

# XIV WORLD WATER CONGRESS

## AValiação DA ATIVIDADE DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO DA MORINGA OLEIFERA LAM NO TRATAMENTO DE AGUA TURVA DE ELEVADA DUREZA

ARAÚJO, Nicolis Amaral de (UFS)<sup>1</sup>, RODRIGUES, Raphael Souza (UFS)<sup>2</sup>, MOITINHO, Adriana Cerqueira (UFS)<sup>3</sup>, GONÇALVES, Maittê Carolina Gomes (UFS)<sup>4</sup>, SANTANA, Claudia Ramos (UFS)<sup>5</sup>, SILVA, Gabriel F. da (UFS)<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Graduação em Engenharia Química, [nicolis.amaral@yahoo.com.br](mailto:nicolis.amaral@yahoo.com.br); <sup>2</sup>Graduação em Engenharia Mecânica, [rapharodrigues@hotmail.com](mailto:rapharodrigues@hotmail.com); <sup>3</sup> Graduação em Engenharia Química [maitte.carolina@hotmail.com](mailto:maitte.carolina@hotmail.com), <sup>4</sup>Graduação em Engenharia Química [drimoitinho@gmail.com](mailto:drimoitinho@gmail.com), <sup>5</sup>Mestre em Engenharia Química [claudia@ufs.br](mailto:claudia@ufs.br), <sup>6</sup>Doutor do DEQ/UFS [gabriel@ufs.br](mailto:gabriel@ufs.br)

**RESUMO:** A Moringa é uma planta arbustiva com propriedades diversas dentre as quais promoverem o tratamento primário de águas. O uso de suas sementes no tratamento de água data de 2000 a.C. na Índia. Recentemente sua utilização vem sendo descrita nos países em desenvolvimento pelo fato dos coagulantes químicos normalmente utilizados possuírem custo elevado. Uma alternativa para esse fato é o uso de coagulantes naturais, principalmente de origem vegetal. A água dura por conter grandes quantidades de cálcio e magnésio, benéfica para a saúde, por constituir acréscimo de cálcio para o organismo, é desagradável para uso, pois pode causar obstrução e destruição de tubagens, materiais de captação ou distribuição, podendo haver contaminações e sabor amargo da água que chega ao consumidor. Diante desta problemática objetiva-se avaliar a atividade coagulante e de abrandamento do extrato da moringa em água turva de elevada dureza.

Palavras- Chave: Moringa, extrato, água dura.

**ABSTRACT:** The Moringa is a bush plant containing several properties, among them primary water treatment. Using it seeds to treat water is dated since 2000 a.C. in India. Recently its use has being exposed in developing countries by the fact that chemical coagulants regularly used have a high cost. An alternative to this fact is using natural coagulants, mainly vegetables ones. The hard water contains highs levels of calcium and magnesium, which is good for health, because is an increase of calcium in the body. However, it is bad for use since it causes destruction and blockage of the pipes, materials of building or distribution. This may give water some contaminants and a bitter taste which reaches the consumer. Before this problem, evaluating the coagulant activity and turbidity reduction by the use of *Moringa* extract on the hard and cloudy water is the focus of the work.

Keywords: Moringa, extract, hard water.

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Águas com Elevada Dureza

Originariamente descrita como a capacidade da água em precipitar sabão, a dureza é um dos parâmetros de qualidade da água mais analisados (ESTEVES, 1998). Dureza é a denominação genérica dada à soma das concentrações dos íons polivalentes, presentes na água, tais como: cálcio, magnésio, ferro, bário, estrôncio, etc. A dureza é devida à presença de cátions metálicos divalentes, os quais são capazes de reagir com sabão formando precipitados e com certos ânions presentes na água para formar crostas. Os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio tendo um papel secundário o zinco e o estrôncio. Algumas vezes alumínio e ferro férrico são considerados como contribuintes da dureza. A prática atualmente estabelecida é assumir a dureza total como referência apenas às concentrações de cálcio e magnésio. A água mole ou completamente abrandada, resultante de tratamentos de abrandamento, é necessária para vários processos, incluindo: geração de energia, impressão e revelação de fotos, fabricação de papel e polpa

