

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA  
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

RENAN VICTOR DA SILVA

**ATUAÇÃO DA *MORINGA oleifera* LAM COMO COAGULANTE  
NATURAL NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE PISCINA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA  
2015

RENAN VICTOR DA SILVA

**ATUAÇÃO DA *MORINGA oleifera* LAM COMO COAGULANTE  
NATURAL NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE PISCINA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Cabeça  
Coorientadora: Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira

LONDRINA

2015

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ATUAÇÃO DA *MORINGA oleifera* LAM COMO COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE PISCINA**

RENAN VICTOR DA SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 23/06/2015 como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Prof. Dr. Luís Fernando Cabeça**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Orientador**

---

**Prof. Dr. Antônio Laverde Júnior**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Membro Titular**

---

**Prof. Dr. Fábio Vandresen**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Membro Titular**

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a Deus, por ter me concedido sabedoria e saúde para eu estar aqui. Agradeço também ao meu orientador Luís F. Cabeça, pela ajuda e paciência durante o desenvolvimento desse trabalho, pois além de um orientador foi um grande amigo, sempre me incentivando a estudar. Agradeço a minha coorientadora Edilaine R. Pereira pelas contribuições durante essa jornada, por proporcionar à elaboração de um trabalho de ótima qualidade. Tenho a agradecer também a banca examinadora por suas ricas contribuições dadas a este trabalho. Por fim, quero agradecer aos meus colegas de sala, minha mãe e especialmente minha noiva, pela paciência, força e incentivo a seguir em frente, mesmo com tantos obstáculos presentes.

## RESUMO

SILVA, Renan Victor da. **Atuação da *Moringa oleifera* Lam como coagulante natural no tratamento de água de piscina.** 2015. 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Licenciatura em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR. Londrina, Paraná.

Atualmente, o tratamento de águas de piscinas é realizado por meio de coagulantes químicos, sendo o sulfato de alumínio o mais utilizado devido sua grande eficiência. Porém, a exposição ao alumínio residual do tratamento pode acarretar diversos problemas como: irritação da pele e dos olhos, corrosão dos equipamentos, variação do pH, entre outros. Neste trabalho, estudou-se a substituição total ou parcial do coagulante químico por coagulante natural extraído de sementes de *Moringa oleifera* para solucionar esses problemas. Para tanto, realizou-se experimentos utilizando a moringa em diversas condições, sendo: triturada em solução salina de NaCl 1mol/L, triturada em solução salina com adição de diferentes porcentagens de sulfato de alumínio e pilada após as sementes serem secas em estufa. Para encontrar as melhores condições de uso da moringa, análises foram feitas dos parâmetros turbidez, pH e cor de águas de piscina. Os experimentos mostraram que a utilização do coagulante natural em solução salina com 10% de sulfato de alumínio apresentou redução de aproximadamente 95% da turbidez e 93% da cor da água sem alteração do pH da água da piscina. Por fim, analisou-se o efeito de estocagem da moringa durante um período de 28 dias. Os experimentos mostraram também que o efeito do tempo de estocagem no coagulante de moringa apresentou pouca variação na eficiência, sendo possível estoca-lo em solução salina ou em pó seco. Esses resultados apontam para a possibilidade do desenvolvimento de um produto composto por moringa e sulfato de alumínio para limpeza de águas de piscina.

**Palavras-chave:** *Moringa oleifera*. Tratamento da água. Coagulantes.

## ABSTRACT

SILVA, Renan Victor da. **The *Moringa oleifera* Lam as a natural coagulant in the treatment of swimming pool water.** 2015. 39 p. Work of conclusion of course (Course of Graduation in Chemistry). Federal Technological University of Paraná- (UTFPR). Londrina, Paraná.

Nowadays, the treatment of swimming pool water is carried out by chemical coagulants as aluminum sulfate, because of their high efficiency. However, residual aluminum treatment can cause various problems such as irritation of the skin and eyes, corrosion of equipment, the pH variation, among others. In this work, we studied the total or partial replacement of the chemical coagulant for extracted natural coagulant *Moringa oleifera* seeds to solve these problems. Therefore, we performed experiments using the moringa in various conditions, as follows: crushed in saline solution NaCl 1 mol/L, crushed in saline solution NaCl 1 mol/L with addition of different percentages of aluminum sulfate and seeds pounded after than were dried in an oven. To find the best conditions of use of moringa, analyzes were made of the parameters turbidity, pH and pool water color. The performance of natural coagulant showed better results when seeds of moringa were crushed in blender in NaCl solution of 1 mol/L with 10% of aluminum sulfate. The results showed removal, approximately, 95 % of the turbidity and 93 % of water color without changing the pH of the pool water. Finally, we analyzed the effect of moringa storage over a period of 28 days. The experiments showed that the effect of moringa coagulant showed little variation in efficiency. Therefore, it is possible stocking it in saline or dry powder. These results show the possibility of developing a product composed of moringa and aluminum sulfate for pool water cleaning.

**Keywords:** *Moringa oleifera*. Water treatment. Coagulants

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>11</b>
3.1	PISCINAS NO BRASIL	11
3.2	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	11
3.3	PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO	13
3.4	<i>Moringa oleifera</i>	15
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>17</b>
4.1	MATERIAL EM ESTUDO	17
4.2	MÉTODOS	17
4.2.1	Coleta da Água	17
4.2.2	Preparo das Soluções	17
4.2.2.1	Preparo da solução salina do coagulante natural <i>Moringa oleifera</i>	17
4.2.2.2	Preparo da solução do coagulante químico sulfato de alumínio	18
4.2.3	Eficiência da <i>Moringa oleifera</i> por Meio de Duas Diferentes Metodologias Distintas de Obtenção do Coagulante Natural	18
4.2.3.1	Ensaio coagulação/floculação	18
4.2.4	Teste para Determinar Quantidade Ótima de Solução Salina de <i>Moringa oleifera</i> para o Tratamento de Águas de Piscina	19
4.2.5	Análise da <i>Moringa oleifera</i> em relação ao sulfato de alumínio na limpeza de águas de piscinas	20
4.2.5.1	Ensaios de coagulação/floculação	20
4.2.6	Análise da Eficiência da <i>Moringa oleifera</i> com Sulfato de Alumínio	20
4.2.6.1	Ensaios de coagulação/floculação	20
4.2.7	Análise da eficiência da <i>Moringa oleifera</i> em solução salina e em pó durante tempo de estocagem	21
4.2.7.1	Preparo da <i>Moringa oleifera</i> em pó	21

4.2.7.2	Ensaio de coagulação/floculação para o teste do efeito de estocagem .....	21
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
5.1	EFICIÊNCIA DA <i>Moringa oleifera</i> POR MEIO DE DUAS DIFERENTES METODOLOGIAS DISTINTAS DE OBTENÇÃO DO COAGULANTE NATURAL. 22	
5.2	AVALIAÇÃO DO TEMPO E VOLUME IDEAL DA SOLUÇÃO SALINA DE <i>Moringa oleifera</i> NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE PISCINA. ....	23
5.3	ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA <i>Moringa oleifera</i> EM RELAÇÃO AO SULFATO DE ALUMÍNIO. ....	27
5.4	EFICIÊNCIA DO USO DE <i>Moringa oleifera</i> COM PORCENTAGENS DE SAIS DE SULFATO .....	29
5.5	EFEITOS DO TEMPO DE ESTOCAGEM NA EFICIÊNCIA DO COAGULANTE NATURAL <i>Moringa oleifera</i> EM SOLUÇÃO SALINA E EM PÓ. ....	32
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O tipo mais comum de tratamento de água utilizado em sistemas de tratamento de água de abastecimento é o processo de coagulação e floculação para redução de partículas orgânicas e inorgânicas da água, seguido do processo de desinfecção. Para tanto, são utilizados compostos químicos como sais de alumínio ou ferro para o processo de coagulação devido sua alta eficiência na redução de sólidos.

Apesar do desempenho e custo-eficácia comprovados dos coagulantes químicos, há ainda certo grau do teor de alumínio residual após tratamento, que pode ser prejudicial à saúde. O tratamento de água também requer um segundo passo muito importante, a desinfecção, que tem como importância a eliminação da cor, odor e destruição de microrganismos patogênicos prejudiciais à saúde.

Nesse interim, *Moringa oleifera* vem sendo utilizada como coagulante natural devido sua eficiência no tratamento de águas. De acordo com Katayon (2006), sementes de moringa podem ser uma alternativa de coagulante natural para substituição de sais de alumínio. Suas principais vantagens são: baixo custo, produção de baixo volume de lodo, não produz subprodutos nocivos, é de fácil manipulação, uma vez que não é corrosiva e não influencia o pH da água. A moringa é vantajosa também por possuir atividade antibacteriana atuando ancontra bactérias gram positivas e negativas, as quais foram realizadas em testes realizados *in vitro* com água bruta (MUYIBI et al 2013).

