



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA  
COORDENAÇÃO GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS AMBIENTAIS

**Niedja Maria de Lima**

**APLICAÇÃO DA *Moringa oleífera* NO TRATAMENTO  
DE ÁGUA COM TURBIDEZ**

**Recife, 25 de Fevereiro de 2015**

**Niedja Maria de Lima**

**APLICAÇÃO DA *Moringa oleífera* NO TRATAMENTO  
DE ÁGUA COM TURBIDEZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais.

**Área de Concentração:** Desenvolvimento de Processos Ambientais

**Linha de Pesquisa:** Biotecnologia e Meio Ambiente

**Orientadora:** Profa. Dra. Arminda Saconi Messias

**Recife, 25 de Fevereiro de 2015**

LIMA, N.M. de

**Aplicação da *Moringa oleífera* no tratamento de água com turbidez, 2015.**

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria Acadêmica. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2015. 56 páginas.

1. Adsorção. 2. Coagulação. 3. Resíduo. 4. Clareamento. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Centro de Ciências e Tecnologia.

# **APLICAÇÃO DA *Moringa oleífera* NO TRATAMENTO DE ÁGUA COM TURBIDEZ**

**Niedja Maria de Lima**

**Examinadores:**

---

Profa. Dra. Arminda Saconi Messias  
Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Alves da Silva  
Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP  
(Membro Interno)

---

Profa. Dra. Yana Batista Brandão  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / UACSA  
(Membro Externo)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me permitir cumprir mais esta etapa da minha vida.

Aos meus familiares.

Aos colegas de turma pelos momentos agradáveis que desfrutamos.

Ao Prof. Dr. Valdemir Alexandre dos Santos pela colaboração.

À orientadora Profa. Dra. Arminda Saconi Messias.

Aos demais professores e toda a equipe do Curso.

Lima, N. M. Aplicação da *Moringa oleífera* no tratamento de água com turbidez.

*“Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo.”*

Paulo Freire

## RESUMO

Um dos grandes desafios para a Ciência é buscar processos metodológicos que reflitam direta ou indiretamente no ambiente, diminuindo o impacto ao meio e ao mesmo tempo, proporcionando o desenvolvimento desses processos. A água é, atualmente, um desses desafios, principalmente quanto à disponibilidade e ao padrão de qualidade microbiológico e físico-químico para consumo. Por causa desta problemática, é que o trabalho teve como objetivo utilizar sementes de moringa para redução da turbidez, por apresentar um biocoagulante que apresenta vantagens, quando se compara com os coagulantes químicos. A água foi coletada no rio Capibaribe, no município de Recife, Pernambuco, Brasil. Os parâmetros físico-químicos como pH, condutividade elétrica e turbidez foram determinados antes (pH=8,11; CE=8,35 mS/cm; turbidez=16,62 NTU) e após o tratamento. As concentrações do pó da *Moringa oleífera* foram 0, 50, 100, 200, 250 e 300 mg/200mL de água, relacionados com tempo de contato correspondente a 0,1, 2, 4 e 6 horas, sendo estes ajustados pelo planejamento experimental DCCR. Após os ensaios, o resultado obtido na remoção de até 100 % da turbidez foi com a concentração de 200 mg, com o tempo de sedimentação de 2 horas, comprovando a eficiência do biocoagulante presente na semente da *Moringa oleífera* para a clarificação da água. Antes e após os tratamentos foram determinadas turbidez, pH e condutividade elétrica. Os resultados foram analisados pela tabela ANOVA e o gráfico de Pearson que representavam respectivamente um nível de significância de 5 % e correlação entre as variáveis. Verificou-se que o tempo de sedimentação e o pH apresentou correlação de 0,63; e de turbidez com pH foi de 0,49. Os resultados observados nas fotomicrografias eletrônicas de varredura indicam melhoria da biossorrência de partículas dissolvidas.

**Palavras-chave:** Sementes de *Moringa*. Coagulante Biológico. Clareamento de água.

## ABSTRACT

One of the greatest challenges for science is searching for methodological processes which reflect directly or indirectly in the environment, decreasing the environmental impact and at the same time, providing the development of these processes. Water is currently one of those challenges, especially with regard to the availability and the pattern of physical-chemical and microbiological quality for consumption. Because of this problem, is that the work aims using moringa seeds to reduce turbidity, by presenting a biological coagulant that has advantages, when compared with the chemical coagulants. The water was collected in the Capibaribe River, in the municipality of Recife, Pernambuco, Brazil. The physical and chemical parameters such as pH, electrical conductivity and turbidity were determined before (pH=8.11; CE=8.35 mS/cm; turbidez= 16.62 NTU) and after treatment. The *Moringa oleifera* were 0, 50, 100, 200, 250 and 300 mg/200mL of water, related to contact time corresponding to 0.1, 2, 4, and 6:0, which are adjusted for planning experimental CCRD. After the tests, the result obtained in the removal of up to 100 of the turbidity was with the concentration of 200 mg, with the time of sedimentation 2:0, proving the efficiency of biological coagulant present in *Moringa seed oleifera* for clarifying the water. Before and after the treatments were determined turbidity, pH and electrical conductivity. The results were analyzed by ANOVA table and the chart of Pearson representing respectively a significance level of 5 and correlation between variables. It was found that the time of sedimentation and pH showed correlation of 0.63; turbidity and pH was 0.49. The results observed in the electronic scanning photomicrographs indicate improvement in the particle biological sorvente dissolved.

**Keywords:** Moringa Seeds. Biological Coagulant. Water whitening.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Rio Capibaribe na cidade do Recife, Pernambuco .....   | 16 |
| Figura 2 – Características das impurezas presentes na água.....   | 24 |
| Figura 3 – Fluxograma do processo do tratamento de água.....  | 25 |
| Figura 4 – <i>Moringa oleífera</i> com vagens e flores .....  | 31 |
| Figura 5 – Sementes da <i>Moringa oleífera</i> respectivamente com casca, sem casca e triturada.....        | 35 |
| Figura 6 – A estrutura da possível substância coagulante da semente da <i>Moringa</i> (glucosinolato) ..... | 36 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Composição química centesimal das sementes de <i>Moringa Oleífera Lam</i> .....   | 32 |
| Tabela 2 – Espécies mais comuns de <i>Moringa</i> de Ordem <i>Cappridales</i> e Família <i>Moringaceae</i> e sua distribuição pelo mundo ..... | 33 |

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                 | 12 |
| <b>2 OBJETIVOS</b> .....                  | 14 |
| 2.1 Objetivo geral .....                  | 14 |
| 2.2 Objetivos específicos .....           | 14 |
| <b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....      | 15 |
| 3.1 Rio Capibaribe .....                  | 15 |
| 3.2 Disponibilidade de Água Potável ..... | 17 |
| 3.3 Características da Água .....         | 17 |
| 3.3.1 Turbidez .....                      | 18 |
| 3.3.2 Condutividade elétrica .....        | 19 |
| 3.3.3 Potencial hidrogeniônico (pH) ..... | 20 |
| 3.4 Tratamento de Água .....              | 21 |
| 3.5 Clarificação da Água .....            | 25 |
| 3.6 Polieletrólitos .....                 | 27 |
| 3.7 Coagulantes Químicos .....            | 28 |
| 3.8 Coagulantes Biológicos .....          | 29 |
| 3.9 <i>Moringa oleífera</i> .....         | 30 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....                  | 39 |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....                  | 45 |
| Artigo submetido à Revista E-xacta .....  | 46 |
| <b>CAPÍTULO III</b> .....                 | 55 |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....         | 56 |

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUÇÃO

Saúde ambiental são todos aqueles aspectos da saúde humana, incluindo a qualidade de vida, que estão determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no ambiente. Também se refere à teoria e prática de valorar, corrigir, controlar e evitar os fatores citados do meio-ambiente que, potencialmente, possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras (RIBEIRO, 2004).

Através da história humana, os principais problemas de saúde enfrentados pelos homens têm tido relação com a vida em comunidade, por exemplo, o controle de doenças transmissíveis, o controle e a melhoria do ambiente físico (saneamento), a disposição de água e alimentos de boa qualidade e em quantidade, a provisão de cuidados médicos e o atendimento dos incapacitados e destituídos. A ênfase relativa colocada em cada um desses problemas tem variado de tempo a outro, mas eles estão todos inter-relacionados. (RIBEIRO, 2004).

As características geoambientais de uma região influenciam na disponibilidade hídrica da mesma e, a partir daí, pode-se estimar e comparar o volume de água disponível no mundo. No Planeta, estima-se que 97 % de água salgada e 3 % de água doce. Da água doce disponível, 68,7 % encontra-se em áreas congeladas e regiões polares, 29,9 % em reservatórios subterrâneos e 0,9 % estão presentes na umidade do solo, na biomassa e no vapor da atmosfera. Apenas 0,3 % aproximadamente do volume total de água doce da terra são de águas superficiais, presentes em rios e lagos, mais acessíveis ao uso humano (RODRIGUES; BATISTELA, 2013). O Brasil é detentor de 12 % da água doce do Planeta; desses, 72 % encontra-se na região amazônica e só 3 % na região nordeste.

O comprometimento da qualidade e da quantidade da água vem chamando a atenção da população e autoridades. Diversos sistemas aquáticos estão comumente contaminados por efluentes contendo uma elevada quantidade de substâncias, ocasionando alto índice de cor e turbidez e esta faz com que as partículas reflitam a luz impedindo o processo fotossintético no curso da água (VAZ, 2007).

De acordo com Cordeiro (2008), a potabilização das águas naturais para fins de abastecimento público tem como função principal tornar adequada a água bruta

que chega à estação de abastecimento, conforme o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde n. 518/2004. O tratamento de água consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias possivelmente prejudiciais à saúde humana, aos menores custos de implementação, operação e manutenção, gerando o menor impacto ambiental ao entorno.

O Ministério da Saúde publicou, em 2011, a Portaria n. 2914/11 dispondo os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ela indica os valores máximos permitidos de cada substância na água, considerando a concentração limite que poderia ser ingerida ao longo de toda a vida sem risco à saúde. A quantidade de substâncias químicas que a Portaria considera risco à saúde é no total de 87 substâncias (RIBEIRO, 2012). Ela definiu o padrão de turbidez da água filtrada, como indicador de remoção de protozoários, e dos parâmetros de controle da desinfecção, indicador da inativação de bactérias, vírus e protozoários.

Ainda de acordo com a Ribeiro (2012), o limite permitido da turbidez, após a filtração, pela Portaria 2914/11, foi reduzido de 1,0 (uma) Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU) para 0,5 NTU, cujo prazo para cumprimento desse valor pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs) é de quatro anos, após a publicação da Portaria em 12 de dezembro de 2011. Ainda relacionada à turbidez, outra exigência citada é que seja realizada uma determinação de turbidez para cada análise bacteriológica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Testar a eficiência da semente da *Moringa oleífera* na clarificação da água oriunda do Rio Capibaribe, no município de Recife, Pernambuco, Brasil, proporcionando o uso adequado pela comunidade do entorno.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Coletar e preparar as sementes de *Moringa oleífera* para o uso experimental;
- Identificar a melhor concentração de sementes de moringa para a clarificação de água com turbidez;
- Avaliar o melhor tempo de contato entre a moringa e a água;
- Determinar a turbidez, condutividade elétrica e pH, antes e após o tratamento;
- Caracterizar morfologicamente as sementes trituradas de moringa.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Rio Capibaribe

Segundo APAC (2014), Pernambuco possui bacias hidrográficas que apresentam duas vertentes: o rio São Francisco e o Oceano Atlântico. Aquelas que escoam para o rio São Francisco formam os chamados rios interiores sendo os principais: Pontal, Garças, Brígida, Terra Nova, Pajeú, Moxotó, Ipanema, além de grupos de pequenos rios interiores. As bacias que escoam para o Oceano Atlântico, constituem os chamados rios litorâneos, e os principais são: Goiana, Capibaribe, Ipojuca, Sirinhaém, Una e Mundaú e grupos de bacias de pequenos rios litorâneos (GL's).

Capibaribe vem da língua tupi e significa rio das Capivaras ou dos porcos selvagens. Foi na região ribeirinha do Capibaribe onde primeiro se consolidou a cultura da cana-de-açúcar no Nordeste, devido ao solo fértil e adequado para a agricultura canavieira; também nas suas margens desenvolveu a pecuária. O Capibaribe contribuiu para evolução do estado de Pernambuco, que não se deu apenas do centro para a periferia, mas também dos engenhos para o centro comercial. No século XIX, havia alguns locais no Recife, onde as pessoas tomavam banho no Capibaribe e veraneavam às suas margens (MACHADO, 2014).