e processamento de alimentos e bebidas. A água contendo sais de dureza não espuma em presença de uma solução de sabão, pois os sais formam precipitados com os ânions da solução de sabão. Ainda não se demonstrou a existência de efeitos adversos ou benéficos da dureza sobre a saúde humana, porém sabe-se que na vida aquática, uma boa relação entre dureza e alcalinidade pode diminuir a toxicidade da Amônia e do pH. O Cálcio é também necessário na formação e rompimento das ovas. De acordo com os teores de sais de cálcio e de magnésio, expressos em mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , a água pode ser classificada em água mole até 50 mg/L, água moderadamente dura de 50 a 150 mg/L, água dura de 150 a 300mg/L e água muito dura acima de 300mg/L.

Segundo SPERLING (2005), dureza é a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais freqüentemente associados à dureza são os cátions bivalentes  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com os ânions na água, formando precipitados. A dureza pode ser classificada como dureza carbonato (associado ao  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ ) e dureza não carbonato (associada a outros ânions, especialmente  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ). A dureza correspondente à alcalinidade é a dureza carbonato, enquanto que as demais são caracterizadas como dureza não carbonato. A dureza carbonato é sensível ao calor, causando precipitações em elevadas temperaturas.

Parte do cálcio e do magnésio das águas duras contribui para a incrustação que se forma quando a água passa por mudanças de temperatura e pressão. Tais incrustações surgem quando o equilíbrio da solução é perturbado, resultando daí carbonatos e, por vezes sulfatos desse metal. (OLIVEIRA et. al)

Segundo Andrade & Macedo, a água pode ser ainda veículo para microorganismos patógenos e deterioradores. Não obstante, possui diversos constituintes nela dissolvidos, que podem alterar significativamente a sua qualidade, seja para o consumo ou para processos fabris. Alguns minerais como o cálcio e o magnésio influenciam na sua dureza gerando danos em equipamentos e utensílios além de afetarem a ação dos detergentes na limpeza, aumentando conseqüentemente o custo da produção. O controle de qualidade da água deve ocorrer regularmente, de modo a garantir a redução de efeitos indesejáveis nas instalações da organização, como corrosão e incrustações de partículas sedimentares, que conferem riscos de contaminação e expõem a saúde do consumidor.

A dureza da água é caracterizada pela presença de sais alcalinos terrosos, como o cálcio e magnésio, que conferem sabor desagradável e efeito laxativo; reduzem a formação de espuma do sabão, aumentando o seu consumo; além de provocarem incrustações nas tubulações e caldeiras; podem ainda oferecer efeito corrosivo; e quando seus íons reagem com detergentes, formam precipitados insolúveis, que para serem eliminados dependem de detergentes ácidos em grandes concentrações, elevando o custo da produção (LAGGER, 2000). Segundo a portaria nº1.469 do Ministério da Saúde, a dureza da água é medida em mg/l de  $\text{CaCO}_3$  e pode variar de 10 a 200 mg/l em água doce e até 2.500 mg/l em água salgada. Para água potável este valor pode atingir até 500mg/l, mas para uso em caldeiras a dureza da água deve ser igual a zero.

Originariamente descrita como a capacidade da água em precipitar sabão, a dureza é um dos parâmetros de qualidade da água mais analisados (ESTEVES, 1998). Dureza é a denominação genérica dada à soma das concentrações dos íons polivalentes, presentes na água, tais como: cálcio, magnésio, ferro, bário, estrôncio, etc. A dureza é devida à presença de cátions metálicos bivalentes, os quais são capazes de reagir com sabão formando precipitados e com certos ânions presentes na água para formar crostas. Os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio tendo um papel secundário o zinco e o estrôncio. Algumas vezes alumínio e ferro férrico são considerados como contribuintes da dureza. A prática atualmente estabelecida é assumir a dureza total como referência apenas às concentrações de cálcio e magnésio. A água mole ou completamente abrandada, resultante de tratamentos de abrandamento, é necessária para vários processos, incluindo: geração de energia, impressão e revelação de fotos, fabricação de papel e polpa e processamento de alimentos e bebidas. A água contendo sais de dureza não espuma em presença de uma solução de sabão, pois os sais formam precipitados com os ânions da solução de sabão. Ainda não se demonstrou a existência de efeitos adversos ou benéficos da dureza sobre a saúde humana, porém sabe-se que na vida aquática, uma boa relação entre dureza e alcalinidade pode diminuir a toxicidade da Amônia e do pH. O Cálcio é também necessário na formação e rompimento das ovas. De acordo com os teores de sais de cálcio e de magnésio, expressos em mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , a água pode ser classificada em água mole até 50 mg/L, água moderadamente dura de 50 a 150 mg/L, água dura de 150 a 300mg/L e água muito dura acima de 300mg/L.