Nesse aspecto, o objetivo principal deste trabalho é testar a eficiência de coagulação da moringa no tratamento de água de piscina.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso do coagulante natural *Moringa oleifera* frente ao coagulante químico para o tratamento de água de piscinas buscando a sustentabilidade na utilização deste recurso.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a eficiência da *Moringa oleifera* por meio de duas diferentes metodologias distintas de obtenção do coagulante natural.
- Avaliar o uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural quanto à redução de cor, de turbidez e variação do pH para o tratamento de águas de piscina.
- Avaliar a eficiência da mistura: *Moringa oleifera* e Sulfato de Alumínio na limpeza de águas de piscina.
- Verificar a eficiência da *Moringa oleifera* durante tempo de estocagem.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 PISCINAS NO BRASIL

O Brasil é apontado pela Associação Nacional dos Fabricantes e Construção de Piscinas e Produtos Afins (Anapp), como o segundo melhor mercado de piscinas no mundo perdendo somente para os Estados Unidos. O país conta com mais de dois milhões de unidades instaladas e o setor chega a movimentar R\$ 4,5 bilhões ao ano. Com isso, há um aumento da procura por produtos de limpeza, e conseqüentemente, uma expansão do mercado desses produtos. Baseado nisso, e levando em consideração a crise hídrica que o Brasil enfrenta atualmente, o desenvolvimento de tecnologias simples, sustentável, econômica e de fácil acesso para o tratamento de água é de grande importância nos dias de hoje.

De forma imediata, a escolha seria o desenvolvimento de uma tecnologia alternativa para o tratamento da água de piscinas como um produto inovador. Atualmente, a limpeza de piscinas é feita através da adição de produtos químicos que permitem clarear a água através da retirada das partículas em suspensão. Para tanto, são utilizados produtos à base de sulfato de alumínio denominado coagulante químico, que agregam essas partículas finas de areia, argila e matéria orgânica presentes em suspensão e as decantam no fundo da piscina. Para avaliar a qualidade da água de piscinas são utilizados diversos fatores, dentre esses a cor, turbidez e pH serão discutidos no presente trabalho.

#### 3.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

O uso da água é assegurado por sua qualidade e representado por características de natureza física, química e biológica as quais geralmente são mensuráveis. Essas características servem de critérios ou recomendações de qualidade, que devem ser mantidas dentro de certos limites, para que possam ser consumidas pela população (DERISIO, 2000). Para a aferição da qualidade da água são analisados parâmetros físico-químicos no qual é levado em consideração a alcalinidade, cor, turbidez, pH, quantidade de matéria orgânica e oxigênios

dissolvidos. São analisados também parâmetros biológicos no qual se verifica a presença de coliformes totais e a contagem padrão de bactérias (FUNASA, 2009).

A alcalinidade total de uma água é dada pelo somatório das diferentes formas de alcalinidade existentes, sendo, a concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos. Com isso, a medida da alcalinidade é muito importante durante o processo de tratamento de água, pois é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos que serão utilizados (FUNASA 2009).

A cor é um parâmetro físico exigido pela Portaria nº 2914/2011 – Ministério da Saúde (MS) (BRASIL, 2011). Esta se deve a presença de sólidos dissolvidos na mesma, provenientes de diversos fatores como: decomposição de matérias orgânicas, principalmente vegetais, ácidos húmicos e fúlvicos, presença de ferro e manganês, esgotos domésticos, resíduos industriais como tinturarias, tecelagem, entre outros. Segundo Sperling (2005), o parâmetro cor não apresenta riscos à saúde, mas, está ligado à confiabilidade dos consumidores. Esse parâmetro é medido em termos de uC (unidades de cor). Águas com cor acima de 15 uC já podem ser detectadas visualmente pelos consumidores (BRASIL, 2011).

A turbidez da água ocorre devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência (FUNASA, 2009). Estes sólidos são originários de partículas de rochas, algas e outros micro-organismos. Podem ser originários também de despejos domésticos e industriais (SPERLING, 2005). Os valores de turbidez são expressos normalmente em Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Segundo a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido é de 5,0 NTU para água subterrânea desinfetada e água filtrada após tratamento completo ou filtração direta. Para água resultante de filtração lenta o valor máximo permitido é 2,0 NTU, e em qualquer ponto da rede de distribuição é 5,0 NTU como padrão de aceitação para consumo humano (BRASIL, 2011)

O pH, ou potencial hidrogeniônico, representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução, dando uma condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Este varia com uma escala de 0 a 14. O pH muitas vezes é alterado devido a presença de sólidos e gases dissolvidos provenientes de dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese e despejos domésticos ou despejos industriais (SPERLING,

2005). A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição (BRASIL, 2011).

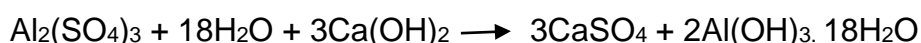
A água para ser considerada potável não deve conter microrganismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Os indicadores que são tradicionalmente aceitos pertencem a um grupo de bactérias denominadas coliformes, no qual, o principal representante desse grupo chama-se *Escherichia coli*. A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que sejam determinados, na água, para aferição de sua potabilidade, a presença de coliformes totais. A mesma portaria recomenda que a contagem padrão de bactérias não deva exceder a 500 Unidades Formadoras de Colônias por 1 mililitro de amostra (500 UFC/ml), tal como não tolerar em nenhuma amostra de água tratada a presença de coliformes termotolerantes (BRASIL, 2011).

### 3.3 PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO

Um tratamento convencional realizado em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) ocorre através de algumas etapas como a coagulação e floculação. O fenômeno de coagulação objetiva aglomerar as partículas de impurezas em partículas maiores que possam ser removidas por decantação ou filtração. Em geral, coagulante é o produto químico que é adicionado para desestabilizar as partículas coloidais de modo que possam formar o floco. O processo de coagulação é realizado geralmente utilizando sais de alumínio e ferro (sulfato de alumínio, sulfato férrico, cloreto férrico e outros).

A coagulação/floculação pode ser entendida como dois fenômenos. O primeiro essencialmente químico, que consiste em reações do coagulante com a água e na formação de espécies hidrolisadas com carga positiva. A adição de produtos químicos neutralizam as forças elétricas superficiais e anulam as forças repulsivas, deixando as partículas descarregadas. Após essa etapa, deve-se ter uma agitação lenta para que ocorram choques entre as partículas dando origem a partículas maiores, os flocos – processo de floculação. Após o processo de coagulação e floculação ocorre a sedimentação (ou decantação) que é uma operação unitária para a separação sólido-líquido e se baseia na diferença de densidade entre as fases, esta, é muito empregada para redução de sólidos em suspensão não retidos pelas grades ou peneiras (DEZOTTI, 2008).

O reagente mais utilizado como coagulante em Estação de Tratamento de Água é o sulfato de alumínio. Este é um sólido cristalino de cor branco-acinzentada contendo 17% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  solúvel em água. É disponível em pedra, pó ou em soluções concentradas. Quando adicionado na água o  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  reage com a alcalinidade natural formando o  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . O  $\text{Al}(\text{OH})_3$  é quem irá formar os flocos (ECKENFELDER,1989):



Outros reagentes utilizados como coagulantes podem ser o ferro como sulfatos férricos e cloretos férricos. Em suma, os coagulantes reagem com espécies alcalinas produzindo hidróxidos gelatinosos que envolvem e adsorvem impurezas removendo a turbidez e produzindo íons trivalentes de cargas elétricas positivas, que atraem e neutralizam as cargas elétricas dos coloides que, em geral são negativas promovendo a redução de cor.

Alguns fatores podem influenciar a coagulação como: espécies de coagulantes, quantidade de coagulante, turbidez e cor a serem removidas, teor bacteriológico, quantidade de coloides, quantidade de emulsificantes, substâncias coloridas diversas, alcalinidade, teor de ferro, matéria orgânica, pH, tempo de misturas rápidas e lentas, temperatura e agitação (HELLER & PADUA, 2006)

Coagulantes à base de alumínio, embora possuindo baixa toxicidade, podem causar irritabilidade nas membranas mucosas respiratória, oral, esôfago, estômago e nos olhos, quando em contato com a pele pode causar dermatite leve e ressecamento (NISHI et al., 2011). A exposição ao alumínio (Al) em longo prazo pode acarretar um grande risco ao desenvolvimento da doença de Alzheimer (DA) (RONDEAU et al., 2000). Além disso, o sulfato de alumínio promove alteração do pH da água e pode interagir com a areia do filtro da piscina comprometendo sua eficiência.

Uma alternativa barata e simples para contornar esse problema é o uso de coagulantes e/ou auxiliares de coagulação de origem orgânica. Entre elas, destaca-se o Chico-magro (*Guazuma ulmifolia*) usado na forma de chá da casca do caule e o Cacau (*Theobroma cacao*) usado na forma de pó da casca (ALMEIDA 2009). Dentre as diversas plantas utilizadas a que mais se destacou foi a *Moringa oleifera*, que contém agentes ativos com propriedade coagulante. A *Moringa oleifera* pode ser

encontrada em diversos países da Ásia, África e América Latina (BHATIA et al. 2007).