O rio Capibaribe está localizado na porção norte-oriental do Estado de Pernambuco. A bacia do rio Capibaribe limita-se ao norte com o Estado da Paraíba, com a bacia do rio Goiana e com grupos de bacias de pequenos rios litorâneos. Ao sul limita-se com a bacia do rio Ipojuca e o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos. Ao leste com o Oceano Atlântico e o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos, e ao oeste, com o Estado da Paraíba e a bacia do rio Ipojuca (APAC, 2014).

Ainda segundo APAC (2014) o rio Capibaribe nasce na divisa dos municípios de Jataúba e Poção, passando por vários centros urbanos e servindo de corpo receptor de resíduos industriais e domésticos. A bacia do rio Capibaribe apresenta uma área de 7.454,88 km<sup>2</sup> (7,58 % da área do estado), abrangendo 42 municípios pernambucanos.

Na região metropolitana do Recife, é dividido em dois braços: o braço Sul, também chamado de braço morto devido aos inúmeros aterros que ocorrem na área, e que deságua na Bacia do Pina, e o braço Norte, em cuja desembocadura se encontra o Porto do Recife. O estuário do Rio Capibaribe é uma região altamente eutrofizada, devido ao excesso de nutrientes, atribuído principalmente aos esgotos domésticos, escoamento urbano e de regiões de cultivo de cana-de-açúcar. Outros indicadores biológicos, tais como coliformes fecais, demanda bioquímica de oxigênio - DBO e espécies indicadoras de poluição orgânica, também demonstraram que a qualidade da água deste estuário está comprometida, devido à elevada carga de poluição que recebe (NÓBREGA, 2011).

No percurso de Recife (Figura 1), o rio Capibaribe recebe carga de resíduos de uma população estimada em 430 mil habitantes devido ao crescimento urbano desordenado. Houve uma deterioração dos recursos ambientais que circundavam o rio, refletindo na qualidade de vida das populações ribeirinhas. Por conta dessa realidade, as águas que sugeriram o título de Veneza Brasileira ao Recife, assemelham-se a qualquer canal de esgoto existente no País (VIANA et al., 2008).

Figura 1 – Rio Capibaribe na cidade do Recife, Pernambuco



**Fonte:** [http://www.onordeste.com/onordeste/enciclopediaNordeste/index.php?titulo=Rio+capibaribe+Pernambuco&ltr=r&id\\_perso=5035](http://www.onordeste.com/onordeste/enciclopediaNordeste/index.php?titulo=Rio+capibaribe+Pernambuco&ltr=r&id_perso=5035). Acesso em 15 de dezembro de 2014.

### **3.2 Disponibilidade de Água Potável**

A sobrevivência de todas as espécies do planeta terra depende do recurso natural e essencial que é a água. Este recurso sofre com os efeitos relacionados ao rápido crescimento da população e, segundo o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), quase metade da população mundial não conta com serviço de saneamento básico e que uma em cada seis pessoas ainda não possui sistema de abastecimento de água adequado. Se essa realidade continuar, em 2050 mais de 45 % da população mundial não terão a cota mínima diária de 50 litros de água por pessoa. As principais causas da diminuição da água potável estão no crescente aumento do consumo, no desperdício e na poluição das águas superficiais e subterrâneas por esgotos domésticos e resíduos tóxicos provenientes da indústria e da agricultura. No Brasil, a oferta de água tratada reflete os contrastes no desenvolvimento dos seus Estados, pois o Sudeste atende 87,5 % dos domicílios, já o Nordeste a porcentagem é de apenas 58,7 % (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

### **3.3 Características da Água**

A água apresenta três características: as biológicas que são determinadas por exames microbiológicos para identificação e quantificação de microrganismos; as químicas que são caracterizadas pelo potencial de hidrogênio (pH), sua alcalinidade e acidez, dureza, cloretos e sulfatos, ferro e manganês, nitritos e nitratos, oxigênio dissolvido, compostos orgânicos. Já para as físicas e para as características organolépticas são consideradas a cor, turbidez, sabor, odor, temperatura e condutividade (CORDEIRO, 2008).

### 3.3.1 Turbidez

A turbidez, segundo Cordeiro (2008) é evidenciada pela presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, apresentando uma forte relação com a contaminação biológica.

Henning (2011) reforça esta informação quando afirma que a turbidez pode causar sérios danos à saúde, principalmente quando é antropogênica, pois nas partículas agregam-se os microrganismos causadores de diversas doenças de veiculação hídrica e compostos tóxicos.

Segundo o Ministério da Saúde (2006), a turbidez é uma característica da água devido à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. É expressa pela interferência da passagem de luz através do líquido sendo medida no turbímetro ou nefelômetro e expressa em unidade nefelométrica de turbidez (NTU).

Por isso a turbidez é uma expressão da propriedade óptica que faz com que a luz, através da amostra, seja espalhada e absorvida e não transmitida em linha reta. A clareza de um corpo d'água natural é um dos principais determinantes de sua condição e produtividade (PARRON, 2011).

A turbidez dos corpos d'água pode ser ocasionada pela erosão das margens dos rios em estações chuvosas, decorrente do mau uso do solo, como a falta de fixação da vegetação no mesmo. Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais e atividades de mineração também provocam elevações na turbidez das águas. A primeira causa mostra o caráter sistêmico da poluição, quando no ambiente ocorre inter-relações ou transferência de problemas de um para outro, como do solo para água (PIVELI; KATO, 2006).

As águas brutas dos mananciais superficiais apresentam variações em sua turbidez entre períodos de chuva e estiagem e quando está represada a turbidez se reduz devido à sedimentação das partículas. Na água bruta, ela é considerada um dos principais parâmetros de seleção de tecnologia de tratamento e de controle dos processos de tratamento (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Quando a presença da turbidez provoca a redução de intensidade dos raios luminosos que penetram no corpo d'água, influi nas características do ecossistema

presente, e quando as partículas sedimentam-se, formam bancos de lodo onde a digestão anaeróbia leva à formação de gases metano e gás carbônico, principalmente, além de nitrogênio gasoso e do gás sulfídrico, que é malcheiroso. (PIVELI; KATO, 2006). A elevação dessa variável desequilibra a cadeia trófica, causando modificações nos ciclos biodinâmicos, interferindo na velocidade e na intensidade da ação fotossintética sendo prejudicial aos peixes (ALCÂNTARA, 2006).

Os mananciais que são mais vulneráveis às fontes de contaminação e susceptíveis a variações sazonais de qualidade da água são respectivamente os mananciais superficiais, o lençol não confinado (freático) e confinado (artesiano). Já com relação a partículas em suspensão (turbidez) e organismos patogênicos sedimentáveis (por exemplo, protozoários), as águas superficiais represadas, lagos naturais ou barragens em geral, apresentam melhor qualidade que as águas correntes; porém, podem eutrofizar acentuando a cor por causa da proliferação de algas e cianobactérias. As mais protegidas são as águas subterrâneas, pois só estão sujeitas a fontes de poluição/contaminação naturais, decorrentes das características do solo, tais como ferro, manganês, arsênico e fluoretos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Na água filtrada, a turbidez é considerada um indicador sanitário, sua remoção por meio de filtração indica a remoção de partículas em suspensão, cistos e oocistos de protozoários. A remoção de protozoários é considerada internacionalmente pela United States Environmental Protection Agency (USEPA), Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Segundo OMS (1995), a pré-desinfecção da água precedida ou não de filtração, tem na turbidez um parâmetro de controle da sua eficiência já que as partículas em suspensão podem proteger os microrganismos da ação do desinfetante. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

### **3.3.2 Condutividade elétrica**

A concentração de íons dissociados em um sistema aquoso é medida pela condutividade elétrica (CE) da água que indica a capacidade desta em conduzir

corrente elétrica. Esse parâmetro não discrimina os íons presentes em água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras. Se o valor da condutividade for elevado provavelmente indica grande emissão de esgoto doméstico no local. Tais despejos, provenientes em sua maioria de residências, compõem-se basicamente de urina, fezes, restos de alimentos, sabão, detergentes e águas de lavagem, contendo elevada quantidade de matéria orgânica, que contribuem para a entrada, no corpo d'água, de espécies iônicas como cálcio, magnésio, potássio, sódio, fosfatos, carbonatos, sulfatos, cloretos, nitratos, nitritos e amônio, dentre outras (ZUIN; LORIATTI; MATHEUS, 2009).

A Condutividade Elétrica é expressa em microSiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). As águas naturais apresentam valores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Um corpo d'água rico em compostos húmicos e com pH baixo pode apresentar altos valores de condutividade elétrica, quando poluído por esgotos domésticos ou industriais e os teores podem chegar até 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (SILVA, 2012).

### 3.3.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH expressa a concentração de íons hidrogênio, o seu valor para água pura a 25 °C é igual a 7,0 e varia entre 0,0 e 7,0, em meio ácido, e entre 7,0 e 14,0 em meio alcalino. Naturalmente é alterado por dissolução de rochas, fotossíntese ou de por forma antropogênica através dos despejos domésticos e industriais. É importante para o ambiente, já que as reações químicas são intensamente afetadas pelo seu valor (SILVA, 2012).

De acordo com Zuin, Loriatti e Matheus (2009) o pH é um importante parâmetro que pode fornecer indícios do grau de poluição, o metabolismo de comunidades ou ainda impactos em um ecossistema aquático. As águas naturais apresentam um pH entre 4 e 9, influenciado pela dissolução de  $\text{CO}_2$ , que origina baixos valores de pH. Em geral, quando o pH aproxima-se de 9 é porque ocorreu a retirada de gás carbônico das águas por algas no processo de fotossíntese.

### 3.4 Tratamento de Água

Segundo o IBGE (2010), 15,64 % da população residem no meio rural, o que representa um total de aproximadamente 5,5 milhões de famílias (DATASUS, 2012). Porém, só menos da metade tem acesso ao serviço público de abastecimento (2.174.414 famílias), o restante é abastecida por poços e/ou nascentes, e quase 700 mil por outros tipos de abastecimento. Do total de família rural só 3,45 milhões de famílias utilizam água tratada através da filtração e/ou fervura e/ou cloração, e 2.049.236 famílias não utilizam nenhum tipo de tratamento para suas águas. A partir dessa realidade, se faz necessário o uso de tecnologias simples e de baixo custo que possam ser aplicadas no tratamento dessas águas. A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) oferece uma alternativa simples e eficiente: o hipoclorito de sódio para a desinfecção de águas mais claras. Já a água advinda de barreiros, cacimbas e similares, por apresentar elevada turbidez, na linguagem informal, chamada de água “barrenta” não poderão utilizar só este processo (HENRIQUES et al., 2012).

Tratamento de água consiste em aplicação de técnicas que possam torná-la potável. De acordo com a Portaria 518/04, água potável é a água destinada para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde. Os objetivos do tratamento são de ordem sanitária quando se trata da remoção de organismos patogênicos e das substâncias químicas que representam risco à saúde; de ordem estética e organoléptica quando trata da remoção da turbidez, cor, odor e gosto; e, de ordem econômica quando busca eliminar a corrosividade, dureza e ferro. Os padrões estéticos citados estão ligados ao padrão de aceitação para o consumo humano, no intuito de evitar a rejeição ao uso (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

O padrão de potabilidade brasileiro é composto pelo padrão microbiológico; padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção; padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); padrão de radioatividade e padrão de aceitação para consumo humano. A aferição da potabilidade da água deve atender aos valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos para cada parâmetro. Vale salientar, que estes padrões de

potabilidade não se aplica às águas envasadas ou destinadas a outros usos específicos como água para hemodiálise (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Na maioria dos países em desenvolvimento, a água utilizada para o consumo humano e para o uso doméstico é captada dos rios, que geralmente apresentam uma turbidez elevada, devido à presença de uma grande quantidade de material sólido em suspensão, principalmente em época chuvosa, bactérias e outros microrganismos. Por isso, se faz necessário uma máxima remoção desses materiais para que a água seja consumida com segurança. O processo de remoção é feito pela adição de coagulantes químicos, dentro de uma sequência de tratamento controlado (PATERNIANI, 2009).

Na resolução CONAMA n. 357 (2005) só as águas doces de Classe 4 não podem ser utilizadas em Estação de Tratamento de Água (ETA); porém, se considerar a tecnologia, a água de qualquer qualidade pode ser transformada em água potável; o que implica neste processo são os custos envolvidos.