## 1.2 *Moringa Oleifera* Lam

A *Moringa oleifera* Lam é uma planta tropical pertencente à família Moringaceae, nativa da Índia, que contém alta quantidade de óleo, que pode ser usado para fazer sabão e como base para cosméticos, além da alimentação.

A moringa é uma espécie perene, originária do noroeste indiano, que pode ser explorada tanto em condições irrigadas como de sequeiro, apresentando um grande potencial em face de sua multiplicidade de usos - alimentar, agrícola, medicinal e industrial (RAMACHANDRAN et al., 1980; CORREA, 1984; MATOS e ABREU, 1998; SILVA e KERR, 1999; LORENZI e MATOS, 2002). As sementes são ricas em proteínas (33,9%) e lipídeos (37,2%) (MACHADO e CARNEIRO, 2000), requerendo estudos direcionados à sua exploração comercial (OLIVEIRA et al., 1999). A umidade relativa e a temperatura são os principais fatores externos que influenciam a longevidade das sementes (COPELAND, 1976), sendo as condições ambientais de baixa temperatura ( $\leq 10^{\circ}\text{C}$ ) e baixa umidade relativa (50-60% de UR) consideradas adequadas à manutenção da viabilidade durante o armazenamento.

Atualmente, a cultura da moringa vem sendo difundida em todo o semi-árido nordestino, devido a sua utilização no tratamento de água para uso doméstico. O interesse pelo estudo de coagulantes naturais para clarificar água não é uma idéia nova. Segundo Ndabigengesere & Narasiah (1996), as sementes de *Moringa Oleifera* são uma alternativa viável de agente coagulante em substituição aos sais de alumínio, que são utilizados no tratamento de água em todo o mundo. Comparada com o alumínio, as sementes de *Moringa oleifera* Lam, não alteraram significativamente o pH e a alcalinidade da água nem causam problemas de corrosão, após o tratamento.

Além disto, a eficiência do processo utilizando a moringa como agente coagulante não depende do pH da água bruta (SCHWARZ, 2005), ao contrário do sulfato de alumínio, que tem aplicação restrita a pH entre 5,5 e 8,0. Os coagulantes naturais de origem orgânica conhecidos universalmente como polieletrólitos são representados por compostos constituídos de grandes cadeias moleculares, dotados de sítios com cargas positivas ou negativas (BORBA, 2001).

## METODOLOGIA

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Federal de Sergipe.

#### 2.1 Extrações do Óleo

A metodologia para a extração do óleo da moringa baseia-se no processo mecânico através de uma prensa modelo da TECNAL obtendo-se a torta de moringa como co-produto da produção de biodiesel.

#### 2.2 Preparo dos Extratos Coagulante

Para o preparo dos extratos triturou-se as sementes e tortas de moringa, em seguida pesou-se 1g das seguintes formas: sementes com casca e com óleo, sementes com casca e sem óleo (torta da prensa mecânica), diluiu-se em 50 mL de solução salina de cloreto de sódio a 1,0 mol/L para o meio salino e em 50 mL de água destilada para o meio aquoso, agitando a 1000 rpm por 30 minutos em um misturador FISOTOM-712. Por fim, filtrou-se com o auxílio de uma bomba à vácuo TECNAL TE- 058.

#### 2.3 Preparação da Água Dura Sintética

No preparo da água com elevada dureza em laboratório adicionou-se em água destilada, Carbonato de Cálcio e argila peneirada a 600 mesh sob agitação para homogeneização.