### 3.4 *Moringa oleifera*

A *Moringa oleifera* é uma planta da família das moringáceas, mais conhecidas simplesmente por moringas. Essa é uma planta tropical originária da Índia, mas, cresce atualmente em vários países com climas tropicais como, Etiópia, Quênia, Madagascar, Egito, entre outros (MENDES; COELHO, 2007). Também pode ser encontrada no nordeste brasileiro.

Suas sementes contêm quantidades significativas de proteínas solúveis em água, as quais apresentam propriedade coagulante (KATAYON et al., 2006). O seu crescimento é rápido mesmo em solos com pouca umidade (KWAAMBWA, MAIKOKERA; 2008). Suas folhas possuem alto teor de proteína, cerca de 27% e são ricas em vitaminas A e C, cálcio, ferro e fósforo. Com isso, na Indonésia e no Timor Leste, usam-se as folhas para fazer um prato chamado *makansufa*, no qual as folhas são fritas em óleo de coco e são comidas com arroz. A partir da semente pode-se extrair um óleo, que é utilizado no preparo de alimentos, na produção de sabonetes, cosméticos e combustível para lamparinas (ALMEIDA, 2009).

A ação coagulante da moringa deve-se às proteínas que são polieletrólitos catiônicos de alto peso molecular, os quais neutralizam as partículas contidas na água e coagulam os coloides de carga negativa (ALMEIDA, 2009). O mecanismo de coagulação/floculação utilizando-se *Moringa oleifera* se assemelha ao mecanismo ocasionado por polieletrólitos, no qual, não há reações de neutralização entre o coagulante e a água para formar complexos gelatinosos, como ocorre com coagulantes derivados de sais de alumínio e ferro. Ainda, este tipo de coagulação pode ocorrer em uma grande faixa de pH, entre 4,0 a 12,0 (BORBA, 2001).

Quando o pó das sementes é adicionado à água turva, essas proteínas liberam cargas positivas o que atrai as partículas carregadas negativamente, como barro, argila, bactérias e outras partículas tóxicas presentes na água (NKURUNZIZA et al., 2009 apud PEREIRA et al., 2014). Quando as proteínas se ligam com as cargas negativas, as partículas se agregam e ocorre a formação de flocos, esse

processo é chamado de floculação. Assim, as partículas acabam por sedimentar-se (PEREIRA et al., 2014).

Os extratos dessas sementes contêm agentes ativos que possuem excelentes propriedades coagulantes e também são reportados por exercer atividade antibacteriana, principalmente contra bactérias gram positivas e gram negativas (MUYIBI et al., 2013). Estudos mostram que as sementes de moringa possuem um polipeptídeo “flo” que age tanto como coagulante como exerce efeito antibacteriano em cepas de bactérias nocivas (SUAREZ et al., 2003)

A substituição dos sais metálicos para a clarificação da água por coagulantes naturais como as sementes da *Moringa oleifera*, destaca-se por ser um processo efetivo como agente coagulante e na redução de patógenos de águas brutas, pela redução da turbidez, não requer ajuste de pH, não causa problemas de corrosão, é mais barato que outros métodos, e por fim, produz baixo volume de lodo (SILVA, 2005; PINTO, 2006).



## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa experimental, com a finalidade de analisar em laboratório o uso da semente da planta *Moringa oleifera* como coagulante natural na limpeza de águas de piscinas. A metodologia aplicada foi à quantitativa, devido à obtenção de resultados numéricos.

### 4.1 MATERIAL EM ESTUDO

As sementes da *Moringa oleifera* foram adquiridas de uma fazenda na cidade de Maringá-PR e armazenadas em refrigerador comercial. Os demais reagentes necessários para a análise foram fornecidos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Londrina (UTFPR-LD).

### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 Coleta da Água

Para os primeiros testes foram coletados cerca de 20 litros de água de piscina de uma propriedade particular da cidade de Londrina. Em virtude da manutenção exemplar da piscina, os testes subsequentes foram realizados com água de uma segunda piscina também particular da cidade de Londrina. A segunda piscina estava sem tratamento cerca de 30 dias e foram retirados 30 litros de água.

#### 4.2.2 Preparo das Soluções

##### 4.2.2.1 Preparo da solução salina do coagulante natural *Moringa oleifera*

A solução salina de moringa foi prepara por dois métodos diferentes. No primeiro método, triturou-se 10 gramas de sementes de *Moringa oleifera* em um liquidificador contendo 1 litro de solução salina de NaCl na concentração de 1 mol/L. Em seguida, a solução foi mantida em agitação magnética por 20 minutos, posteriormente, filtrou-se a solução, obtendo-se a extração dos componentes ativos da *Moringa oleifera* em meio salino.

No segundo método de extração, ao invés de triturar as sementes em liquidificador, as mesmas foram trituradas em um almofariz e pistilo, para depois serem adicionadas em 1 litro de solução salina (NaCl 1mol/L). Então, a solução foi mantida em agitação magnética por 20 minutos e posteriormente, filtrou-se a solução obtendo-se a extração dos componentes ativos da moringa em meio salino.

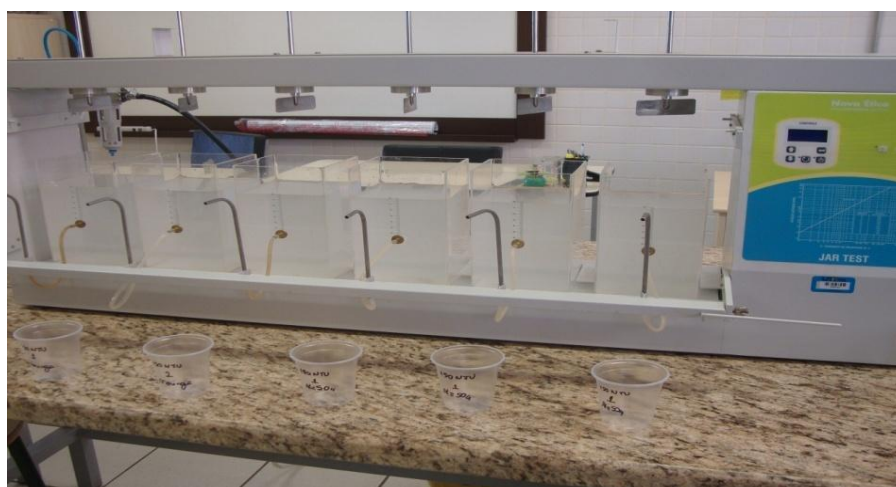
#### 4.2.2.2 Preparo da solução do coagulante químico sulfato de alumínio

A solução de sulfato de alumínio foi preparada a partir da adição de 10 mg de  $Al_2(SO_4)_3$  em 1 L de água (sulfato de alumínio 1%), sendo submetida à agitação constante para que ocorresse a dissolução completa da porção sólida.

#### 4.2.3 Eficiência da *Moringa oleifera* por Meio de Duas Diferentes Metodologias Distintas de Obtenção do Coagulante Natural

##### 4.2.3.1 Ensaio coagulação/floculação

As experiências ocorreram no laboratório de saneamento da UTFPR-LD utilizando o *Jar Test* (Figura 1), que consistiram na realização de ensaios para determinação das condições ótimas das etapas de coagulação/floculação usando a solução salina de *Moringa oleifera*. O *Jar Test* possui seis recipientes graduados, sendo que estes foram preenchidos com 2 litros de água de piscina.



**Figura 1 – Equipamento *Jar Test* contendo as amostras antes do início da rotação**  
Fonte: arquivo próprio do autor

Nos 3 primeiros jarros foram adicionados, respectivamente, 35mL, 45mL e 55mL da solução preparada com a moringa triturada em liquidificador. Nos outros 3, repetiu-se o mesmo procedimento, agora com a solução feita com moringa triturada em almofariz. O aparelho foi ligado a uma velocidade de agitação inicial de 200 rpm, a fim de homogeneizar o conteúdo dos recipientes. Após 15 segundos, a rotação foi reduzida a 100 rpm por 3 minutos simulando o processo de coagulação e, por fim, a velocidade foi reduzida novamente, desta vez para 15 rpm durante 10 minutos para a simulação do processo de floculação.

Decorrido esta primeira etapa do procedimento, as pás de agitação foram desligadas e a amostra foi deixada em repouso por 10 minutos, para que no decorrer deste intervalo, as partículas presentes na água sofressem o processo de sedimentação. Em seguida, coletou-se uma amostra de cada frasco e analisou-se os parâmetros de turbidez, cor e pH. Este procedimento foi repetido para os tempos de 20, 30 e 40 minutos, para que fosse avaliado o desempenho dos coagulantes em contato com a água no decorrer deste.

Durante os ensaios os parâmetros foram analisados de acordo com American Public Health Association (APHA).

#### 4.2.4 Teste para Determinar Quantidade Ótima de Solução Salina de *Moringa oleífera* para o Tratamento de Águas de Piscina.