Segundo o Art. 4 da resolução CONAMA de n.357 (2005) as águas doces são classificadas em:

- a) **Classe especial:** quando destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- b) **Classe 1:** quando destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme resolução CONAMA n. 274 (2000); à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em terras Indígenas.
- c) **Classe 2:** quando destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme resolução CONAMA n. 274 (2000); à irrigação de hortaliças, plantas

frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

- d) **Classe 3:** quando destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferos e forrageiros; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.
- e) **Classe 4:** quando destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

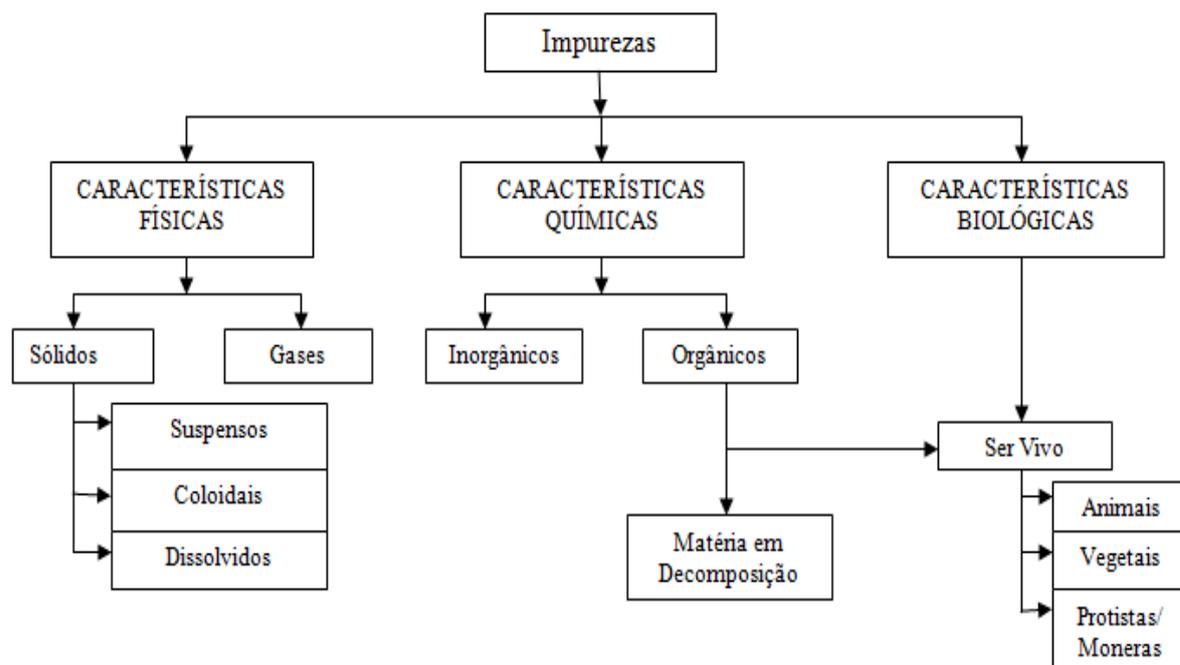
O abastecimento público de água do Brasil utiliza para tratamento da mesma, o coagulante químico sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), por ser um coagulante eficiente e de baixo custo. Sua utilização em áreas mais distantes, por causa do seu transporte, deve atender às normas de segurança. Outro problema é o lodo gerado no tratamento de água para uso potável, pois o alumínio se agrega aos flocos e sedimenta junto com eles gerando resíduos com presença de metais, o que não é muito favorável para o meio-ambiente. Caso a presença do metal alumínio seja alta, pode acarretar problema na saúde pública. Este fato pode acelerar o processo degenerativo do Mal de Alzheimer. Além disso, a utilização de sais de alumínio proporciona consumo da alcalinidade da água em tratamento, acarretando custos adicionais com produtos químicos: a cal hidratada ( $\text{CaO}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ) ou carbonato de sódio ( $\text{CaCO}_3$ ) utilizados na correção do seu pH (LO MONACO et al., 2010).

Por causa das impurezas presentes na água bruta e subprodutos provenientes das substâncias químicas, que são utilizados para torná-la potável, ocorre a geração de resíduos. Esses resíduos apresentam características e propriedades diversas e geralmente desconhecidas, dificultando a solução do problema. Nas ETAs de tratamento de ciclo completo são o lodo de decantadores e a água de lavagem de filtros (ALAF) considerados como principais resíduos. Os possíveis contaminantes como os metais pesados, alumínio, ferro e manganês, além dos biológicos são os resíduos gerados pela ETA durante a lavagem de filtro (OLIVEIRA; BARCELO; COLARES, 2012). O lodo é definido como resíduo sólido, e, portanto, deve estar em consonância com os preceitos da Lei 12.305/2010, Artigo 3º, inciso XVI (BRASIL, 2010) e da série de normas NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004). Apesar da Legislação, o Brasil lança os lodos gerados nos decantadores em corpos

d'água mais próximos sem tratamento prévio, causando problemas ambientais. A implantação de sistemas de tratamento de água está sujeita ao licenciamento ambiental, conforme a resolução 237 de 19 de dezembro de 1997 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), conforme Brasil (1997) e Achon, Barroso e Cordeiro (2013).

Segundo suas características básicas (Figura 2) as impurezas presentes na água podem ser divididas em Químicas, Físicas e Biológicas. As principais impurezas encontradas nas águas superficiais são: sólidos dissolvidos em forma ionizada, gases dissolvidos, compostos orgânicos dissolvidos e matéria em suspensão, tais como, microrganismos (bactérias, algas e fungos) e colóides. Grande parte destas impurezas apresenta suspensão estável por longos períodos de tempo (FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011).

Figura 2 – Características das impurezas presentes na água



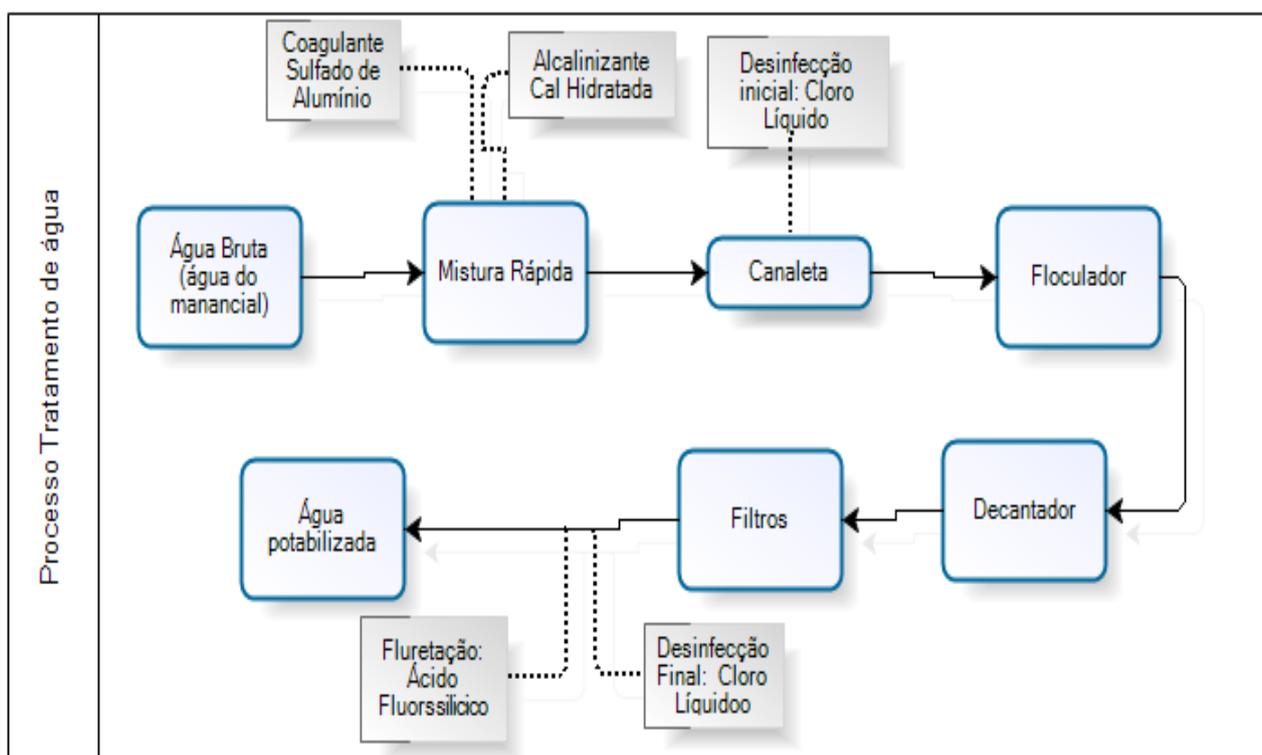
Fonte: von Sperling (1996).

A tecnologia de tratamento de água (Figura 3) mais empregada no Brasil é a do tratamento em ciclo completo, sendo a coagulação química, uma das primeiras etapas pelas quais a água passa durante o tratamento. O bom funcionamento da coagulação química está diretamente relacionado ao sucesso das etapas

posteriores do tratamento de água, sendo, portanto, etapa de extrema importância para o tratamento (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

No tratamento em ciclo completo, a água bruta deverá ser submetida à coagulação, floculação, decantação e filtração antes das operações de desinfecção, fluoretação e correção do pH. Logo após todos esses processos é realizado o acondicionamento final e distribuição. De acordo com a qualidade da água bruta, esse processo pode ou não ser precedido de pré-tratamento (VUITIK; MALKOWSKI; WIECHETECK, 2010).

Figura 3 – Fluxograma do processo do tratamento de água



Fonte: Oliveira (2014).

### 3.5 Clarificação da Água

O processo de clarificação de água é compreendido pelas operações unitárias de coagulação, floculação, decantação e filtração, onde os sólidos suspensos na água são removidos, sendo necessário trabalhar em conjunto com as cargas das

partículas, neutralizando as negativas para se obter um resultado satisfatório da sedimentação (FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011).

A aplicação de coagulantes é considerada uma etapa importante no tratamento da água, pois além de ser responsável em remover o aspecto turvo da água está relacionada com os parâmetros físico-químicos básicos: turbidez, pH e alcalinidade da água bruta (FRANCO, 2009).

Geralmente não é possível obter água totalmente clarificada apenas pelo uso da coagulação/floculação/sedimentação, é necessário complementar o tratamento com uma etapa de filtração (MORETI et al., 2013).

Os termos coagulação e floculação são utilizados como sinônimos, uma vez que ambos significam o processo integral de aglomeração das partículas. Mas pode-se dizer que a coagulação é o processo pelo qual o agente coagulante é adicionado à água, reduzindo as forças que tendem a manter separadas as partículas em suspensão, e a floculação é a aglomeração dessas partículas por meio de transporte de fluido, de modo a formar partículas maiores que possam sedimentar (RITCHER; AZEVEDO NETTO, 2003).

As partículas possuem cargas elétricas em sua superfície, criando uma barreira repulsiva entre elas. Quando essas partículas coloidais se aproximam, devido ao movimento browniano que as mantém em constante movimento, atua sobre elas forças de atração (forças de van der Waals) e forças de repulsão (devido à força eletrostática ou da dupla camada elétrica), segundo Ritter (2013). Daí se faz necessário à adição de uma substância coagulante para desestabilizar as cargas e agregar as partículas sólidas presentes na água.

A floculação faz parte de uma das operações da clarificação constituindo um conjunto de fenômenos físicos para que seja reduzido o número de partículas suspensas e coloidais na massa líquida. Este processo pode ser realizado por dois tipos de movimentos das partículas: o movimento browniano chamado de pericinética ou o movimento que se dá por gradiente de velocidade gerado por floculação hidráulica ou floculação mecânica chamado de ortocinética (SILVA, 2012).

O processo de sedimentação é a operação de separação sólido-líquido baseada na diferença entre as concentrações das fases presentes na suspensão

que está sujeita à ação do campo gravitacional. Para que ocorra o processo da sedimentação, leva-se em conta a natureza granulométrica das partículas, onde a esfericidade e o diâmetro aumentados promovem a aglomeração da fase particulada por meio da técnica da coagulação que reduz o potencial Zeta permitindo que ela se aglutine na etapa de floculação formando aglomerados (CREMASCO, 2012; RITTER, 2013).