#### 2.4 Ensaio de Coagulação/Floculação

Para avaliar a eficiência das sementes e tortas de moringa, foram realizados ensaios de coagulação/Floculação em um *Jar test* modelo Floc Control II. Alguns parâmetros foram fixados durante os ensaios de coagulação/floculação como a concentração salina de 1,0 mol/L, tempo de mistura seguindo os tempos de mistura rápida e lenta, sendo: 2 minutos a rotação de 150 rpm, 1:45 minutos a 100 rpm, 1:45 minutos a 60 rpm, 2 minutos a 30 rpm, 1 minuto a 10 rpm e o tempo de sedimentação de 90 minutos. Os ensaios de coagulação/floculação consistiram em colocar 1000 mL de água com elevada dureza em torno de 300 mg/L e turbidez em numa faixa de 90 NTU, nos recipientes do aparelho Jar Test. Em seguida avaliou-se a quantidade ótima do coagulante a ser utilizado, variando-se de 0,5 a 3,0 mL.

## 2.5 Análises de Avaliação de Dureza

As análises realizadas para avaliação da dureza foram baseadas nas normas da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) para Dureza Total.

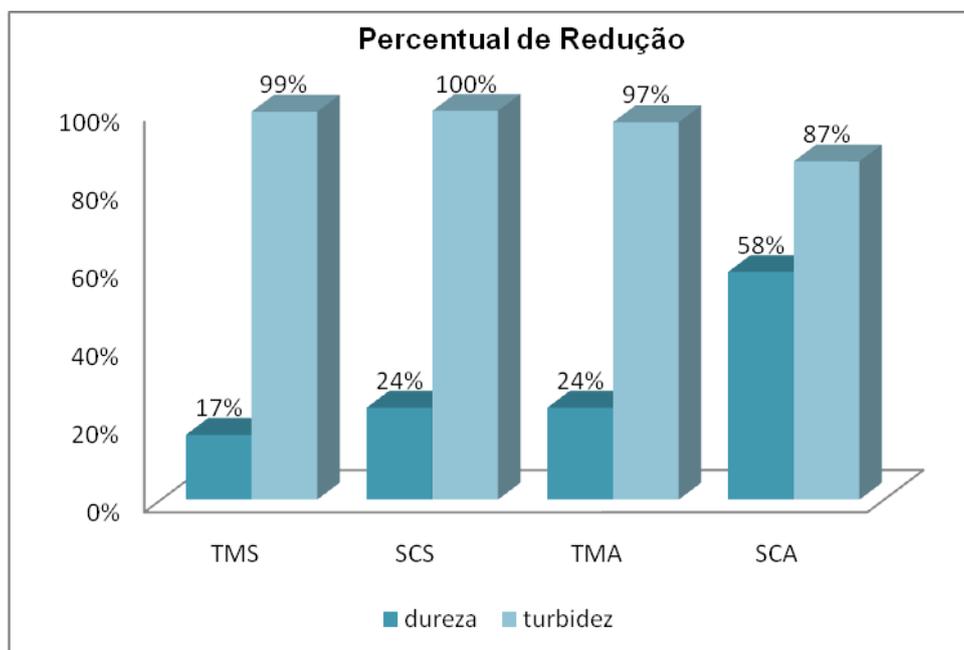
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o tratamento da água com elevada dureza utilizando o extrato de moringa foi realizado a separação em dois grupos de coagulantes, sendo que todos foram preparados com as sementes com casca, como mostrado na tabela 01.

**Tabela 01:** Classificação dos Extratos de moringa

Sigla	Semente	Meio
TMS	Sem Óleo	Salino (NaCl)
SCS	Com Óleo	Salino (NaCl)
TMA	Sem Óleo	Aquoso
SCA	Com Óleo	Aquoso

Na verificação do melhor extrato, os primeiros ensaios foram realizados com todos os extratos utilizando 3,0 mL em cada litro de água dura verificando a redução de dureza e turbidez, abaixo na figura 01, para em seguida analisar a quantificação em cada extrato de melhor resultado.