Nesta etapa, as experiências foram realizadas em laboratório com auxílio de um agitador magnético, para determinação da quantidade ótima de solução salina de moringa. Utilizaram-se 6 béqueres de 1 L e 6 agitadores magnéticos. Os seis béqueres foram completados com água de piscina, e em seguida, foram adicionados, respectivamente, 1 mL, 2 mL, 4 mL, 8 mL e 12 mL da solução de *Moringa oleífera* triturada em liquidificador. Então, ligou-se o agitador magnético em uma velocidade máxima para a homogeneização do conteúdo dos recipientes por um tempo de 15 segundos. Em seguida, a rotação foi reduzida para a metade da inicial e aguardou-se 10 minutos. Após esse tempo a agitação foi desligada.

Na etapa seguinte, coletou-se uma amostra de cada frasco para análise dos parâmetros de turbidez realizado em turbidímetro AP 2000 da marca Policontrol; cor realizada em espectrômetro da marca Perkin Elmer Lambda 25 em termos de absorbância a 455 nm; pH em um peagâmetro. Este procedimento foi repetido 8

vezes com uma diferença de tempo de 30 minutos, totalizando 240 minutos. Ao final, foram colhidos os dados para uma análise quantitativa.

#### 4.2.5 Análise da *Moringa oleifera* em relação ao sulfato de alumínio na limpeza de águas de piscinas

##### 4.2.5.1 Ensaio de coagulação/floculação

Os ensaios de coagulação/floculação com a moringa e o sulfato de alumínio foram realizados em dias diferentes. Para o sulfato de alumínio, usou-se três béqueres de 1 litro, todos completos com água de piscina. Então, adicionou-se no primeiro béquer 6 mL, no segundo 8 mL e no terceiro 12 mL da solução do coagulante químico. Posteriormente, ligou-se o agitador magnético em uma velocidade máxima para a homogeneização do conteúdo dos recipientes por um tempo de 15 segundos. Em seguida, a rotação foi reduzida para a metade da inicial e aguardou-se 10 minutos. Após esse tempo a agitação foi desligada. Após 5 minutos coletou-se uma amostra de cada frasco para análise dos parâmetros de turbidez e pH. Repetiu-se esse procedimento mais 4 vezes em um intervalo de 10 minutos cada.

Com o coagulante natural (solução salina de moringa triturada em liquidificador), usou-se 3 béqueres contendo 1 litro de água de piscina cada, então, adicionou-se 1 mL, 2 mL e 4 mL respectivamente em cada béquer. Os procedimentos realizados foram os mesmos, diferenciando apenas o tempo de coleta das amostras para análises da turbidez e do pH, que foram 4 vezes em um intervalo de 30 minutos cada. Por fim, coletaram-se os dados para uma análise quantitativa.

#### 4.2.6 Análise da Eficiência da *Moringa oleifera* com Sulfato de Alumínio

##### 4.2.6.1 Ensaio de coagulação/floculação

Inicialmente, foi adicionada em sete béqueres de 1L a água de piscina. Então, adicionou-se em cada béquer 1 mL de solução salina de moringa triturada em

liquidificador. Em seguida, adicionou-se o coagulante sulfato de alumínio nas seguintes proporções 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% m/m. Para a limpeza de água de piscina com sulfato de alumínio são necessários 0,03g do coagulante para 1L de água segundo o rótulo, sendo assim, as porcentagens a serem adicionadas foram baseados nesses valores. Na etapa seguinte, coletou-se amostras a cada 30 minutos de cada béquer para análise de cor, turbidez e pH (total de tempo 240 minutos).

#### 4.2.7 Análise da eficiência da *Moringa oleifera* em solução salina e em pó durante tempo de estocagem

##### 4.2.7.1 Preparo da *Moringa oleifera* em pó

Para o preparo da *Moringa oleifera* em pó as sementes foram descascadas (20g) e levadas para a estufa a 70°C por 6 horas. Na etapa seguinte, trituraram-se as sementes com a ajuda de um almofariz e pistilo e em seguida armazenou-se em um frasco a temperatura ambiente.

##### 4.2.7.2 Ensaio de coagulação/floculação para o teste do efeito de estocagem

Primeiramente, usou-se 2 béqueres de 1L, todos completos com água de piscina a ser estudada. No primeiro béquer adicionou-se 1 grama de *Moringa oleifera* em pó, seca e triturada e no segundo béquer foi adicionado 1mL da solução salina de moringa (preparada conforme a seção 4.2.5.1) mais 10% m/m de sulfato de alumínio (0,003g). Posteriormente, ligou-se o agitador magnético em uma velocidade máxima para a homogeneização do conteúdo dos recipientes por um tempo de 15 segundos. Em seguida, a rotação foi reduzida para a metade da inicial e aguardou-se 10 minutos. Após esse tempo a agitação foi desligada. Então, realizou-se o ensaio de cor, turbidez. Os ensaios foram repetido 4 vezes em um intervalo de 7 dias cada (28 dias). Por fim, coletaram-se os dados para uma análise quantitativa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 EFICIÊNCIA DA *Moringa oleifera* POR MEIO DE DUAS DIFERENTES METODOLOGIAS DISTINTAS DE OBTENÇÃO DO COAGULANTE NATURAL.

O primeiro parâmetro a ser avaliado foi a turbidez. Para esse teste usou-se a água da primeira coleta. Pode-se observar na Tabela 1 que ocorreram índices de redução da turbidez somente com a moringa triturada em liquidificador para os diferentes volumes utilizados, destacando-se o volume de 35 mL que obteve uma porcentagem de redução da turbidez de 81,69%. Entretanto, para a moringa pilada não foi observado redução significativa da turbidez, apresentando apenas 10,70% de redução para a concentração de 55 mL de coagulante.

**Tabela 1: Redução da porcentagem (%) da turbidez da água de piscina para diferentes concentrações de coagulante em diferentes tipos de tratamento**

Tipos de tratamento	35 mL	45 mL	55 mL
Moringa triturada (liquidificador)	81,69 %	77,60 %	77,30 %
Moringa Triturada (almofariz)	0 %	0 %	10,70 %

Esses resultados evidenciam que a solução salina de moringa triturada em liquidificador foi mais eficiente do que a solução salina de moringa triturada em almofariz. Para comprovar essa eficiência testes foram realizados para o parâmetro cor, no qual, a cor da água sem tratamento apresentou valor de 67 Unidades de Cor (uC) a 455 nm. A Tabela 2 mostra os resultados de porcentagem de redução da cor da água de piscina para os dois tipos de métodos utilizados. Pode-se observar que para a solução salina de moringa triturada em liquidificador ocorreu redução média de 68% da cor. Entretanto, para a solução salina de moringa triturada em almofariz a redução da cor foi bem menor (média de 18,7%) com leve aumento para concentração de 55 mL de coagulante.

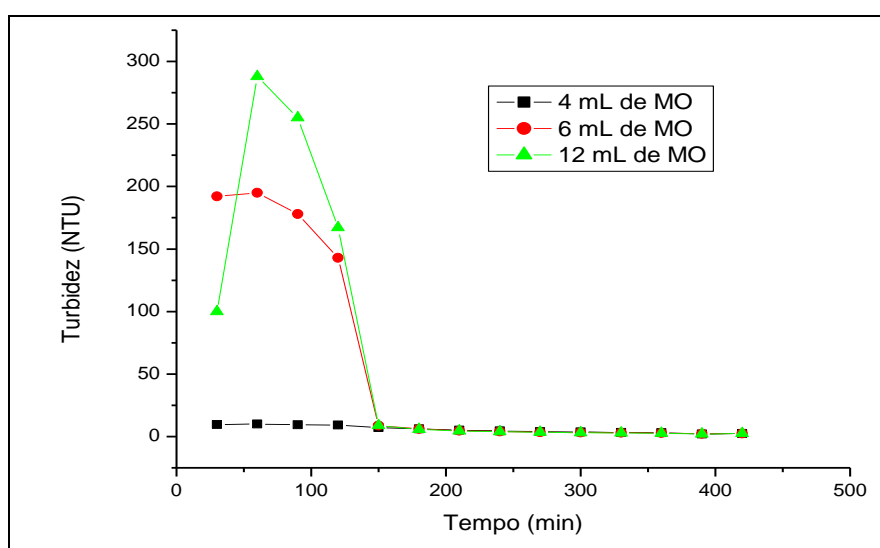
O fato da solução salina de moringa triturada em almofariz ser menos eficiente, está relacionado ao método de extração (pilagem), o qual não extraiu completamente os princípios ativos de coagulação.

**Tabela 2: Porcentagem de redução (%) da cor da água de piscina para diferentes quantidades (mL) de coagulante e diferentes tipos de tratamento**

Tipos de tratamento	35 mL	45 mL	55 mL
Moringa triturada (liquidificador)	69,11 %	67,35 %	68,50 %
Moringa triturada (almofariz)	16,12 %	14,70 %	25,00 %

## 5.2 AVALIAÇÃO DO TEMPO E VOLUME IDEAL DA SOLUÇÃO SALINA DE *Moringa oleifera* NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE PISCINA.