A adsorção é um fenômeno que envolve processos mais utilizados para remoção de compostos poluentes em efluentes, sendo bastante eficaz em soluções líquidas. Dependendo da interação entre adsorvato e adsorvente, a adsorção pode ser química ou física. Na química ocorre troca de elétrons, formam-se ligações relativamente fortes entre o sólido e a molécula adsorvida, que dependendo pode ser irreversível. Já na física é causada por forças que envolvem as moléculas, através de dipolos permanentes ou induzidos ocasionando uma atração superficial chamada de atração de Van der Waals; nesta o processo é reversível, pois preserva a identidade das espécies envolvidas (ALMEIDA, 2010)

No processo de filtração, ocorre a separação mecânica entre a fase particulada e fluida de uma suspensão, utilizando o meio poroso (filtro) que retém a fase particulada e é permeável à fase líquida (fluida) que, ao ultrapassar o filtro passa a ser chamado de filtrado (CREMASCO, 2012; RORATO, 2013).

### **3.6 Polieletrólitos**

Quando a coagulação/floculação é realizada por polieletrólitos, não há reações de neutralização entre o coagulante e a água para formar complexos gelatinosos, como ocorre com os coagulantes derivados de sais de alumínio e ferro. Isso ocorre porque esses polieletrólitos são constituídos de complexos de grandes cadeias moleculares, que apresentam sítios com cargas positivas ou negativas, com grande capacidade de adsorção de partículas ao seu redor. Assim, esse tipo de coagulação/floculação praticamente independe da alcalinidade da água, podendo ocorrer numa grande faixa de valores de pH - entre 4,0 e 12,0 (CARDOSO, 2008).

Os polieletrólitos podem ser orgânicos ou inorgânicos, naturais ou sintéticos, tendo uma estrutura química polimerizada e cadeias carbônicas grandes formadas

por unidades repetidas, formando macromoléculas. Os pesos moleculares dessas cadeias vão de 5.000 a 10.000.000 de unidades, cujas cadeias carbônicas apresentam alguns pontos com deficiência ou excesso de cargas elétricas, ou seja, com pontos positivos ou negativos (BORBA, 2001; LENHARI, 2010).

### 3.7 Coagulantes Químicos

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) empregam como coagulantes químicos os sais de alumínio e ferro trivalentes. O alumínio apresenta um risco à saúde pública, pois sua presença na água para o consumo humano pode ocasionar o Mal de Alzheimer; além disso, pode causar problemas ambientais pela formação de lodos, no processo de sedimentação das partículas floculadas. Existe uma preocupação da comunidade científica, nessas últimas décadas, com a presença de alumínio residual, presente nas águas das ETAs e a ligação deste fato na formação de turvação no final do tratamento, prejudicando a etapa da desinfecção e provocando a incidência de doenças neurológicas, como a neurodegeneração, encefalopatia, demência dialítica e alterações neurocomportamentais (ROSALINO, 2011).

Mais de dois milhões de crianças morrem por causa de diarreia, que é causada por polímeros orgânicos sintéticos, como a acrilamida, e o alumínio é considerado um fator de envenenamento em diálise. Os países em desenvolvimento pagam um alto custo para importar produtos químicos, incluindo policloreto de alumínio que são utilizados para reduzir a turvação da água em todos os países (YARAHMADI, 2009).

Ainda de acordo com Rosalino (2011), outra etapa importante no processo de desinfecção para a inativação da grande maioria dos organismos patogênicos é a utilização do agente químico cloro. Porém, este e outros compostos oxidantes, podem reagir com a matéria orgânica das águas de mananciais superficiais formando outras substâncias prejudiciais à saúde, pois são altamente tóxicos carcinogênicos e mutagênicos. Essas substâncias são os trihalometanos (THM), ácidos haloacéticos (HAA) e haloacetoneitrilas (HAN), entre outros. Dos THM as substâncias mais comuns na água proveniente das ETAs são clorofórmio ou triclorometano ( $\text{CHCl}_3$ ), bromodiodorometano ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ), dibromodiodorometano

(CHClBr<sub>2</sub>) e bromofórmio ou tribromoetano (CHBr<sub>3</sub>). Por estes motivos torna-se importante o estudo para redução desses subprodutos, após o tratamento nas ETAs. Existem duas condições para diminuir a formação dessas substâncias: uma é reduzir a matéria orgânica antes da desinfecção e outra é reduzir os THMs após o processo através da adsorção.

Conforme Miranda (2007), o processo de coagulação-floculação tem por objetivos remover: a turbidez orgânica ou inorgânica que não sedimenta rapidamente, a cor verdadeira e aparente, eliminar bactérias, vírus e organismos patogênicos susceptíveis de serem separados por coagulação; destruir algas e plâncton em geral e remover fosfatos, os quais servem como nutrientes para o crescimento de algas; eliminar substâncias produtoras de sabor e odor e de precipitados químicos. Quando a coagulação-floculação não é promovida adequadamente acarreta os seguintes prejuízos ao tratamento de água: o consumo excessivo de produtos floculantes; a diminuição de rendimento da ETA devido à obstrução nos filtros ocasionada por flocos de baixa velocidade de sedimentação; maior número de lavagens dos filtros, representando maior consumo de água e energia para esse fim e o aumento nas perdas de água na produção (MIRANDA, 2007).

### **3.8 Coagulantes Biológicos**

A utilização de coagulante natural produzido no local e com baixo custo financeiro, pode proporcionar atenuação nos problemas ligados ao consumo de água não potável e despejos de águas residuárias, sem tratamento, em corpos hídricos receptores. Os coagulantes/floculantes naturais têm demonstrado vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais (LO MONACO et al., 2010).

Os polímeros naturais, como os amidos de mandioca, de araruta e de batata, têm tido seu uso comprovado como auxiliares de floculação e/ou de filtração. Além dos amidos, que são largamente empregados como auxiliares de floculação e/ou filtração, é possível citar outros biopolímeros que podem ser empregados com a

mesma finalidade, como o quiabo, a moringa, a goma guar e a goma xantana (SCARIOTTO, 2013).

Uma das pesquisas realizadas é a utilização de biopolímeros da semente da *Moringa oleífera*, no processo de tratamento da água, pois promove a coagulação da matéria orgânica com fração menor do que a dos coagulantes químicos, diminuindo a formação do lodo, não alterando o pH da água, diminuindo a turbidez e a cor, contribuindo também para a remoção de até 90 % das bactérias, pois, maior parte delas encontra-se agregadas as partículas disseminadas na água, com isso diminuindo a quantidade de cloro no processo de desinfecção, tornando o processo biodegradável (PATERNIANI, 2009; SANTOS, 2011 e 2013).

Yarahmadi et al. (2009) mostram experimentalmente, quando compararam a eficiência de coagulação do cloreto de alumínio e do extrato da semente da moringa, que o pH final da amostra da água não foi alterado com o extrato da moringa, já o cloreto de alumínio provocou a redução do mesmo.

### **3.9 *Moringa oleífera***

A árvore da *Moringa oleífera* (Figura 4) apresenta as seguintes principais características botânicas, de acordo com Santos (2010):

- Folhas bipenadas com sete folíolos pequenos em cada pina, de cor verde pálida, decíduas alternadas, perfoliada e compostas;
- Flores relativamente grandes, diclamídeas, monoclinas, perfumadas de cores creme ou branca;
- Frutos em forma de vages pendulares de cor verde a marrom esverdeada, de forma triangular, sendo deiscente, de 30 a 120 cm, contendo de 10 a 20 sementes globóides, escuras por fora contendo massa branca e oleosa no seu interior;
- A madeira apresenta casca espessa, mole e reticulada, de cor pardo-clara externamente e, internamente, cor branca com lenho mole,

poroso, amarelado e com presença de látex. Com grande quantidade de mucilagem, rica em arabinose, galactose e ácido glucurônico;

- A raiz assemelha-se, tanto pela aparência como pelo sabor, ao rabanete.

Figura 4 – *Moringa oleífera* com vagens e flores



**Fonte:** <https://www.flickr.com/photos/johnmedcraft/5615548591>. Acesso em: 15 de dezembro de 2014.

A moringa (Tabela 1) é uma das árvores mais úteis para o ser humano, pois quase todas as suas partes são aproveitadas. Foi utilizada em pomadas medicinais, no antigo Egito, na produção de sabão através das sementes, que possuem 27 % a 40 % de óleo não volátil, na primeira guerra mundial, e vem sendo utilizada também como alimento (SANTOS, 2011).

Tabela 1 – Composição química centesimal das sementes de *Moringa oleífera* Lam.

| COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, g | SEMENTE (100 g) |
|--------------------------|-----------------|
| Umidade                  | 3,27            |
| Cinzas                   | 3,09            |
| Proteínas                | 25,14           |
| Lipídeos                 | 22,17           |

**Fonte:** Adaptado de Oliveira (2009).

Nas Filipinas, as folhas da *Moringa oleífera* são usadas em sopa. As flores, folhas e raízes são usadas em remédios populares para os tumores, e as sementes são utilizadas para tratamento de tumores abdominais. Sua casca apresenta uma goma avermelhada, usada para diarreia. As raízes de *Moringa oleífera* de sabor amargo são usadas como tônico para o corpo e os pulmões, sendo expectorante. O chá de folha é utilizado para o tratamento de úlceras gástricas e diarreia. As sementes são utilizadas, pelas suas propriedades antibióticas e anti-inflamatórias, para tratar artrite, reumatismo, gota, câibras, doenças sexualmente transmitidas e como um relaxante de epilepsia (RAHMAN, 2010).

Entre as espécies de plantas testadas em todo mundo, que clarificam águas “in natura”, algumas apresentaram grande capacidade nesse processo. São as espécies da família das *Moringaceae* (Tabela 2) principalmente as espécies *Moringa oleífera* Lam. e a *Moringa stenopetala*. Das 14 espécies conhecidas dessa família, sete delas são muito raras e sete têm sido encontradas em diversos países da Ásia, África e América Latina. A *Moringa oleífera* Lam. é a espécie mais divulgada da família das *Moringaceae*, já se espalhou por todo mundo, principalmente em países de clima tropical como o Brasil. Na região Nordeste a *Moringa oleífera* é conhecida como Lírio Branco; outro nome popular dessa planta no Brasil é Quiabo de Quina (BORBA, 2001).

Em diferentes países do continente Asiático, Africano e Sul - Americano, várias plantas têm sido utilizadas como coagulante natural. O gênero *Moringa* da família Moringácea, e especialmente as espécies *Moringa oleífera* e *Moringa stenopetala*, destacam-se como uns dos mais promissores. A *Moringa oleífera* é uma árvore de origem indiana e se tornou pantropical, ou seja, habita qualquer

Região dos trópicos. A *Moringa stenopetala* é originária da Etiópia (GALLÃO, 2006). A árvore da *Moringa oleífera* tem um crescimento rápido, podendo alcançar 12,0 metros de altura. No primeiro ano, chega a ter 4,0 metros, podendo até frutificar. Não suporta baixas temperaturas, tendo um desenvolvimento ideal na faixa entre 24 a 30 °C. A propagação da espécie pode ser feita através de sementes, mudas ou estacas, não apresentando exigências específicas para o tipo de solo onde será cultivada a não ser a impossibilidade de desenvolver em solos encharcados (GALLÃO, 2006).

Tabela 2 – Espécies mais comuns de *Moringa* de Ordem *Cappridales* e Família *Moringaceae* e sua distribuição mundial

| ESPÉCIES                   | DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL            |
|----------------------------|---------------------------------|
| <i>Moringa oleífera</i>    | Pantropical                     |
| <i>Moringa concanensis</i> | Índia                           |
| <i>Moringa peregrina</i>   | Egito, Sudão, Península Arábica |
| <i>Moringa stenopetala</i> | Etiópia, Quênia                 |
| <i>Moringa longituba</i>   | Somália                         |
| <i>Moringa ovalifolia</i>  | Namíbia                         |
| <i>Moringa drouhardii</i>  | Madagáscar                      |

Fonte: adaptado de Borba (2001).

Na Índia, chegou-se a calcular uma produção de 1.000 até 1.600 vagens por árvore, onde o número de sementes por vagens oscila entre 10 e 20. Estimção da produção anual de sementes se for baixo é de 1,5 a 2.000 sementes/planta; se for elevado é de 20 a 24.000 sementes/planta. Porém, esses valores podem ser variados dependendo do país, clima e o manejo da árvore. Considerando que uma família utilize 10.000 litros de água anualmente e que o necessário para clarificar 1 (um) litro seria, em média, uma semente por litro, seriam necessários 10.000 sementes para cada família durante um ano. No Sertão, haveria a necessidade de cinco árvores por família e no Agreste de duas árvores por família (ALMEIDA NETO, 2013).

A produção de sementes da *Moringa oleífera* ocorre durante todo período do ano e pode chegar a uma quantidade de 3.000 kg para cada hectare plantado. Isto

implica na capacidade de tratar 30 milhões de litros de água ou efluente com turbidez acima de 100 NTU (ZAMPERO, 2011).