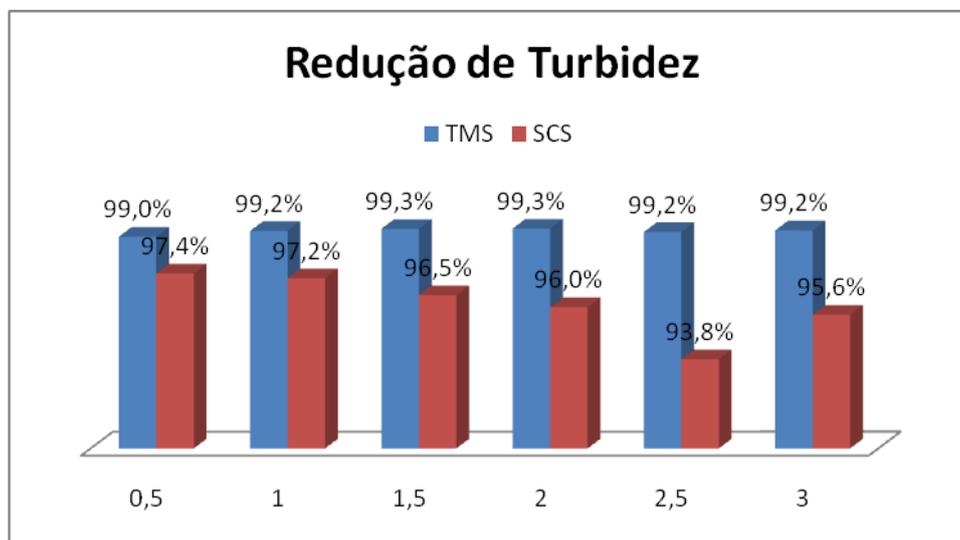


**Figura 01:** Gráfico com redução de Turbidez e Dureza

Como exposto na figura acima a redução de turbidez entre os extratos foi bastante significativa e com diferença mínima, porém a redução percentual da dureza foi excelente com o extrato preparado por semente de moringa em meio aquoso (SCA) e bastante diferenciado dos demais extratos. Partindo-se destes resultados ampliaram-se os ensaios para a quantificação do melhor extrato por litro de água dura

para redução de turbidez como fator principal e dureza como fator secundário devido aos ótimos resultados na turbidez, e a quantificação para melhor extrato em meio aquoso na obtenção da faixa de redução de dureza por quantidade de extrato a ser utilizado.

Na figura 02 pode-se analisar a redução excelente de turbidez entre os dois extratos preparados em meio salino: torta mecânica e semente com casca. Pode-se notar que o extrato TMS reduz a turbidez num percentual que tende a uma constancia em cada quantidade de extrato a ser analisado. Contudo, o extrato SCS apresenta uma quantificação bem mais definida, sendo as quantidades de 0,5 a 1,0 mL mais eficazes favorecendo a custo do processo.



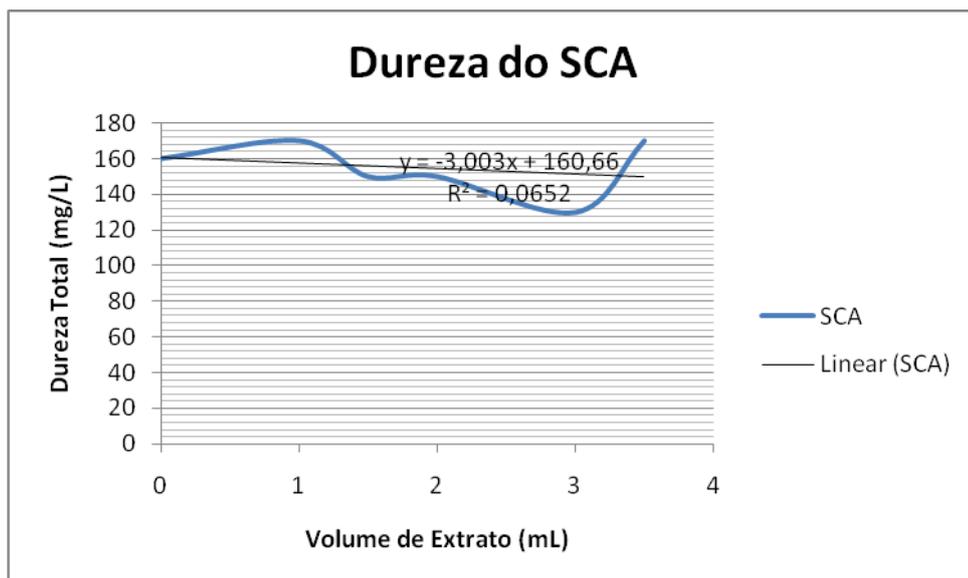
**Figura 02: Gráfico da Redução de Turbidez entre os extratos salinos**