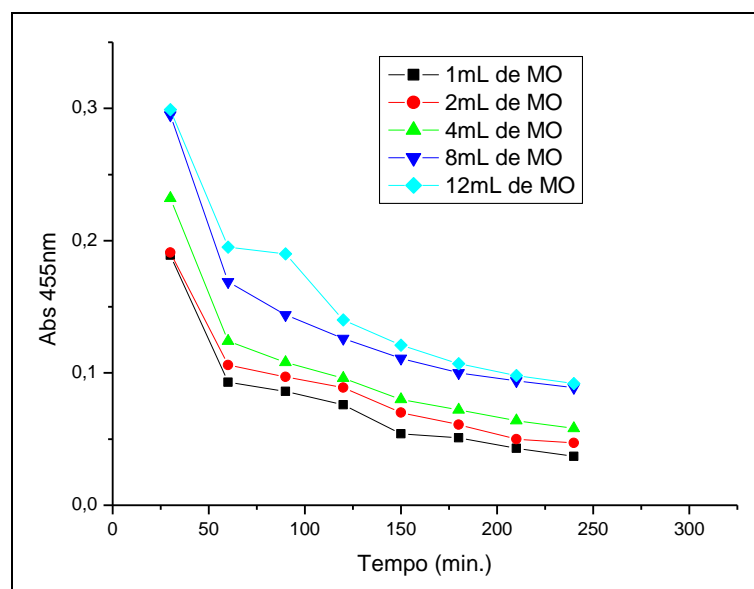
Esse e os demais testes foram realizados usando-se a água da segunda coleta. A Figura 2 apresenta diferentes valores de redução de turbidez para águas de piscina com um tempo total de teste de 420 min. Observa-se que após cerca de 150 minutos houve uma estabilização da redução da turbidez. Com isso, nos testes futuros o tempo total foi reduzido para 240 minutos para garantir a total redução de turbidez.



**Figura 2 –Redução da turbidez em águas de piscina pelo tempo utilizando diferentes volumes solução salina de moringa (MO) triturada**

Os primeiros testes realizados mostraram que, com um maior volume de moringa utilizado ocorre um aumento da cor e turbidez. Esse resultado pode ser explicado pelo aumento da carga orgânica presente na água, uma vez que a moringa é rica em componentes orgânicos como óleos, proteínas e outros (NISHI, et al., 2011).

Nesse sentido, fez-se necessário a otimização de um volume que fosse eficiente e não aumentasse os parâmetros iniciais da água (cor e turbidez). Partindo das sementes de moringa triturada, foram feitos testes com diferentes volumes de solução salina de moringa como mostrado na Figura 3.



**Figura 3 – Redução da cor da água de piscina em diferentes volumes de moringa pelo tempo**

Todos os volumes de moringa foram eficientes na redução da cor da água conforme a figura 3. Mas, quando comparados entre si, o volume que mais se destacou foi 1 mL. É possível observar também, que o volume de 1 mL turvou menos a água (0,189 abs. depois de 30 minutos) em comparação com 12 mL (0,299 abs. depois de 30 minutos).

Com base na tabela 3, pode-se observar que o volume de 1mL utilizado reduziu cerca de 95,20% da cor da água depois de 240 minutos. Conforme foi aumentando o volume solução salina de moringa, essa porcentagem de redução foi reduzindo. Assim, o volume de 12 mL reduziu, aproximadamente, 88,07%. Esse decaimento da eficiência pode ser atribuído ao fato do grande volume de solução



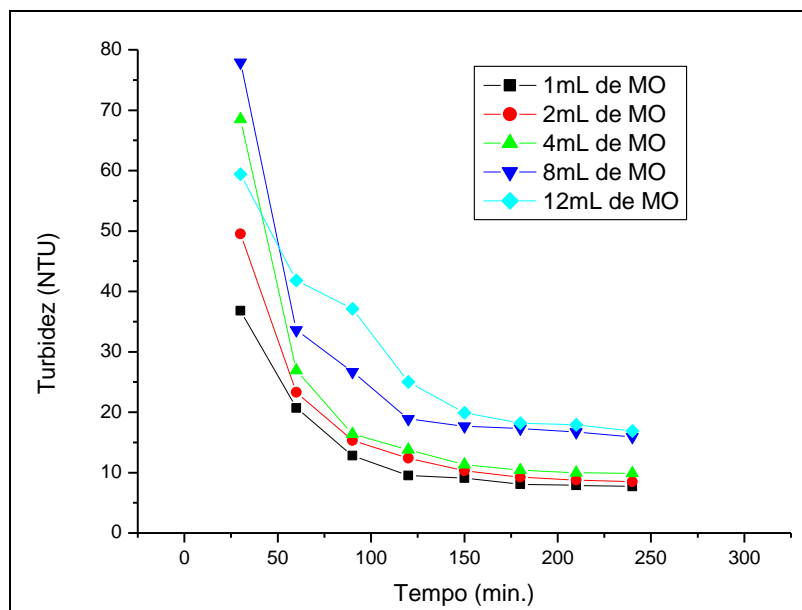
salina de moringa adicionado, que turvou mais a água antes do processo de coagulação/floculação devido sua característica oleaginosa.

**Tabela 3 – Porcentagem da redução da cor para água de piscina em diferentes volumes de solução salina de moringa**

<b>Tempo min</b>	<b>1 mL de Moringa (%)</b>	<b>2 mL de Moringa (%)</b>	<b>4 mL de Moringa (%)</b>	<b>8 mL de Moringa (%)</b>	<b>12 mL de Moringa (%)</b>
30	75,49	75,23	69,91	61,74	61,22
60	87,94	86,25	83,92	78,08	74,71
90	88,85	87,42	85,99	81,32	75,36
120	90,14	88,46	87,55	83,66	81,84
150	93,00	90,92	89,62	85,60	84,31
180	93,39	92,09	90,66	87,03	86,12
210	94,42	93,51	91,70	87,81	87,29
240	95,20	93,90	92,48	88,46	88,07

**Absorbância da água antes do tratamento, 0,771 à 455 nm**

Testes do parâmetro turbidez com diferentes volumes de solução salina de moringa também foram realizados como pode ser observado na Figura 4, e mostraram o mesmo padrão do parâmetro da cor (Figura 3).



**Figura 4 – Redução da turbidez da água de piscina em diferentes volumes de solução salina de moringa pelo tempo**

Na tabela 4, pode-se observar que o volume de 1 mL de moringa reduziu cerca de 92,37% da turbidez, enquanto que o volume de 12 mL reduziu aproximadamente 83,27%, o que afirma o decréscimo da eficiência, quando se aumenta o volume de solução salina de moringa.

**Tabela 4 – Porcentagem da redução da turbidez para água de piscina (NTU) em diferentes volumes de solução salina de moringa.**

Tempo min	1 mL de Moringa (%)	2 mL de Moringa (%)	4 mL de Moringa (%)	8 mL de Moringa (%)	12 mL de Moringa (%)
30	63,56	50,99	32,18	22,87	41,19
60	79,50	76,93	73,37	66,73	58,61
90	87,33	84,85	83,76	73,56	63,27
120	90,56	87,72	86,34	81,29	75,25
150	91,01	89,80	88,81	82,48	80,30
180	92,02	90,87	89,70	82,87	81,98
210	92,19	91,31	90,13	83,47	82,28
240	92,37	91,58	90,21	84,26	83,27

Logo, em relação à redução da turbidez e cor, o uso do volume de 1 mL de moringa foi o que se mostrou mais eficaz. Com isso, os próximos testes foram realizados com base nesse valor.

### 5.3 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA *Moringa oleifera* EM RELAÇÃO AO SULFATO DE ALUMÍNIO.

Pode-se observar nas Tabelas 5 e 6 que a solução salina de moringa apresentou uma menor eficiência da redução da turbidez quando comparada ao uso do sulfato de alumínio. Nota-se que com o coagulante natural (Tabela 5) a redução de 90% foi alcançada somente após 120 minutos (2 horas). Entretanto, esse valor de redução da turbidez conforme observado na Tabela 6, foi alcançado em apenas 30 minutos quando utilizado a solução de 6 mL de sulfato de alumínio 1%.

**Tabela 5: Redução da turbidez em porcentagem (%) para 1 mL de solução salina de moringa**

Tempo min.	Turbidez NTU	% de redução turbidez
30	36,80	63,20
60	20,70	79,30
90	12,80	87,20
120	9,53	90,47

**Tabela 6: Redução da turbidez em porcentagem (%) para 6 mL de solução  $Al_2(SO_4)_3$**

Tempo min.	Turbidez NTU	% de redução turbidez
5	4,36	64,30
10	1,41	88,40
20	1,28	89,50
30	1,21	90,10
40	1,22	90,00

Embora o sulfato de alumínio apresente ótimos valores de redução de cor e turbidez, estudos recentes mostram problemas de saúde associados a exposição ao alumínio residual do tratamento da água, como irritação dos olhos e mucosa

respiratória (KATAYON et al., 2006). Ensaio realizados também mostraram que o sulfato de alumínio altera significativamente o pH da água (Tabela 7).