Desde 1950 que o Brasil conhece a *Moringa oleífera*, que foi introduzida pela Secretaria de Agricultura do Estado do Maranhão, que importou das Filipinas (ALMEIDA, 2010). A cultura da moringa vem sendo difundida em todo o semiárido nordestino, devido a sua utilização no tratamento de água para uso doméstico; porém, o uso de coagulantes naturais para clarificar água não é uma idéia nova, pois Ndabigengesere e Narasiah (1996) indicam as sementes de *Moringa oleífera* como uma alternativa viável de agente coagulante em substituição aos sais de alumínio, que são utilizados no tratamento de água em todo o mundo (OLIVEIRA, 2009).

As sementes quando comparadas às folhas, vagens e cascas, apresentam melhor potencial de coagulação/floculação. Ainda de acordo com resultados experimentais, as proteínas ativas estão contidas apenas nas sementes. Vale ressaltar, que o ideal é utilizar sementes colhidas recentemente, a fim de garantir a eficácia do tratamento de água, pois a eficiência de coagulação diminui com o passar do tempo de armazenamento das sementes. Entretanto, são consideradas altamente ativas pelo fato de produzirem altas reduções na turbidez da água bruta por um período máximo de 18 meses, diminuindo seu potencial significativamente e tornando-se ineficiente após 24 meses, especialmente para água bruta com turbidez inferior a 100 NTU (VALVERDE et al., 2014).

As sementes, dependendo das condições de fertilidade de solos, entram em fase de germinação em até nove dias após sua plantação. Recomenda-se que haja uma poda anual entre 1,5 e dois metros de altura, após cada colheita, pois, assim, evita-se o crescimento excessivo da planta facilitando o colhimento das sementes, que pode ser feita até três colheitas por ano. Vale ressaltar que após três meses de colhimento as sementes perdem o poder germinativo. Quando ocorre a primeira colheita, o desenvolvimento das plantas se torna mais rápido passando a ocorrer a cada 35 dias. As folhas dos galhos podados que seriam descartadas durante a colheita são usadas para produzir o pó seco, rico em proteína, ômega 3 óleo, utilizados como componente de proteína da ração animal (JESUS, 2013).

As sementes de *Moringa oleífera* (Figura 5) contêm proteínas com baixo peso molecular; quando seu pó é dissolvido em água adquirem carga positivas, que atraem partículas negativamente carregadas tais como, argilas e siltes, formando

flocos densos, que sedimentam. Paterniani (2009) afirmou que o coagulante à base de sementes de moringa, por ser de origem natural, possui significativa vantagem, quando comparado ao coagulante químico, sulfato de alumínio, principalmente para pequenas comunidades uma vez que pode ser preparado no próprio local.

Figura 5 – Sementes da *Moringa oleífera* respectivamente com casca, sem casca e triturada



Fonte: A autoria própria (2014).

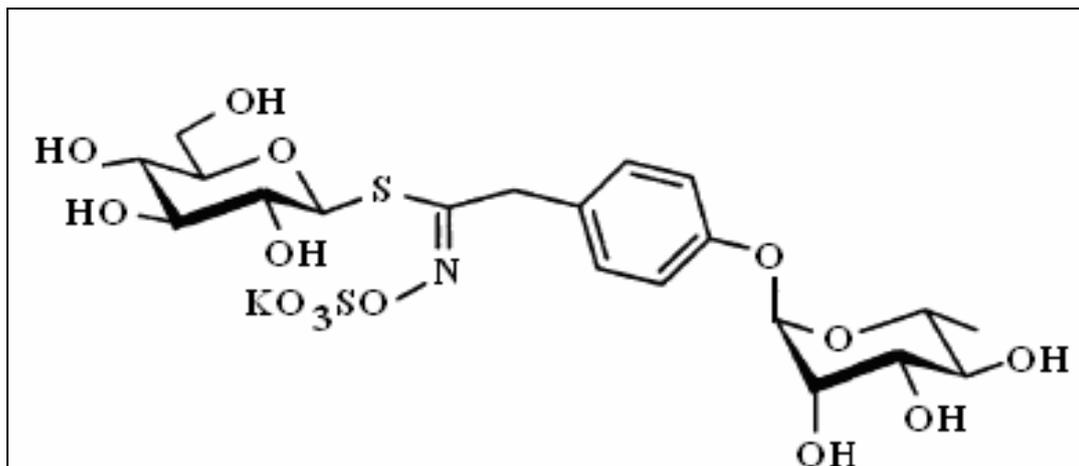
A proteína das sementes de moringa é o composto de maior importância no processo de clarificação da água. É relatado em *M. oleífera* a presença de uma proteína catiônica dimérica de alto peso molecular, que desestabiliza as partículas contidas na água que, através de um processo de neutralização e adsorção, floculam os colóides que, em seguida, sedimentam (GALLÃO, 2006).

Através de testes fitoquímicos e estudos espectrais, observou-se a presença de um glicosídeo esteroide strophantidin como um agente bioativo na semente. As sementes de moringa contêm entre oito e 10 % de glucosinolatos (Figura 6), que são uma classe homogênea de combinações de tioacarídeos naturais (ESNARRIAGA, 2010).

Nos cotilédones das sementes são encontradas substâncias ativas possuindo três componentes principais: os “ben-oils” – floclulantes – que são polipeptídios (proteínas), substâncias ainda não claramente identificadas; e a substância antimicrobiana (4) LRhamnosyloxybenzylisothiocyanate (RI)), que no

processo de purificação da água pode reduzir a carga bacteriana em até 97 % em pouco tempo (ALMEIDA NETO et al., 2008).

Figura 6 – A estrutura da possível substância coagulante da semente da Moringa (glucosinolato)



Fonte: Gueyrard et al. (2000).

Até o momento, através de estudos realizados, a moringa não apresenta riscos à saúde, ocasionando efeitos secundários ao homem quando utilizada em baixas doses no processo de clarificação e diminuição da turbidez da água, não apresentando sintomas tóxicos quando dos inúmeros usos (VALVERDE et al., 2013).

Existem vantagens em utilizar o coagulante proveniente das sementes da *Moringa oleífera*, pelas variedades de produtos úteis extraídos como: óleo, ração animal e fertilizante proveniente dos sólidos residuais e das cascas que ao serem ativadas servem de material adsorvente. Ainda existe um valor agregado ao cultivo da espécie, quando da farinha obtida da semente poder ser extraído o óleo e ainda ser utilizada na clarificação da água (SILVA, 2012).

Em recentes estudos, a moringa foi considerada como uma importante fonte de extração de ácido oleico, que varia de 75 % a até mais de 80 %, indicando que é adequado para a produção do biodiesel. Isto porque possui grande estabilidade oxidativa, por apresentar ausência de ligações duplas conjugadas, sendo superior

ao biodiesel de soja nesse quesito. Tal propriedade facilita o transporte e o armazenamento do biodiesel (ARANDA, 2009).

Para a atenuação da poluição causada pelos despejos de água residuárias em corpos hídricos receptores, existem pesquisas do tratamento dessas águas residuárias com o extrato da semente da moringa. Os resultados foram positivos para a água de recirculação do descascamento/despulpamento dos frutos do cafeeiro, água residuária de laticínios, efluentes da indústria textil, na remoção dos parâmetros físico-químicos como: turbidez, óleos e graxas, surfactantes aniônicos (lauril sulfato de sódio) e corantes. Tem-se, ainda, eficiência na remoção de patógenos de água bruta, pois seus cotilédones possuem uma substância antimicrobiana que aumenta o efeito do tratamento biológico, onde Muyibi e Evison (1995) concluíram que a moringa oleífera é capaz de reduzir de 90 a 99 % de bactérias na água (LO MONACO; MATOS; ANDRADE, 2010).

Além de ser utilizada como coagulante no tratamento de águas, a semente de *Moringa oleífera* pode ser aplicada como adsorvente no tratamento por coagulação-floculação de águas industriais removendo compostos como zinco, cobre, ferro, alumínio, cádmio, crômio, níquel, prata, manganês, benzeno, tolueno, etilbenzeno e isopropilbenzeno (RIBEIRO, 2010).

Outra propriedade da semente da moringa foi observada através do experimento realizado em água de poço aberto, localizado em Kolhapur, na Índia, onde se percebeu a redução dos íons cloretos de 12 mg/L para 5 mg/L. Isso ocorreu devido a atração química da substância catiônica presente na semente com íons aniônicos dos cloretos presente na água (MANGALE; CHONDE, 2013).

O extrato de sementes de moringa desempenha um papel importante no controle de mosquitos, como mostra o estudo de Prabhu et al. (2011), que revelaram ser um eficaz larvicida e agente pupicidal. Isso se deve à presença de compostos químicos bioativos, que as plantas apresentam oferecendo vantagem sobre os pesticidas sintéticos por serem menos tóxicos, menos propensos à resistência e biodegradáveis (PONTUAL et al., 2014).

A *Moringa oleífera* apresenta limitações com relação ao seu uso em forma de solução (MORETI et al., 2012), pois seu potencial decresce com o decorrer do tempo de armazenamento de sementes tanto em temperatura ambiente (28 °C)

quanto em refrigeração (3 °C). Outro problema ocasionado pelo seu uso é a adição de matéria orgânica no meio, que pode reduzir carreiras de filtração, quando utilizada em sistema de filtração em múltiplas etapas. Por causa desse inconveniente, testou-se a utilização do pó da semente da *Moringa oleífera* em sachê de diversos tipos para diminuição da turbidez sintética obtendo resultados positivo como mostra Silva (2012).

Em 2050, o mundo provavelmente estará vivendo sob a influência de três grandes crises anunciadas: a diminuição das reservas de petróleo, a escassez de água potável e a falta de alimentos para grande parte da população. A partir desse contexto, o homem tem como desafio a criação de métodos avançados e eficientes para aumentar a produção de alimentos, energia renovável, entre outros, sem, contudo, esgotar os recursos naturais. Nesse cenário, a biotecnologia de plantas ocupa papel central na busca de soluções para atenuar os problemas, atuais e futuros, causados pelo estilo de vida adotado pelo homem (CARRER et al., 2010).

## REFERÊNCIAS

ACHON, C.L.; BARROSO, M.M.; CORDEIRO, J.S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18, n. 2, p.115-122, abr/jun 2013.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Bacias hidrográficas**. Disponível em < [http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=5&subpage\\_id=14](http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=14)> acesso em: 09 de maio de 2014.

ALCÂNTARA, Enner Herenio. **Análise da turbidez na planície de inundação de, Curuaí (PA, Brasil) integrando dados telemétricos de imagens MODIS/TERRA**. INPE, 271p, 2006.

ALMEIDA NETO, M. A. **Uso da semente do gênero moringa**. 2008. Disponível em: <[www.cpatia.embrapa.br/catalogo/doc/posters/12\\_1\\_Mario\\_Augusto.doc](http://www.cpatia.embrapa.br/catalogo/doc/posters/12_1_Mario_Augusto.doc)>. Acesso em: 30 nov. 2013.

ALMEIDA, Ione Lucenir Silva. **Avaliação da capacidade de adsorção da torta de Moringa oleífera para BTEX em amostras aquosas**. 2010, p.70.

ARANDA, Donato. **Moringa: muito mais que Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/blog/donato/2009/moringa-muito-mais-biodiesel/>>. Acesso em: 30 nov. 2013.

BORBA, Luís Ramos. **Viabilidade do uso da *Moringa oleífera* Lam. no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA (Curso de Mestrado). Sub-Programa UFPB/UEPB/Área de Saneamento Ambiental. João Pessoa, julho de 2001, p. 92.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para o Consumo Humano**. Brasília, SVS, 2006, p. 284.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Um recurso cada vez mais ameaçado**. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_proecotur/\\_publicacao/140\\_publicacao09062009025910.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf)> Acesso em 06 de outubro de 2014.

BRASIL. *Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde*. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**.

CARRER, Helaine; BARBOSA, André Luiz; RAMIRO, Daniel Alves. Biotecnologia na agricultura. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 70, p. 149-164, 2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Resolução n.357 de 17 março de 2005. DOU n.053 de 18 de março de 2005, p.58-63. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011.

CORDEIRO, Willians Salles. **Alternativas de tratamento de água para comunidades rurais**. Campos dos Goytacazes. RJ, 2008, p.97.

CREMASCO, Marco Aurélio. **Operações Unitárias em sistema particulado e fluidomecânico**, 2012.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Disponível em: [www.unibh.br/revistas/exacta](http://www.unibh.br/revistas/exacta). Acesso em 15 de dezembro de 2014.

ESNARRIAGA, Emerson Souza. **Influência de sementes trituradas de *Moringa oleífera* no tratamento de efluente bruto de fossa séptica biodigestora**. 2010.