Em relação à dureza de ambos os extratos variou-se na faixa de 204,20 mg/L a 240,24mg/L permanecendo invariável durante a quantificação, de acordo com a tabela 02.

Quantidade (mL)	TMS	SCS
0,5	204,20	240,24
1,0	204,20	220,22
1,5	204,20	220,22
2,0	204,20	220,22
2,5	204,20	220,22
3,0	208,20	220,22

Na quantificação para o extrato TMA que obteve uma redução percentual maior de dureza, pode analisar através da figura 03 com a quantificação do extrato por litro de água dura que a melhor faixa de coagulante é de 1,5 a 3,0 mL, podendo ser observado que antes e depois desta faixa a dureza da água aumenta do seu valor inicial. Neste último ensaio a água dura a ser tratada continha uma concentração em torno de 160,16 mg/L, notavelmente reduzida em relação a dureza dos ensaios anteriores, com o objetivo de verificar se o coagulante natural de moringa agiria com a mesma eficácia com águas de elevada dureza e de durezas medias.

De acordo com o ensaio realizado notou-se que o coagulante age melhor com águas de elevada dureza devido à capacidade da moringa em agregar partículas, pela presença da proteína catiônica, e a adição da argila em flocular, coagular e sedimentar melhor os sólidos solúveis.



**Figura 03: Gráfico da eficiência do extrato SCA**

Diante do observado a moringa demonstrou-se eficaz no tratamento de água dura, sendo o extrato aquoso o que mais reduz a dureza total e os extratos salinos excelentes em redução somente de turbidez, com bons percentuais.

## CONCLUSÕES

Diante do exposto foi verificado que o extrato de moringa para tratamento de água dura torna-se eficiente quando preparado em meio aquoso. Dentre todos os extratos inicialmente testados, o que mais se destacou na redução de dureza total foi o extrato com casca e com óleo, visto que a moringa opera num melhor desempenho na faixa entre 1,5 a 3,0 mL. Enquanto os extratos coagulantes salinos mostraram um excelente desempenho na redução de turbidez .

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BORBA, L. R. (2001), Viabilidade do Uso da Moringa oleifera Lam no Tratamento Simplificado de Água para Pequenas Comunidades. Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Paraíba. 92 f. (Dissertação de Mestrado).

BRASIL – Ministério da Saúde. Portaria 1.469 de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2001, n.14E, 19. Seção 1.

LAGGER, J.R.; MATA, H.T.; PECHIN, G.H. et al. La importancia de la calidad del agua en produccion lechera. Veterinaria Argentina, s.L., v.27, n.165, p.346-354, 2000.

NDABIGENGESERE A.; NARASIAH, S. K.. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with Moringa oleifera seeds. Environmental Technology, v.17, p.1103-1112, 1996.

OLIVEIRA, M.V.C.de , Princípios Básicos de Saneamento do Meio/ Mariá Vendramini Castrignano de Oliveira, Anésio Rodrigues de Carvalho. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2003.

PORETTI, M. Quality control of water as raw material in the food industry. Food Control, s.L., v.4, p.79-83, 1990.

SCHWARZ, D. Water clarification using Moringa oleifera.2000. Disponível em:<[http://www.deutschaethiopischerverein.de/Gate\\_Moringa.pdf](http://www.deutschaethiopischerverein.de/Gate_Moringa.pdf)>. Acesso em: 9 nov. 2006.

VON SPERLING, Marcos, Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. -3ed. – Belo Horizonte: Departamento de Higiene Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.