**Tabela 7: Variação do pH na água de piscina com adição de diferentes volumes de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (pH inicial da água 7,09)**

<b>Tempo min</b>	<b><math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math> 6mL</b>	<b><math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math> 8 mL</b>	<b><math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math> 10 mL</b>
5	6,00	5,70	4,90
10	6,10	5,60	4,90
20	5,90	5,70	5,00
30	6,20	5,70	5,10
40	6,20	5,80	5,20

Porém, de acordo com os resultados da Tabela 8, observa-se que as amostras tratadas com moringa apresentaram pouca variação de pH, sendo aproximadamente 1,55% com uma média de 7,00. Já para o  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  tem-se uma média de pH 5,53, sendo uma variação na ordem de 21,6%. Para o tratamento de água de piscina com sulfato há a necessidade de um ajuste de pH final, normalmente utiliza-se carbonato de sódio, o que ocasiona a adição de mais um produto químico e o aumento do custo do tratamento.

**Tabela 8: Variação do pH na água de piscina com adição de diferentes volumes de solução de moringa salina (pH inicial da água 7,09)**

<b>Tempo min</b>	<b>Moringa 1mL</b>	<b>Moringa 2 mL</b>	<b>Moringa 4 mL</b>
30	7,06	7,0	6,95
60	6,97	6,95	6,90
90	7,0	6,97	7,03
120	7,06	6,99	7,00

Ainda, o pH abaixo de 7,0 pode causar irritação na pele e nos olhos (pH ideal da água 7,2, próximo ao pH da lágrima), bem como corrosão dos equipamentos. De acordo com esses resultados a moringa apresenta vantagem em

relação ao sulfato de alumínio, visto que, a moringa não afeta o pH da água de piscina de maneira significativa

Durante os testes, notou-se que a solução salina de moringa não foi tão eficiente para água de maior turbidez, com isso, testes de turbidez, cor e pH foram realizados adicionando porcentagens de sulfato de alumínio na solução salina de moringa. Esses testes tiveram o objetivo de aumento da eficiência da moringa com o uso mínimo de sais de sulfato.

#### 5.4 EFICIÊNCIA DO USO DE *Moringa oleifera* COM PORCENTAGENS DE SAIS DE SULFATO

No intuito de melhorar a eficiência do coagulante de moringa para tratamento de águas de piscina, foram feitos testes com diferentes porcentagens de sulfato de alumínio. A Figura 5 apresenta redução do parâmetro cor para as diferentes porcentagem de  $Al_2(SO_4)_3$  adicionadas. Os valores de massa de  $Al_2(SO_4)_3$  foram baseados nos dados da embalagem do produto comercial. Valor de cor da água antes do tratamento 0,521 abs. 455 nm.

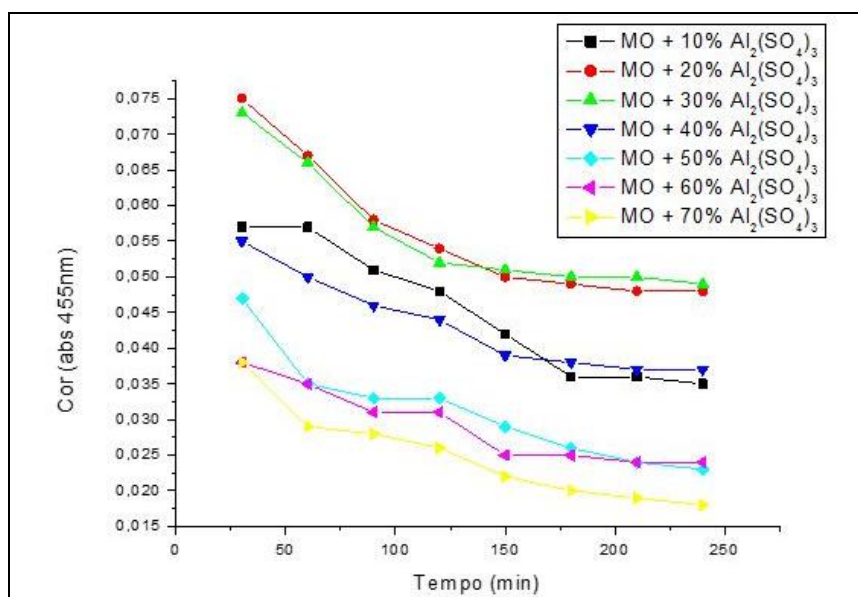


Figura 5 - Redução da cor da água de piscina em diferentes porcentagens de sulfato de alumínio

Observa-se na Figura 5 que durante todo o tempo, os testes feitos com 10% de sulfato são mais eficientes na redução de cor quando comparados com as porcentagens de 20, 30 e 40%. Segundo a Tabela 9, verifica-se que as porcentagens de redução finais foram todas acima de 90%, destacando novamente a porcentagem de redução da cor utilizando 10% de sulfato (3,00 mg para 1L) que foi de 93,28%. Ao comparar com a de 70% de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (21,00 mg para 1L) que foi de 96,55%, observa-se que houve um aumento de 7 vezes na massa de sulfato, com um aumento de apenas 3,3% na eficiência. Com isso, a melhor proporção a ser utilizada seria a de 10%.

**Tabela 9 – Tabela da porcentagem da redução da cor para água de piscina (0,521 abs. 455 nm) com diferente massas de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$**

Tempo min	MO +	MO +	MO +	MO +	MO +	MO +	MO +
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%
	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
30	89,06	85,60	85,99	89,44	90,98	92,71	92,71
60	89,06	87,14	87,33	90,40	93,28	93,28	94,43
90	90,21	88,87	89,06	91,17	93,67	94,05	94,63
120	90,79	89,64	90,02	91,55	93,67	94,05	95,01
150	91,94	90,40	90,21	92,51	94,43	95,20	95,78
180	93,09	90,60	90,40	92,71	95,01	95,20	96,16
210	93,09	90,79	90,40	92,90	95,39	95,39	96,35
240	93,28	90,79	90,60	92,90	95,59	95,39	96,55

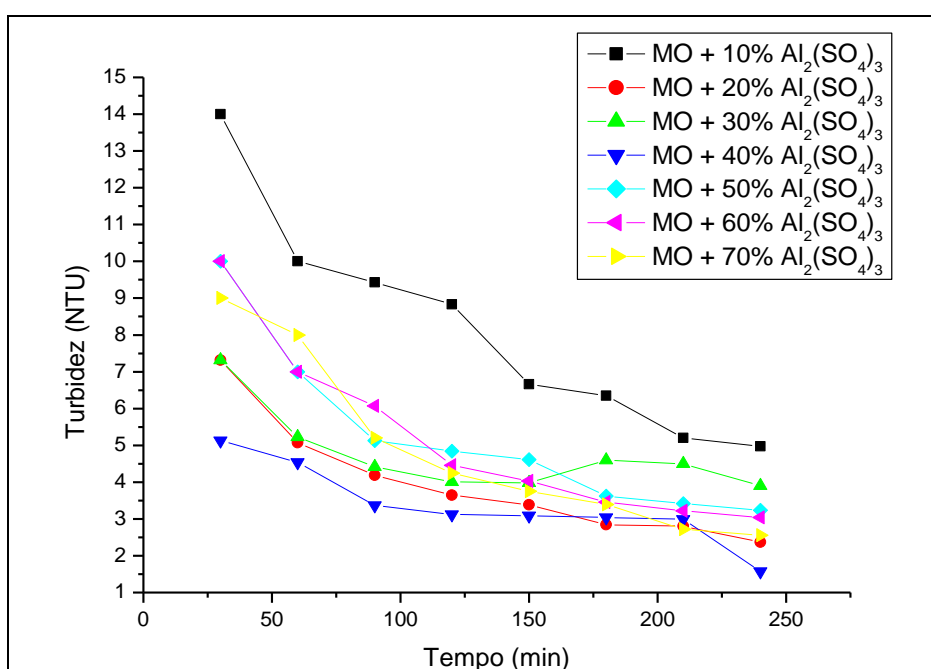
Além dos testes de redução da cor, também foram realizados testes analisando o pH (Tabela 10).