FRANCISCO, Amanda Alcaide; POHLMANN, Paulo Henrique Mazieiro; FERREIRA, Marco Antônio. Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL IBEAS, 2 – INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS, 1. **Anais...** 2011.

FRANCO, Elton Santos. **Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção da turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodos em estação de tratamento de água**, 2009.

GALLÃO, Maria Isabel; DAMASCENO, Leandro Fernandes; BRITO, Edy Souza de. Avaliação Química e Estrutural da Semente de *Moringa*. **Cien. Agron.** Fortaleza, v.37, n. 1, p.106-109, 2006.

GUEYRARD, D. et al. First synthesis of na O-glycosylated glucosinolate isolated from *moringaoleífera*. **Tetrahedron Letters**, London, v.41, n.43.p. 8307 – 8309, Oct.2000.

HENNING, Elisa et al. Um estudo para a aplicação de gráficos de controle estatístico de processo em indicadores de qualidade da água potável. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7. Rio de Janeiro. **Anais...** 2011.

HENRIQUES, Juscelino Alves; OLIVEIRA, Rui de; MEIRA, Celeide Maria Belmont Sabino; FERNANDES, Maniza Sofia Monteiro; FEITAS, Clarissa Câmara de. Potencial de remoção de turbidez de água para o abastecimento de comunidades

rurais com o uso da *Moringa oleifera* Lam. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DA CHUVA, 8. Campina Grande, Paraíba. **Anais...** 14 a17 de agosto de 2012. ISSN 1818-4952.

JESUS, Abel Ribeiro de; MARQUES, Nikolas da Silva; SALVI, Emille Jeane Novais Ribeiro; TUYUTY, Pamella Luiza Melo; PEREIRA, Samanta Andrade. **Cultivo da Moringa oleífera**. Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA SRBT (Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas). 19/7/2013.

LENHARI, J L.B; HUSSAR, G.J. Comparação entre o uso da *moringa oleifera* lam e de polímeros industriais n o tratamento físico-químico do efluente de indústria alimentícia. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 4, p. 033-042, out. /dez 2010.

LO MONACO, Paola Alfonsa Vieira; MATOS, Antonio Teixeira; ANDRADE, Ivan Célio. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 3, 2010.

MACHADO, Regina Coeli Vieira. Rio Capibaribe, Recife, PE. **Pesquisa Escolar Online**, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar>>. Acesso em: 30 de novembro de 2014.

MANGALE S. M.; CHONDE, S. G.; RAUT, P. D. Use of *Moringa oleifera* (drumstick) seed as natural absorbent and an antimicrobial agent for ground water treatment. **Research Journal of Recent Sciences**, 1(3), 31-40, 2012.

MEDCRAFT, John. **Moringa oleífera (Tree/Árvore)**. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/johnmedcraft/5615548591/>. Acesso em: 15 de dezembro de 2014

MIRANDA, Luis Alcides Schiavo; MONTEGGIA Luis Olinto, **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento**. Porto Alegre, 2007, p. 148.

MORETI, Livia de Oliveira Ruiz; CAMACHO, Franciele Pereira; BONGIOVANI, Milene Carvalho; STROHER, Ana Paula; NISHI, Leticia; VIEIRA, Angélica Marquetotti Salcedo; BERGAMASCO, Rosangela. Emprego das sementes de *Moringa oleifera* LAM, como coagulante alternativo ao policloreto de alumínio (PAC), no tratamento de água para fins potáveis. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 6, n. 1, p. 153-165. 2013. Disponível em: [www.unibh.br/revistas/exacta](http://www.unibh.br/revistas/exacta). Acesso em 10 de nov. 2014.

NÓBREGA, Anderson Sérgio de Carvalho. **Fontes de Contaminação no Estuário do Rio Capibaribe, Pernambuco**, 2011.

OLIVEIRA, Cristiane Aparecida; BARCELO, Wellington França; COLARES, Carla Jovania Gomes. Estudo do reaproveitamento da água de lavagem de filtro na ETA Anápolis/GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3, **Anais...**2012, Goiânia.

OLIVEIRA, I.C; TEIXEIRA, E.M.B.; GONÇALVES, C.A.A; PEREIRA, L.A. **Avaliação Centesimal da Semente de Moringa Oleífera Lam.** In: SEMINÁRIO, 2, 2009, Uberaba.

OLIVEIRA, Rodrigo Cezário. **Estação de Tratamento de Água.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA1MQAA/eta-estacao-tratamento-agua?part=2>>. Acesso em: 29/09/2014.

PARRON, Lucila Maria; MUNIZ, Daphne Heloísa de Freitas; PEREIRA, Claudia Maria. **Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química de Água.** EMBRAPA FLORESTAS, 2011.

PATERNIANI, A.C. et al. Uso de sementes de *Moringa oleífera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.13, n.6, , p.765–771. 2009.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Takayuki Mário. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-químicos.** 2006, p. 285.

PONTUAL, E.V; SANTOS, N.D.L; MOURA, M.C; COELHO, L.C.B.B; NAVARRO, D.M.A.F, NAPOLEÃO, T.H; PAIVA, P.M.G. Trypsin inhibitor from *Moringa oleífera* flowers interferes with survival and development of *Aedes aegypti* larvae and kills bacteria inhabitant of larvae midgut. **Parasitol Res.** v.113, p. 727–733, 2014. doi:10.1007/s00436-013-3702-y

PRABHU, K ; MURUGAN, K; NARESHKUMAR, A; BRAGADEESWARAN, S. Larvicidal and pupicidal activity of spinosad against the malarial vector *Anopheles stephensi*. **Asian Pac J Trop Med.** v.4, p.610-613, 2011.

RAHMAN, MM; AKHTER, S; MAHM, Jamal; PANDEYA DR; HAQUE, MA; ALAM, MF; RAHMAN A. Control of coliform bacteria detected from diarrhea associated patients by extracts of *Moringa oleífera*. **Nepal Med. Coll. J.**, v.12, n.1 p.12-19, 2010.

RIBEIRO, Ana Teresa Alves. **Aplicação da *moringa oleífera* no tratamento de água para consumo humano. Remoção de poluentes por coagulação-floculação.** Mestrado em Engenharia do Ambiente (Dissertação) Janeiro de 2010, p. 98.

RIBEIRO, H. **Saúde e Sociedade**, v.13, n.1, p.70-80, jan-abr, 2004.

RIBEIRO, Maria Claudia Martins. Nova Portaria de Água: Busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade de água potável distribuída no Brasil. **Revista do Departamento de Aguas e Esgotos.** n.189, 2012, p.7-14.

RITCHER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

RITTER, Cíntia Maria. **Estudo da utilização de polímeros naturais *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Malvaceae) E *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae) no tratamento de água de abastecimento.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

RODRIGUES, Sergio Augusto; BATISTELA, Gislaine Cristina. Uma revisão sobre a disponibilidade hídrica brasileira para geração de energia elétrica. **Geoambiente** on line. Jataí-GO, n.21, Jul-Dez/2013.

RORATO, W.R. **Utilização de *Moringa oleifera* Lam como auxiliar no processo de coagulação/floculação/filtração para o tratamento de água de abastecimento.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigues. **Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano**, 2011.

SANTOS, Allivia Rouse Ferreira. **Desenvolvimento Inicial de *Moringa oleifera* Lam. Sob Condições de Estresse.** Mestrado em Agroecossistemas (Dissertação) – Universidade Federal de Sergipe. 2010. 87 p.

SANTOS, Igor; DOS SANTOS Tiago. **Rio Capibaribe, Pernambuco.** Disponível em: [http://www.onordeste.com/onordeste/enciclopediaNordeste/index.php?titulo=Rio+Capibaribe,+Pernambuco&ltr=r&id\\_perso=5035](http://www.onordeste.com/onordeste/enciclopediaNordeste/index.php?titulo=Rio+Capibaribe,+Pernambuco&ltr=r&id_perso=5035). Acesso em: 15 de dezembro de 2014.

SANTOS, T. R. T. et al. Study on the formation process trihalomethanes coagulation/flocculation/adsorption on activated carbon plant with natural coagulant *Moringa oleifera* Lam for treatment of water supply. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 5, n. 3, p. 64-72, 2013.

SANTOS, Wenna Raissa et al. Estudo do tratamento e clarificação de água com torta de sementes de moringa oleífera Lam. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p. 295-299, 2011.

SCARIOTTO, M.C. **Estudo da utilização da goma xantana como auxiliar no processo de floculação em tratamento de água para abastecimento.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013

SILVA, Cavalcante Beatriz. **Uso Potenciais de *Moringa Oleífera* Lam, uma Matriz para produção de Biodiesel e Tratamento de água no semiárido Nordestino.** 2012, p. 117.

SPERLING, M.V. **Princípios do Tratamento Biológicos de Águas Residuárias.** V.1, 3 ed, 1996.

VALVERDE, Karina Cardoso; COLDEBELLA, Priscila Ferri; NISHI, Letícia; MADRONA, Grasielle Scaramal; CAMACHO, Franciele Pereira; SANTOS, Tássia Rhuna Tonial dos; SANTOS, Onélia Aparecida Andreo dos; BERGAMASCO, Rosângela. Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural *Moringa oleífera* Lam. em pó no tratamento de água superficial. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7 n. 1, p. 75-82. 2014.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima. **Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente Líquido Gerado na Galvanoplastia**, 2009.

VIANA, E. F.; VIDAL NETO, A. D.; VERÍSSIMO, V. B. O problema da poluição do Rio Capibaribe com ênfase à abordagem CTS. In: SIMPEQUI – SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 6. **Anais...**, 06 a 08 de julho de 2008.

VUITIK, Guilherme Araujo; WIECHETECK, Giovana Kátie; MALKOWSKI, Bruna Leão. Eficiência dos processos de clarificação de água aplicados no sistema de tratamento de Ponta Grossa (PR). **Revista de Engenharia e Tecnologia**. v. 2, n. 3, Dez/2010.

YARAHMADI, M., HOSSIENI, M.; BINA, M.H.; MAHMOUDIAN, A. Naimabadie and 1A. Shahsavani. Application of Moringa Oleifer Seed Extract and Polyaluminum Chloride in Water Treatment. Department of Environmental Health Engineering. **World Applied Sciences Journal**, v.7, n.8, p.962-967, 2009.

ZAMPERO, Rosângela. **Uso da semente da *moringa oleífera* no tratamento de efluente líquido na indústria de vidros**. UNIFENAS, 51p, 2011.

ZUIN, V. G.; LORIATTI, M. C. S; MATHEUS, C. E. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: Uma Proposta para a Educação Química e Ambiental na Perspectiva CTSA. **Revista Química Nova na Escola**, v. 31, n.1, Fevereiro 2009. Disponível em: [http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31\\_1/02-QS-5507.pdf](http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/02-QS-5507.pdf) Acesso em: 29 de outubro de 2014.

# CAPÍTULO II

(Artigo submetido à **Revista E-xacta**)

## **APLICAÇÃO DA *MORINGA OLEÍFERA* EM TRATAMENTO DE ÁGUA COM TURBIDEZ**

### **APPLICATION *MORINGA OLEIFERA* WATER TREATMENT TURBIDITY**

**Niedja Maria de Lima<sup>1</sup>; Gabriela D'arce Marques<sup>2</sup>; Sergio Carvalho de Paiva<sup>3</sup>;  
Arminda Saconi Messias<sup>4</sup>**

1. Mestranda em Processos e Desenvolvimento Ambientais. UNICAP, 2013, Recife, PE. [nm.lima@yahoo.com.br](mailto:nm.lima@yahoo.com.br).
2. Graduanda em Engenharia Ambiental. Bolsista Pibic/CNPq/FACEPE. UNICAP, 2012, Recife, PE. [gabi\\_darce@hotmail.com](mailto:gabi_darce@hotmail.com)
3. Doutorando em Engenharia Civil. UFPE, 2011. Professor Adjunto do Centro de Ciência e Tecnologia - UNICAP. Recife, PE. [spaiva@unicap.br](mailto:spaiva@unicap.br)
4. Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental. USP, 1997. Professora Titular e Pesquisadora da UNICAP, Recife, PE, [saconi@unicap.br](mailto:saconi@unicap.br)

Recebido em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ - Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ - Disponibilizado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**RESUMO:** Um dos grandes desafios para ciência é buscar processos metodológicos que , diminuam o impacto ao ambiente. Neste contexto, as substâncias biodegradáveis vêm sendo cada vez mais pesquisadas. Com Isso, o trabalho teve como objetivo avaliar a melhor concentração do pó da semente de *Moringa oleífera* e o melhor tempo de sedimentação para remoção da turbidez e seu efeito na condutividade elétrica e no pH da água oriunda do Rio Capibaribe, no município de Recife, Pernambuco, Brasil e caracterizar morfologicamente as sementes da *Moringa oleífera*. O experimento ocorreu com 0, 50, 100, 200, 250 e 300 mg pó/200mL água, do pó das sementes da *Moringa oleífera* com tempo de contato/sedimentação de 0,1,2,4 e 6 horas, que foram ajustados por um planejamento experimental 2<sup>2</sup> através de um Delineamento Composto Central Rotacional. As características morfológicas da semente da *Moringa oleífera* foram analisadas por um microscópio Eletrônico de Varredura JEOL JMT-300. Os dados obtidos analisados pela tabela ANOVA apresentou um nível de confiança de 95% e o gráfico de Pearson uma correlação moderada entre tempo de sedimentação e pH e entre turbidez e pH. As fotomicrografias eletrônicas de varredura das sementes da moringa oleífera apresentou um material poroso de propriedade adsorptiva Os resultados dos ensaios mostrou uma diminuição de até 100% da turbidez, na concentração de 200 mg com o tempo de sedimentação de 2 horas bem como redução nos demais parâmetros físico- químicos: o pH e a condutividade elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sementes de Moringa Coagulante Biológico Clareamento de água.

