |
|---|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Água Bruta | 66,8 | 300 | 2580 |
| Teste das doses de sementes moídas de <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| 0,6g | 6,4 | 120 | 2280 |
| 1,2g* | 4,6 | 60 | 1080 |
| 1,8g | 7,0 | 60 | 1140 |
| 2,4g | 8,4 | 60 | 1200 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| SM 4,2g | 1,3 | 60 | 1920 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando filtro lento de areia | | | |
| SF | 19,3 | 180 | 1920 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa</i> e filtro lento de areia | | | |
| SM + F 4,2g | 0 | 0 | 840 |

* Dose que apresentou melhores resultados em relação aos parâmetros analisados.
 SM - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural.
 SF - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia.
 SM + F - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural seguido do filtro lento de areia.

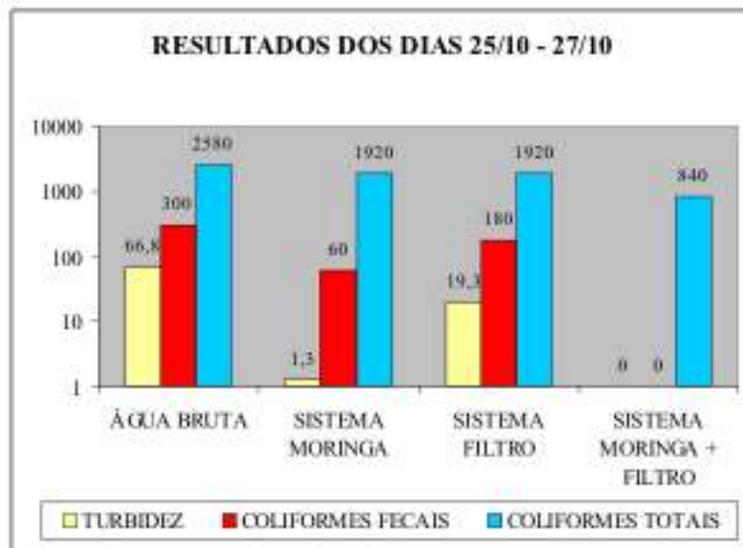
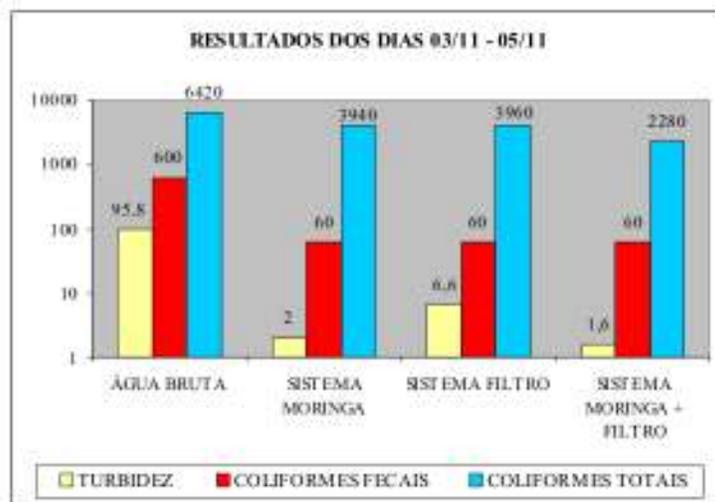


Fig. 31 Resultados das análises dos sistemas realizadas nos dias 25/10 a 27/10.

Tabela 9. Resultados das análises realizadas nos dias 03/11 – 05/11

| CÓDIGO/DOSE | TURBIDEZ (UNT) | COLIFORMES FECAIS (NMP/100ml) | COLIFORMES TOTAIS (NMP/100ml) |
|---|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Água Bruta | 95,8 | 600 | 6420 |
| Teste das doses de sementes moídas de <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| 0,6g | 5,0 | 300 | 5460 |
| 1,2g* | 1,0 | 60 | 3360 |
| 1,8g | 2,5 | 60 | 4440 |
| 2,4g | 1,8 | 60 | 4680 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> | | | |
| SM 4,2g | 2,0 | 60 | 3940 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando filtro lento de areia | | | |
| SF | 6,6 | 60 | 3960 |
| Sistema simples de tratamento de água utilizando sementes da <i>Moringa</i> e filtro lento de areia | | | |
| SM + F 4,2g | 1,6 | 60 | 2280 |

* Dose que apresentou melhores resultados em relação aos parâmetros analisados.
 SM - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural.
 SF - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando filtro lento de areia.
 SM + F - Sistema simplificado de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa* como coagulante/floculante natural seguido do filtro lento de areia.