**Tabela 10 – Tabela do parâmetro pH para diferentes adições de massas de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (pH inicial, 7,98)**

Tempo min	MO + 10% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (%)	MO + 20% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (%)	MO + 30% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (%)	MO + 40% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (%)	MO + 50% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (%)	MO + 60% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (%)	MO + 70% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (%)
30	7,96	7,87	7,91	7,69	7,63	7,55	7,53
60	7,90	7,73	7,79	7,83	7,61	7,58	7,57
90	7,97	7,80	7,92	7,82	7,63	7,64	7,55
120	7,84	7,75	7,83	7,81	7,63	7,60	7,53
150	7,80	7,72	7,84	7,86	7,71	7,61	7,59
180	7,83	7,76	7,82	7,83	7,69	7,62	7,55
210	7,82	7,78	7,81	7,84	7,68	7,62	7,56
240	7,81	7,75	7,79	7,83	7,69	7,61	7,55

Com base na Tabela 10, pode-se afirmar que a variação de pH foi insignificativa, reduzindo aproximadamente de 0,50 do pH para a adição de 70%. Logo, pode-se afirmar que, além de melhorar a eficiência da moringa, a adição de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  com a solução salina de moringa não interfere no pH da água de piscina.

Para comprovar a eficiência da solução salina de moringa com sulfato de alumínio, foi analisado também testes de turbidez (Figura 6). Valor de turbidez inicial da água bruta 112 NTU.



**Figura 6 - Redução da turbidez da água de piscina em diferentes porcentagens de sulfato de alumínio**

Para melhor visualização os resultados da Figura 6 foram transformados em porcentagem (Tabela 11).

**Tabela 11- Redução da turbidez (NTU) da água de piscina para diferentes volume de moringa contendo diferentes concentrações de sulfato**

Tempo min	MO + 10% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (%)	MO + 20% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (%)	MO + 30% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (%)	MO + 40% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (%)	MO + 50% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (%)	MO + 60% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (%)	MO + 70% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (%)
30	87,50	93,46	93,46	95,42	91,07	91,07	91,96
60	91,07	95,47	95,33	95,95	93,75	93,75	92,86
90	91,58	96,26	96,05	96,99	95,42	94,58	95,36
120	92,12	96,74	96,42	97,21	95,68	96,02	96,21
150	94,05	96,98	96,45	97,24	95,88	96,40	96,65
180	94,33	97,46	95,89	97,29	96,77	96,91	96,97
210	95,36	97,50	95,98	97,33	96,95	97,13	97,57
240	95,56	97,88	96,51	97,71	97,11	97,29	97,71

Os resultados finais da redução da turbidez apresentaram valores de porcentagem superiores a 95% para todas as concentrações de sulfato adicionadas. Esses valores comprovam que a utilização de 10% de sulfato em conjunto com 1 mL do coagulante natural formam uma composição sustentável e eficiente, que com apenas 60 minutos, atingiu mais de 90% de redução da turbidez, o que reforça ainda mais a eficácia utilização da proporção de 10%.

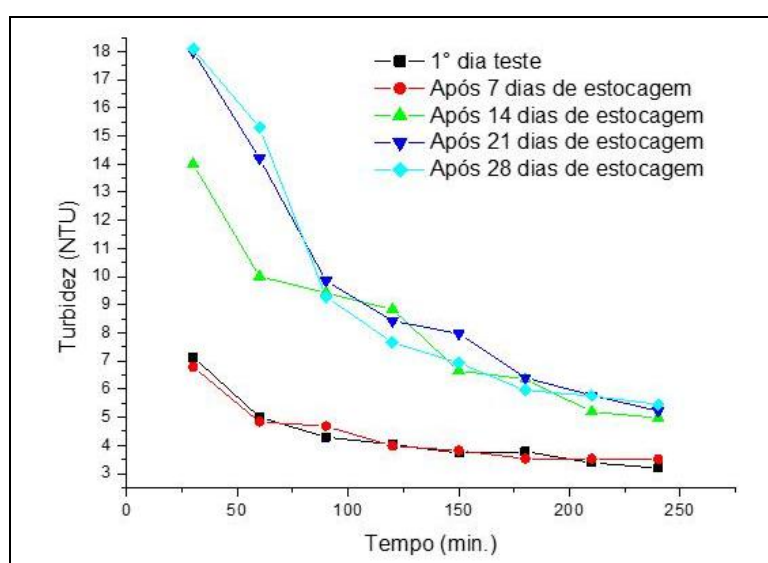
### 5.5 EFEITOS DO TEMPO DE ESTOCAGEM NA EFICIÊNCIA DO COAGULANTE NATURAL *Moringa oleifera* EM SOLUÇÃO SALINA E EM PÓ.

Em geral, para todos os experimentos a moringa apresentou redução eficiente da turbidez. A comparação entre a turbidez residual da água de piscina tratada com solução salina de moringa com diferentes tempos de estocagem revelou que com o aumento do tempo da estocagem ocorreu um leve decréscimo da



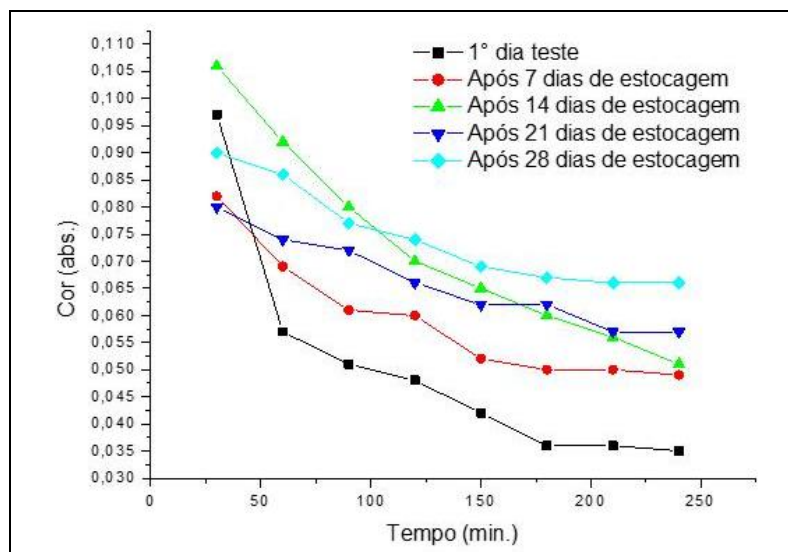
eficiência da moringa, ou seja, um aumento da turbidez residual quando comparado com os experimentos realizados nas mesmas condições.

A moringa apresentou ótima eficiência em termos de redução da turbidez quando analisada antes da estocagem, com redução de 97,0% da turbidez (turbidez inicial  $105 \pm 4$  NTU). Após 28 dias de estocagem a redução da turbidez foi de 94,8%, ou seja, uma diferença muito pequena em termos de redução da eficiência (2,2%) conforme pode ser observado na Figura 7, o que não apresenta problemas no tratamento de piscinas.



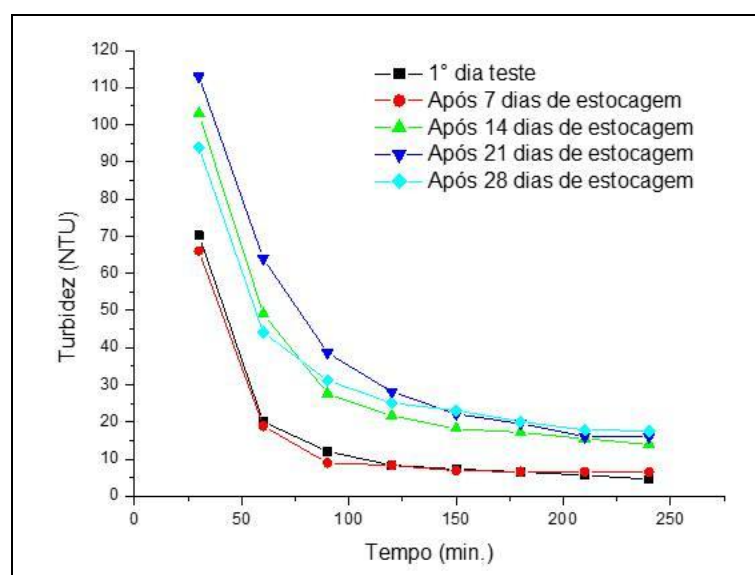
**Figura 7 - Redução da turbidez da água de piscina versus tempo para diferentes dias de estocagem utilizando solução salina com 10% de sulfato de alumínio**

Testes de redução da cor também foram realizados para analisar a eficiência da moringa quando a solução salina de moringa mais 10% de sulfato de alumínio foi estocada por vinte oito dias. A Figura 8 mostra que também houve pouca variação da eficiência da moringa quanto à redução da cor de água de piscina. A moringa também apresentou boa eficiência em termos de redução da cor quando analisada antes da estocagem, com redução de 92,20% da turbidez (turbidez inicial  $0,449 \pm 0,01$  abs.). Após 28 dias de estocagem a redução da cor foi de 85,30%, ou seja, uma diferença de redução da eficiência (6,89%), esses resultados confirmam que não há percas significativas da eficiência durante o tempo de estocagem de 28 dias.