**ABSTRACT:** A major challenge for science is to seek methodological processes that reduce the impact to the environment. In this context, the biodegradable substances have been increasingly researched. With This, the study aimed to evaluate the best Moringa oleifera concentration of the seed powder and the best time of sedimentation to remove turbidity and its effect on electrical conductivity and pH of the water coming from the Rio Capibaribe, in the city of Recife, Pernambuco, Brazil and characterize morphologically the seeds of Moringa oleifera. The experiment occurred at 0, 50, 100, 200, 250 and 300 mg powder / 200 ml water, the powder of the seeds of Moringa oleifera with contact

times / sedimentation 0,1,2,4 and 6 hours, which were adjusted an experimental design 22 through a Outlining Central Composite Rotational. The morphological characteristics of the *Moringa oleífera* seed were analyzed by a scanning electron microscope JEOL JMT-300. The obtained data were analyzed by ANOVA table presented a confidence level of 95% and the Pearson chart a moderate correlation between settling time and pH and turbidity and pH between. Scanning electronic photomicrographs of moringa oleífera seeds showed a porous adsorptive material property The test results showed a decrease of turbidity to 100% at a concentration of 200 mg to 2 hours settling time and reducing the other parameters physicochemical: pH and conductivity.

KEYWORDS: Moringa Seeds. Biological Coagulant. Water whitening.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Através da história humana, os principais problemas de saúde enfrentados pelos homens têm tido relação com a vida em comunidade, por exemplo, o controle de doenças transmissíveis, o controle e a melhoria do ambiente físico (saneamento), a disposição de água e alimentos de boa qualidade e em quantidade, a provisão de cuidados médicos e o atendimento dos incapacitados e destituídos. A ênfase relativa colocada em cada um desses problemas tem variado de tempo a outro, mas eles estão todos inter-relacionados (RIBEIRO, 2004). Nas últimas décadas, o comprometimento da qualidade e da quantidade da água vem chamando a atenção da população e autoridades. Diversos sistemas aquáticos estão comumente contaminados por efluentes contendo uma elevada quantidade de substâncias, ocasionando alto índice de cor e turbidez e esta faz com que as partículas reflitam a luz impedindo o processo fotossintético no curso da água (VAZ, 2007). A turbidez, segundo Cordeiro (2008) é evidenciada pela presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, apresentando uma forte relação com a contaminação biológica.

Na maioria dos países em desenvolvimento, a água utilizada para o consumo humano e uso doméstico é captada dos rios, que geralmente

apresentam uma turbidez elevada, devido à presença de uma grande quantidade de material sólido em suspensão, principalmente em época chuvosa, bactérias e outros microrganismos. Por isso se faz necessário uma máxima remoção desses materiais para que a água seja consumida com segurança. O processo de remoção é feito pela adição de coagulantes químicos, dentro de uma sequência de tratamento controlado (PATERNIANI, 2009).

A aplicação de coagulantes é considerada uma etapa importante no tratamento da água, pois além de ser responsável em remover o aspecto turvo da água ela está relacionada com parâmetros físico-químicos básicos: turbidez, pH e alcalinidade da água bruta (FRANCO, 2009).

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) empregam como coagulantes químicos os sais de alumínio e ferro trivalentes. O alumínio apresenta um risco à saúde pública, pois sua presença na água para o consumo humano pode ocasionar o Mal de Alzheimer; além disso, pode causar problemas ambientais pela formação de lodos, no processo de sedimentação das partículas floculadas. Existe uma preocupação da comunidade científica, nessas últimas décadas, com a presença de alumínio residual, presente nas águas das ETAs e a ligação deste fato na formação de turvação no final do tratamento, prejudicando a etapa da desinfecção e provocando a incidência de

doenças neurológicas, como a neurodegeneração, encefalopatia, demência dialítica e alterações neurocomportamentais (ROSALINO, 2011).

A utilização de biopolímeros da semente da *Moringa oleífera*, no processo de tratamento da água, promove a coagulação da matéria orgânica como fração menor do que a dos coagulantes químicos, diminui a formação do lodo, não alterando o pH da água, diminui a turbidez e a cor, contribuindo também para a remoção de até 90 % das bactérias, pois a maior parte delas encontram-se agregadas às partículas disseminadas na água; com isso, diminui a quantidade de cloro no processo de desinfecção tornando o processo biodegradável (SANTOS, 2013).

A cultura da moringa vem sendo difundida em todo o semi-árido nordestino, devido a sua utilização no tratamento de água para uso doméstico; porém, o uso de coagulantes naturais para clarificar água não é uma idéia nova, pois Ndabigengesere & Narasiah (1996), indica as sementes de *Moringa Oleífera* como uma alternativa viável de agente coagulante em substituição aos sais de alumínio, que são utilizados no tratamento de água em toda Estação de Tratamento de Água – ETA (OLIVEIRA, 2009).

A *Moringa oleífera* é uma árvore de origem indiana e se tornou pantropical, ou seja, habita qualquer região dos trópicos. A propagação da espécie pode ser feita através de sementes, mudas ou estacas, não apresentando exigências específicas para o tipo de solo onde será cultivada a não ser a impossibilidade de desenvolver em solos encharcados (GALLÃO, 2006). As sementes de *Moringa oleífera* contêm proteínas com baixo peso molecular; quando

seu pó é dissolvido em água adquirem carga positivas, que atraem partículas negativamente carregadas tais como, argilas e siltes, formando flocos densos, que sedimentam, conforme Paterniani (2009).

Até o momento, através de estudos realizados, a moringa não apresenta riscos à saúde, ocasionando efeitos secundários ao homem quando utilizada em baixas doses no processo de clarificação e diminuição da turbidez da água, não apresentando sintomas tóxicos quando dos inúmeros usos (VALVERDE et al., 2013).

Com isso, o trabalho objetivou-se a testar a eficiência da semente da *Moringa Oleífera* na clarificação da água oriunda do Rio Capibaribe, no município de Recife, Pernambuco, Brasil, por apresentar uma turbidez elevada.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 AMOSTRAS

A água bruta utilizada no experimento foi oriunda do Rio Capibaribe, por apresentar uma turbidez elevada, tendo seu ponto de coleta designado como ponto 4, localizado na ponte Prof. Lima de Castilho da Av. Abdias de Carvalho, próximo ao túnel Chico Science, no município de Recife, Pernambuco, Brasil. O potencial hidrogeniônico - pH, a condutividade elétrica e a turbidez da água coletada foram determinados e apresentaram os seguintes valores: pH=8,11; Condutividade Elétrica = 8,35 ms; Turbidez =16,62 NTU.

## 2.2 PREPARO DO PÓ DAS SEMENTES

Segundo recomendação de Ramos (2005), as sementes de moringa foram colhidas, descascadas e secas em estufa a 70°C, por 30 minutos.

Em seguida, foram trituradas com um multiprocessador até formarem pó e peneiradas em peneira de 14 mesh (modificado de RAMOS, 2005). O pó foi acondicionado em recipiente plástico com tampa para evitar a exposição à umidade.

## 2.3 CÁLCULO DAS CONCENTRAÇÕES DO PÓ DAS SEMENTES E TEMPO DE SEDIMENTAÇÃO

Ainda de acordo com sugestões de Ramos (2005) os tratamentos foram realizados com cinco repetições com doses equivalentes a zero, 50, 100, 200, 250 e 300 mg/200mL do pó da semente da *Moringa oleífera*, com tempo de contato/sedimentação correspondente a zero, 1, 2, 4 e 6 horas.

A relação pó de moringa (mg/L) e tempo de sedimentação (h) foi ajustada (Tabela 1) através de um planejamento composto central rotacional (DCCR) e teve seus valores combinados numa matriz experimental (Tabela 2), gerando doze ensaios.

## 2.4 APLICAÇÃO DO PÓ DA SEMENTE DA *MORINGA OLEIFERA*

Após os cálculos, o pó das sementes foi pesado em balança analítica e, em seguida, aplicado em 200 mL da água do rio Capibaribe de acordo com a combinação entre a concentração e o tempo de sedimentação mostrada na Tabela 2.

## 2.5 DETERMINAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA CLARIFICADA

Após o tempo de sedimentação de cada amostra, o sobrenadante foi filtrado e, logo em seguida, determinados o pH, turbidez (NTU) e condutividade elétrica (mS), utilizando-se os métodos ASTM D1293 – 12 (*Standard Test Methods for pH of Water*), ASTM D6698 – 14 (*Standard Test Method for On-Line Measurement of Turbidity Below 5 NTU in Water*), ASTM D1125 – 14 (*Standard Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water*) . respectivamente (Tabela 3).

## 2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos nos tratamentos foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA), utilizando-se o teste F, com intervalo de confiança de 95%, construindo-se o gráfico de Pearson, que indica a influência das variáveis sobre as respostas desejadas, ou seja, como interação estatisticamente, a concentração do pó da semente (agente coagulante) e o tempo de sedimentação com os parâmetros medidos (turbidez, condutividade elétrica e pH).

## 2.7 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA SEMENTE DA *MORINGA OLEIFERA*

Obteve-se as características morfológicas da semente da *Moringa oleífera* através do Microscópio Eletrônico de Varredura JEOL JMT-300. A amostra foi recoberta com uma fina camada de ouro, e uma voltagem de 20 kV foi aplicada.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores sugeridos por RAMOS (2005) (0, 50, 100, 200, 250 e 300 mg/200mL) com tempo de sedimentação (0,1,2,4 e 6 horas), codificados e ajustados pelo planejamento experimental.

Tabela 1  
Tabela 1: Variáveis

| Valor codificado              | -1.41 | -1  | 0   | +1  | +1.41 |
|-------------------------------|-------|-----|-----|-----|-------|
| Concentração do pó da semente | 129.5 | 150 | 200 | 250 | 270.5 |
| Tempo de sedimentação         | 0.54  | 1   | 2   | 3   | 3.41  |

Fonte: Autoria Própria (2015).

A Tabela 2 apresenta as 12 combinações entre a concentração do pó da moringa e o tempo de contato para realização do experimento.

Tabela 2  
Matriz Experimental

| Valor codificado-<br>Concentração do pó<br>das sementes (mg) | Valor codificado-<br>Tempo de<br>Sedimentação (h) |
|--|---|
| 0 – 200 mg   | 0 – 2h  |
| 0 – 200 mg   | 0 – 2h  |
| 0 – 200 mg   | 0 – 2h  |
| 0 – 200 mg   | 0 – 2h  |
| (-1) – 150 mg  | (-1) - 1h   |
| (-1) – 150 mg  | (+1) - 3h   |
| (+1) – 250 mg  | (-1) - 1h   |
| (+1) – 250 mg  | (+1) - 3h   |
| 0 – 200 mg   | (-1.41) – 0.59 min                                |
| (+1,41) – 270,5 mg   | 0 – 2h  |
| 0 – 200 mg   | (+1.41) – 3h.41min                                |

Fonte: Autoria Própria (2015).

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos, demonstrando as melhores combinações entre a concentração do pó da semente da *Moringa oleífera* e o tempo de sedimentação para redução da turbidez, dentre eles os tratamentos 4, 5, 6, 7, 8 e 9 que apresentaram redução de 100% da turbidez da água do rio Capibaribe, corroborando com os resultados encontrados por Gallão (2006) e Esnarriaga (2010).