**Fig. 32** Resultados das análises dos sistemas realizadas nos dias 03/11 a 05/11.

Durante a realização dos testes, percebeu-se que quanto maior a turbidez da água bruta, mais rápida é a eficiência das sementes da *Moringa oleifera* no processo de coagulação/floculação. E quanto mais turva a água, maior é a quantidade de sementes necessárias.

Pode - se perceber também, que em todos os testes realizados, os três sistemas reduziram consideravelmente a turbidez da água bruta, porém o que na maioria das vezes apresenta melhores resultados é o sistema de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa oleifera* seguido do filtro lento de areia e o segundo é o sistema de tratamento de água utilizando sementes de *Moringa oleifera* como

coagulante/floculante e por último o sistema simples de tratamento de água utilizando o filtro lento de areia.

O mesmo acontece com os coliformes fecais e totais que foram reduzidos em todos os sistemas, mas o sistema que apresentou melhores resultados foi o sistema de tratamento de água utilizando sementes da *Moringa oleifera* seguido do filtro lento de areia. Na maioria dos testes os coliformes não foram 100% reduzidos, talvez porque conforme os trabalhos realizados, citados nesse presente estudo, as sementes da *Moringa oleifera* não reduzem 100% o número de coliformes fecais e totais. E talvez, ainda não tenha formado a camada bacteriológica no topo do filtro lento de areia. Assim, para um melhor resultado, pode ser necessária a cloração da água. Quando a água bruta apresenta uma turbidez muito alta, dificulta o processo de cloração, pois as partículas servem como esconderijo para as bactérias, mas nesse caso esse processo é bem facilitado, as sementes da *Moringa* e o filtro lento de areia já retiraram boa parte das partículas presentes na água. Outra forma, seria realizar a desinfecção por radiação solar, como já citado no presente estudo, trata-se de uma alternativa econômica e viável.

Conclusão

1. Pode-se confirmar que os sistemas são de simples construção, de fácil operação e de baixo custo, permitindo que qualquer morador das comunidades rurais do semi-árido desenvolva um sistema no seu domicílio ou na sua comunidade;

2. São sistemas que diferente dos sistemas de tratamento de água convencionais, não necessitam de produtos químicos, como o sulfato de alumínio que tem a função de um coagulante, são simples, reduzidos, não ocupam espaços significativos, são econômicos, são construídos com materiais de baixo custo e de fácil acesso, além de não ser necessário ser especialista para desenvolvê-los;

3. Os sistemas mostraram ser viáveis, porém apresentaram algumas dificuldades na remoção de 100% das bactérias e da turbidez;

4. As reduções da turbidez, coliformes fecais e coliformes totais foram muito significativas representando uma grande melhoria na qualidade da água;

5. Alguns testes realizados no presente estudo apresentaram resultados melhores, em relação aos parâmetros analisados, do que outros testes. Por isso, a necessidade da continuidade desse estudo para a verificação das melhores doses de sementes de *Moringa oleifera* para cada qualidade de água bruta e a taxa de turbidez da água que o filtro lento de areia construído apresenta maior eficiência,

além da verificação do tempo necessário para a formação da camada biológica no topo do filtro;

Pode-se perceber que esses sistemas simples de tratamento de água podem ser utilizados como alternativas viáveis para a melhoria da qualidade das águas consumidas pelas comunidades rurais do semi-árido brasileiro;

Se as comunidades rurais do semi-árido adotassem esses sistemas de tratamento de água, melhorariam os hábitos de higiene e a qualidade de vida dessas populações, diminuindo o número de doenças de veiculação hídrica e colaborando para o desenvolvimento sustentável da região.

Referências

ARAÚJO JUNIOR, O. **Saneamento ambiental e qualidade de vida**. Disponível em: <www.ambientetotal.pro.br>. Acesso em: 03 ago. 2004.

BBC BRASIL. **76 milhões podem morrer de doenças relacionadas à água..** Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/020819_rioaguamtc.shtml>. Acesso em: 15 ago. 2004.

CAPRINET. **Moringa: purificadora de água e fonte de vitamina A**. Disponível em: <<http://www.caprinet.com.br/artigo14032003-02.shtml>>. Acesso em: 07 jul. 2004.

CLIQUE SEMI-ÁRIDO. **Semi-árido: características**. Disponível em: <<http://www.cliquesemiarido.org.br/inicial.asp>>. Acesso em: 25 ago. 2004.

COSTA FILHO, A. G. **Aplicação de sistemas alternativos para o tratamento de esgoto em áreas de mananciais em Santo André – Wetland**. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_56.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2004.

DELDUQUE, M. Moringa. **Revista Globo Rural**, maio 2000, p. 89-91.