**Figura 8 - Redução da cor da água de piscina versus tempo para diferentes dias de estocagem**

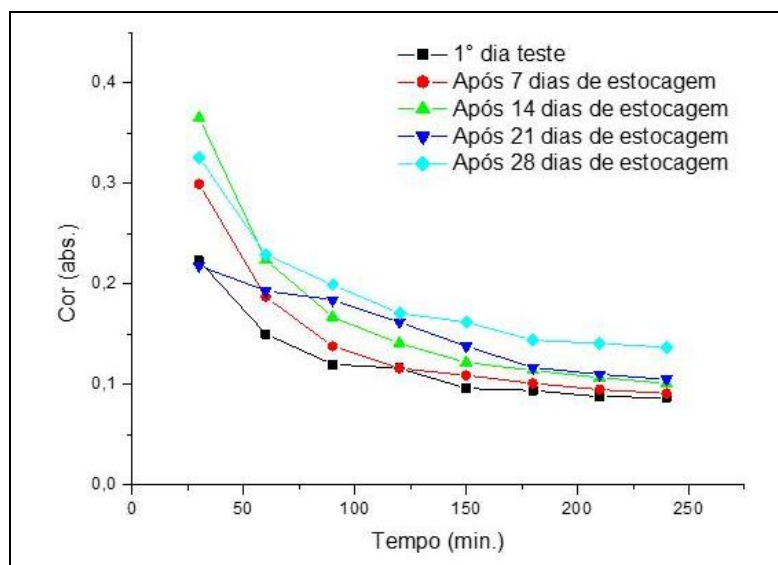
A Figura 9 mostra que a redução da turbidez da água de piscina quando utilizado a moringa em pó para o teste de efeitos de estocagem foi eficiente. Sendo a eficiência do primeiro dia 95,7 % e depois de 28 dias 83% de eficiência de redução.



**Figura 9 - Redução da turbidez da água de piscina versus tempo para diferentes dias de estocagem. Moringa seca e triturada**

Testes levando em consideração a redução da cor de água de piscina utilizando moringa em pó também foram realizados (Figura 10). A redução da cor no

primeiro dia foi de 80,6% e vinte e oito dias depois a eficiência de redução foi de 69,5%.



**Figura 10 - Redução da cor da água de piscina versus tempo para diferentes dias de estocagem. Moringa seca e triturada**

Pode-se afirmar que a solução salina de moringa mais 10% de sulfato de alumínio apresentou resultados mais satisfatórios em termos de eficiência do coagulante quando comparada ao processo de secagem da semente e trituração até formação de pó. Esses resultados podem ser explicados uma vez que o pó aumenta a cor e turbidez inicial, retardando o processo de coagulação/floculação.

Sendo assim, pode-se concluir que a estocagem da solução de moringa pode ser feita no período de 28 dias sem perda significativa da eficiência tanto para moringa em solução salina, quanto para moringa em pó. Esses resultados estão em concordância com a literatura (KATAYON et al., 2006).

## 6 CONCLUSÃO

Os estudos feitos neste trabalho mostraram que a *Moringa oleifera* é eficiente como coagulante natural no tratamento de águas de piscinas, e que pode ser utilizado para tal.

Dentre as duas metodologias utilizadas para a obtenção dos extratos com efeitos coagulantes, a que mais se destacou e obteve maior eficiência na redução de cor e turbidez com cerca de 81,69% foi a trituração com solução salina.

A solução salina de moringa apresentou maior eficácia e sustentabilidade quando misturada com 10% de sulfato de alumínio com redução de 93,28% da cor e 95,56% da turbidez, visto que, a moringa tem maior eficiência na redução de turbidez para águas mais turvas, e com a mistura, pode-se tratar águas com menor quantidade de turbidez residual.

Ao comparar a moringa em pó em relação à solução salina com 10% de sulfato de alumínio, pode-se notar que a solução salina foi a que apresentou melhores rendimentos.

Durante os 28 dias de estocagem da solução salina de moringa, os resultados variaram sem perda significativa da eficiência sendo cerca de 2,2% para turbidez e 6,89% para cor, o que, torna mais viável uma possível criação de um produto sustentável para limpeza de águas de piscina.

Portanto, o melhor tratamento a ser utilizado para limpeza de águas de piscina é a solução salina de moringa com 10% de sulfato de alumínio.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. B. de. **Clarificação de água utilizando sementes da planta moringa**. 2009. 58 f. TCC – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu, 2009.
- AMUDA, O. S.; ALADE, A. **Coagulation/flocculation process in the treatment of abattoir wastewater. Desalination**. p. 22- 31, 2006.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington, 2012.
- BHATIA, S.; OTHMAN, Z.; AHMAD, A. L. Coagulation–flocculation process for POME treatment using *Moringa oleifera* seeds extract: Optimization studies, *Chemical Engineering Journal*, v. 133, p. 205-212. 2007.
- BORBA, L. R. Viabilidade do Uso da *Moringa oleifera* Lam no Tratamento Simplificado de Água para Pequenas Comunidades. Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Paraíba. Tese (Mestrado). 192 p., 2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 2011, Seção 1, do dia 26 seguinte, página 266.
- CARDOSO, K.C.; BERGAMASCO, R.; COSSICH, E.S.; MORAES, L.C.K. **Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam**. *Acta Sci. Tech. Maringá*, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2008.
- DERISIO, J. C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Signus Editora, 2000.
- DEZOTTI, M. **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos**. Editora E-papers, Rio de Janeiro, 360p., 2008.
- DISTRITO FEDERAL. Companhia de Saneamento Ambiental. **Como a água é tratada**. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/como-a-agua-e-tratada.html>> Acesso em: 29 dez 2014.

ECKENFELDER, W. W. **Industrial Water Pollution Control**. McGraw-Hill Book Company, New York, p. 98-110, 1989.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 3ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

KATAYON, S.; NOOR, M.J.M.M.; ASMA, M.; GHANI, L.A.A.; THAMER, A.M.; AZNI, I. **Effects of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation**. *Bioresource Technology*, 97, p. 1455–1460, 2006.

KWAAMBWA, H., MAIKOKERA, R. Infrared and circular dichroism spectroscopic characterisation of secondary structure components of a water treatment coagulant protein extracted from *Moringa oleifera* seeds. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, Vol. 64, pp. 118-125, 2008.

LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; NASCIMENTO, F. S.; SARMENTO, A. P. **Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias**. *Ambi-Agua*, v. 5, p. 222-231, 2010.

MADRONA, G. S.; SERPELLONI, G. B.; SALCEDO, A. M.; NISHI, L.; CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R. **Study of the effect of saline solution on the extraction of the *Moringa oleifera* seeds active component for water treatment**. *Water Air Soil Pollut*, v.7 211, p. 409-415, 2010.

MENDES, F., COELHO, N. Estudo do uso da *Moringa oleifera* para redução de prata e manganês em águas. Horizonte Científico, Uberlândia, Brasil, 2007.

MUYIBI, A. S. et al. **Statistical Optimization of Process Conditions for Disinfection of Water Using Defatted *Moringa oleifera* Seed Extract**. *International Journal of Environmental*. p. 378-383. 2013.

NISHI L., MADRONA, G. S., GUILHERME, A. L. F., VIEIRA, A. M. S., ARAÚJO, A. A., UGRI, M. C. B. A., BERGAMASCO, R. **Cyanobacteria removal by coagulation/flocculation with seeds of the natural coagulant *Moringa oleifera* Lam**. *Chem. Eng. Trans.* 24. p. 1129–1134, 2011.

PEREIRA et al. Aplicação da *Moringa oleifera* como coagulante natural no tratamento de água de piscina. **V Encontro Nacional de Moringa**. Maringá, 2014.

PINTO, N.O.; HERMES, L.C. **Sistema Simplificado para Melhoria da Qualidade da Água Consumida nas Comunidades Rurais do Semi-Árido do Brasil**. Embrapa, ISSN 1516-4691, Jaguariúna, 2006.

RANGEL, M. S. ***Moringa oleifera*: um Purificador Natural de Água e Complemento Alimentar para o Nordeste do Brasil**. 2009. Flores e Folhas. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A10moringa.htm>> Acesso em: 20 dez. 2014.

RONDEAU, V. **Relation between Aluminum Concentrations in Drinking Water and Alzheimer's Disease: An 8-year Follow-up Study**. American Journal of Epidemiology. p. 59-66. 2000.

SILVA, C.A. **Estudos aplicados ao uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural para melhoria da qualidade de águas**. 2005. *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Minas Gerais, 2005.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: Editora DESA, 2005.

SUAREZ, M., J.M. ENTENZA, C. DOERRIES, E. MEYER, L. BOURQUIN, J. SUTHERLAND, I. MARISON, P. MOREILLON AND N. MERMOD. ***Expression of a plant-derived peptide harboring water-cleaning and antimicrobial activities***. Biotechnol Bioeng. p. 13-20, 2003.

VIEIRA, A. M. S., VIEIRA, M. F., SILVA, G. F., ARAÚJO, A. A. FAGUNDES-KLEN, M. R., VEIT, M. T., BERGAMASCO, R. **Use of *Moringa oleifera* seed as a natural adsorbent for wastewater treatment**. Water Air Soil Pollut. 206. p. 273–281, 2010.