Em todos os tratamentos, observou-se a diminuição da condutividade elétrica, confirmando a capacidade do coagulante da *Moringa oleífera*, também, na remoção de íons em efluentes aquosos já mostrados em Coelho (2010).

Já o potencial Hidrogeniônico não houve tanta alteração, isso é devido a propriedade que o coagulante apresenta em não alterar o pH do fluido aquoso, deixando-o numa faixa neutra. Isso indica a vantagem em relação aos coagulantes químicos como o sulfato de alumínio, que no seu processo de uso o pH precisa ser corrigido, conforme Lo Monaco et al. (2010).

Tabela 3

Resultados encontrados para as variáveis utilizadas no experimento

| Tratamento | Variáveis Independentes |                      | Variáveis Dependentes |      |          |
|------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|------|----------|
|            | Pó da moringa (mg)      | Tempo de contato (h) | pH                    | CE   | Turbidez |
| 1          | 200                     | 0.54                 | 7.30                  | 7.09 | 2.04     |
| 2          | 250                     | 1                    | 7.11                  | 7.20 | 3.29     |
| 3          | 150                     | 1                    | 7.27                  | 6.54 | 1.72     |
| 4          | 200.1                   | 2                    | 6.79                  | 7.08 | 0.00     |
| 5          | 200.2                   | 2                    | 6.90                  | 7.12 | 0.00     |
| 6          | 200.3                   | 2                    | 7.03                  | 7.20 | 0.00     |
| 7          | 200.4                   | 2                    | 6.99                  | 7.18 | 0.00     |
| 8          | 270.5                   | 2                    | 7.02                  | 7.00 | 0.00     |
| 9          | 129.5                   | 2                    | 7.22                  | 7.05 | 0.00     |
| 10         | 150                     | 3                    | 7.04                  | 6.95 | 1.57     |
| 11         | 250                     | 3                    | 7.03                  | 7.06 | 1.72     |
| 12         | 200                     | 3.41                 | 7.11                  | 6.93 | 0.78     |

Fonte: Autoria Própria (2015).

Assumindo 5 % como nível de significância, observa-se que em ambas as Tabelas 4 e 5 a hipótese de diferença não é rejeitada, ou seja, existem diferenças significativas entre as médias das variáveis. Concluindo-se que a turbidez têm comportamentos distintos no que diz respeito ao Tempo de sedimentação e Concentração do pó das sementes.

Tabela 4

Análise da variância da Concentração do pó da semente de moringa (Cps)

| Cps            | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | F      | p-valor |
|----------------|-------------------|--------------------|----------------|--------|---------|
| Between Groups | 13891,750         | 02                 | 6945,875       | 10,334 | 0,005   |
| Within Groups  | 6048,967          | 09                 | 672,107        |        |         |
| Total          | 19940,717         | 11                 |                |        |         |

Fonte: Autoria Própria (2015).

Tabela 5

Análise da variância do Tempo de contato/sedimentação (Ts)

| Ts             | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | F       | p-valor |
|----------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|---------|
| Between Groups | 7,866             | 02                 | 3,933          | 139,842 | 0,000   |
| Within Groups  | 0,253             | 09                 | 0,028          |         |         |
| Total          | 8,119             | 11                 |                |         |         |

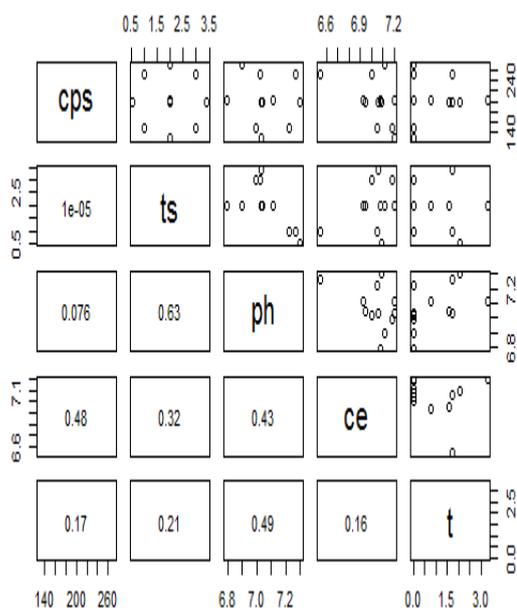
Fonte: Autoria Própria (2015).

O gráfico 1 revela a correlação de Pearson que há entre as variáveis. Observa-se que a variável Tempo de Sedimentação é moderadamente correlacionada com pH apresentando coeficiente igual a 0,63. As demais variáveis não apresentam correlação alta sendo a maior dentre as demais 0,49, entre Turbidez e pH. Nota-se também que as variáveis dependentes são não correlacionadas entre si, pois o coeficiente de correlação é muito próximo de zero.

Gráfico 1

Correlação de Pearson entre as variáveis

cps -Concentração do pó das sementes de moringa; ts - Tempo de sedimentação; ph – pH; ce - Condutividade elétrica; t – Turbidez.



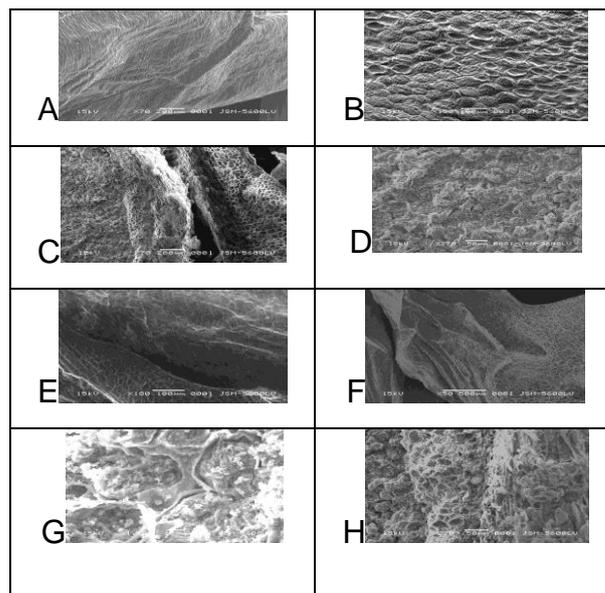
Fonte: Autoria Própria (2015).

A figura 1 apresenta as micrografias eletrônicas de varredura da polpa da moringa *in natura* e tratada. Constatam-se pelas Figuras que o material biossorvente apresenta uma matriz complexa com distribuição heterogênea relativamente porosa. Com relação às micrografias eletrônicas de varredura, verifica-se que o tratamento das sementes de moringa aumenta a porosidade do material, tornando a polpa da moringa mais expostas para a adsorção. A mudança da morfologia da superfície da moringa tratada é também resultado da remoção superficial de alguns componentes estruturais como carboidratos, proteínas, lignina e, em menor proporção, alguns ácidos graxos. Estas observações reforçam a hipótese de que o tratamento pode melhorar as características adsorptivas da

moringa (ANWAR; RASHID, 2007) associados às propriedades adsorptivas desse biomaterial.

Figura 1

FOTOMICROGRAFIAS ELETRÔNICAS DE VARREDURA DA MORINGA *IN NATURA*(A,C,E,G) E TRATADA(B,D,F,H)



Fonte: NPCIAMB

#### 4 CONCLUSÕES

O experimento com a semente da *Moringa oleífera* apresentou bons resultados, demonstrando sua eficiência no processo de remoção da turbidez da água tanto quanto os coagulantes químicos.

Demonstrando ser uma alternativa viável para ser utilizado no tratamento da mesma, pois os resultados obtidos atenderam as exigências da Portaria nº2914/11 do Ministério da Saúde.

Também como observado no experimento, o uso da moringa influencia, de modo positivo, em outros parâmetros físico-químicos como o pH, quando não altera significativamente o valor do

mesmo. Por isso, não se faz necessário a utilização de substâncias químicas para corrigi-lo, ou seja, deixá-lo na faixa neutra, diminuindo o custo do tratamento.

A condutividade elétrica se dá pela presença de íons dissolvidos na água. Esse, na maioria das vezes, são representados por metais pesados que causam sérios danos à saúde do homem. No experimento, mostrou, também, a capacidade do agente coagulante presente na semente da *Moringa oleífera* reduzir a presença destes íons, como se demonstrou na redução da condutividade elétrica.

Nas micrografias eletrônicas de varredura da polpa da moringa *in natura* e tratada apresentou porosidades em sua estrutura indicando ser um material que promove a adsorção, que lhe proporciona ser um agente adsorvente.

Enfim, a utilização da *Moringa oleífera* é promissora, pois apresenta mais fatores positivos sendo economicamente viável, com uma amplitude de utilização grande, tornando-se, assim, sustentável e, não oferece risco ao homem e ao ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ANWAR, F.; RASHID, U. Physico-Chemical characteristics of *Moringa oleífera* seeds and seeds oil from a wild provenance of Pakistan. **American journal of Botany**, v.39,p. 1443-1453, 2007.
- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for Water and Wastewater**. 18. Ed., Washington: APHA, 1998.1268p.
- BRASIL. *Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.*
- COELHO, N. M. M.; ARAÚJO, C. S. T.; ALVES, V. N.; REZENDE, H. C.; ALMEIDA, I. L. S.; ASSUNÇÃO, R. A.; SEGATELLI, M. G.; TARLEY, C. R. T. Characterization and use of *Moringa oleífera* seeds as biosorbent for removing metal ions from aqueous effluents. **Wat. Sci. Technol.** v. 62, p. 2198-2203, 2010.
- ESNARRIAGA, Emerson Souza. **Influência de sementes trituradas de *Moringa oleífera* no tratamento de efluente bruto de fossa séptica biodigestora.** 2010.
- FRANCO, Elton Santos. **Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e Cloreto Férrico na Remoção da Turbidez e Cor da Água Bruta e sua relação com sólidos na geração de lodos em estação de tratamento de água,** 2009.
- GALLÃO, I.M.; Maria Izabel, DAMASCENO, Leandro Fernandes; BRITO, Edy Souza de. Avaliação Química e Estrutural da Semente de *Moringa*. **Cien. Agron.** Fortaleza, v.37, n. 1, p.106-109, 2006.
- HENNING, Elisa et al. Um estudo para a aplicação de gráficos de controle estatístico de processo em indicadores de qualidade da água potável. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7. Rio de Janeiro. **Anais...** 2011.
- LO MONACO, Paola Alfonsa Vieira; MATOS, Antonio Teixeira; ANDRADE, Ivan Célio. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science:** v. 5, n. 3, 2010.
- OLIVEIRA, I.C; TEIXEIRA, E.M.B.; GONÇALVES, C.A.A; PEREIRA, L.A. **Avaliação Centesimal da Semente de *Moringa Oleífera* Lam.** In: SEMINÁRIO, 2, 2009, Uberaba.
- PATERNIANI, A.C. et al. Uso de sementes de *Moringa oleífera* para tratamento de águas superficiais, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.13, n.6, p.765–771, 2009.
- RAMOS, R. O. **Clarificação de água com turbidez baixa e cor moderada utilizando sementes de *Moringa oleífera*.** Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas, São Paulo, 276 p, 2005.
- RIBEIRO, Maria Claudia Martins. Nova Portaria de Água: Busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade de água potável distribuída no Brasil. **Revista do Departamento de Águas e Esgotos.** n.189, p.7-14, 2012.
- SANTOS, T. R. T. et al. Study on the formation process trihalomethanes coagulation/flocculation/adsorption on activated carbon plant with natural coagulant *Moringa oleífera* Lam. for treatment of water supply. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 5, n. 3, p. 64-72, 2013.
- VAZ, Luiz Gustavo de Lima. **Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente Líquido Gerado na Galvanoplastia,** 2009.

# CAPÍTULO III

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deve ser considerado, através dos experimentos realizados neste trabalho, a eficácia do biocoagulante presente na semente da *Moringa oleífera* no processo de remoção da turbidez, para o valor de 200 mg, todas com o tempo de sedimentação de duas horas e sua relação positiva com outros parâmetros físico-químicos como o pH, a condutividade elétrica. O processo da clarificação da água com a moringa é mais biodegradável tanto para o ambiente quanto para o homem. Com isso, torna o uso da moringa vantajoso em relação aos coagulantes químicos. Por ser um produto vegetal, pode ser produzido pelo próprio usuário tendo aproveitamento não só no processo da clarificação, mas nutricional, farmacêutico, entre outros, sendo assim economicamente viável.

Como proposta futura há necessidade de complementar as determinações físico-químicas bem como realizar análise microbiológica a fim de se obter um indicativo quanto ao uso da moringa no processo de desinfecção de água.