EQUIPE EDUCAREDE. **Desafio para o século XXI**. Disponível em: <http://www.educarede.org.br/educacao/assuntoe/index.cfm?pagina=interna&id_tema=6&id_subtema=5>. Acesso em: 25 ago. 2004

HOWARD, G.; BARTRAM, J. **Domestic water quantity, service level and health**.

Geneve: WHO/SDE/WSH, 2003.

IBGE. **Água limpa: direito de todos.** 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/datas/agua/agualimpa.html>> Acesso em: 20 ago. 2004.

IMSEAR – Instituto do Milênio do Semi-Árido. Disponível em: < <http://www.imsear.org.br/>> Acesso em: 20 set. 2004.

IRPAA – Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada. **A busca da água no sertão.** 3.ed. Juazeiro, 1996.

JAHN, S. A. A. Using Moringa seeds as coagulant in developing countries. **Journal of the American Water Works Association**, v.6, p. 43-50, 1998.

LOPES, P. R. C. **Alternativas de manejo de solo e água para o semi-árido brasileiro.** 2003. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/agronegocio/17.shtml>>. Acesso em: 23 ago. 2004.

MACIEL FILHO, A. A.; GOES JÚNIOR, C. D.; CÂNCIO, J. A.; HELLER, L.; MORAES, L. R. S.; CARNEIRO, M. L.; COSTA, S. S. **Interfaces da gestão de recursos hídricos e saúde pública.** 2001. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/svs/amb/Artigos/interfaces.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2004.

MANUAL de saneamento. 3. ed. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 1999. 374p.

MURTHA, N. A.; HELLER, L. Avaliação da influência de parâmetro de projeto e das características da água bruta no comportamento de filtros lentos de areia. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.8, n.4, out./dez. 2003.

MURTHA, N. A.; HELLER, L.; LIBÂNIO, M. A filtração lenta em areia como alternativa tecnológica para o tratamento de águas de abastecimento no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1997.

MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. **Moringa oleifera seeds for softening hardwater.**

Newcastle: University of Newcastle upon Tyne, 1994.

O ESTADO DE SÃO PAULO (16 mar. 2003). **Escassez é mais severa em cinco estados do país**. Disponível em: <<http://www.zone.com.br/destinoaventura/index.php?destino=noticias&id=11111&pg=2>>. Acesso em: 23 ago. 2004.

OMS/UNICEF – Organização Mundial da Saúde/Fundo das Nações Unidas para a Infância e Adolescência. **Relatório do ano de 2000**. Disponível em: <www.unicef.org/brazil> Acesso em: 03 set. 2004.

PATERNIANI, J. E. S. **Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento**. 1991. 245p. Tese (Doutorado)-Escola de Engenharia de São Carlos-USP.

PATERNIANI, J. E. S.; ROSTON. D. M. Tecnologias para tratamento e reuso da água no meio rural. In: HAMADA, E. (Ed.) **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

RANGEL, M. S. **Moringa oleifera: um purificador natural de água e complemento alimentar para o nordeste do Brasil**. 2003. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A10moringa.htm>>. Acesso em: 07 ago. 2004.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.(Org.). **Águas doces no Brasil**. 2.ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. 703p.

SCHWARZ, D. **Water clarification using *Moringa oleifera***. Berlin: Gate Information Service, 1996.

SODIS. **Solar Water Desinfection**. Disponível em: <www.sodis.ch>. Acesso em: 03 out. 2004.

SUASSUNA, J. **Contribuição ao estudo hidrológico do semi – árido nordestino**. Recife: FUNDAJ, 1999. 64p.

THE MIRACLE TREE. 01. **CWS/Agada Mother and Child Health Project**. Disponível em: <www.churchworldservice.org/moringa/TMTnutrition.html>.

Acesso em: 15 out. 2003.

THE MIRACLE TREE. 02. **Moringa seed powder for Water Purification**. Disponível em: <www.churchworldservice.org/moringa/TMTwaterpure.html> Acesso em: 15 out. 2003.

TREES FOR LIFE. **How to grow moringa trees**. Disponível em: <www.treesforlife.org/moringa/do_grow.htm> Acesso em: 14 out. 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa: IIE, 2003. 248p.

VISSCHER, J.T. Slow sand filtration: desing, operation, and maintenance. **Journal of the American Water Works Association – Research and Technology**, v.6, p.67-71, 1990.

WELL (Water And Environmental Health at London and Loughborough). **Household water treatment 2 – n.58**. Disponível em: <www.lboro.ac.uk/well/well>. Acesso em: 02 mar. 2004.

WMO (World Metereological Organization). **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world**. Genebra: WMO, 1997.



Meio Ambiente

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

