



JEBERSON HENRIQUE BERNARDES

INFLUÊNCIA DO EXTRATO AQUOSO DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* NA PURIFICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO

**INCONFIDENTES – MG
2014**

JEBERSON HENRIQUE BERNARDES

INFLUÊNCIA DO EXTRATO AQUOSO DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* NA PURIFICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof^a. MSc Selma Gouvêa de Barros

Co-orientador: Taciano Benedito Fernandes

**INCONFIDENTES – MG
2014**

JEBERSON HENRIQUE BERNADES

INFLUÊNCIA DO EXTRATO AQUOSO DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* NA PURIFICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO

Data de aprovação: 30 de maio 2014

M.Sc.Selma Gouvêa Barros
(IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes)
Orientadora

Taciano Benedito Fernandes
(IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes)
Co-orientador

D.Sc. Sindynara Ferreira
(IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes)
Membro

Dedicatória

Aos meus pais, Gerson e Eliane...

Aos meus irmãos, Giovanni e Jean...

Ao meu eterno avô Vicente...

Todos meus amigos que contribuíram na realização deste sonho...

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre comigo me dando forças e iluminando meus caminhos;

Aos meus irmãos de consideração Airan Cairo, Luan Barbosa, Eduardo D'Angelo (Mancha), Lucas (Itapira), Luiz Felipe (L.F 10), Álvaro Ricardo, Jones Rezende, Leônidas, Bruno Ferreira, João Paulo Gouvêa e Matheus Teixeira;

À Verena Mandorino Kaminagakura (Irmã Criola), Valéria Aganett e Fernanda Castro pela amizade e irmandade;

Ao Danilo Candido, Amanda Bueno, Natália Machado, Paulo Henrique, Mariana Modesto, Marilac, Patrícia, Wesley, Ruben, Marielle, Fernando, Ellen, Luis Paulo, Fernanda Bazani e todos que fizeram parte da minha sala;

Aos meus companheiros de equipe do futsal do IFSULDEMINAS;

À Professora Selma pela atenção e dedicação;

Ao Taciano pela atenção, apoio, colaboração, incentivo e ideias para realização do projeto;

Ao Tone e Odilon pela colaboração e ajuda com as análises;

A Luana Almeida pela colaboração;

A todos os Professores do IFSULDEMINAS- Câmpus Inconfidentes;

A todos que de alguma forma contribuíram e participaram na realização deste sonho.

RESUMO

No Brasil, as indústrias de laticínio em sua maioria são de pequeno e médio porte, utilizam técnicas de tratamento convencionais de suas águas residuárias somadas ao uso de coagulantes inorgânicos. Assim, este setor necessita de atenção especial no que se refere a técnicas alternativas para o tratamento de águas residuárias, a fim de atender às novas regulamentações ambientais. Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência do extrato da semente de moringa como agente coagulante utilizando como parâmetros sua influência no pH, turbidez, cor, demanda química de oxigênio (DQO) e Coliformestermo tolerantes. Foram coletadas amostras de águas residuárias nos dias com maior produção do laticínio do IFSULDEMINAS - Câmpus Inconfidentes. Diferentes concentrações do extrato da semente (50mg/L; 100mg/L e 150mg/L) obtidas de 1g de semente triturada para 1 litro de água destilada foram utilizadas. Todas as análises foram realizadas em triplicata. A utilização da moringa como coagulante natural de águas residuárias de laticínio contribuiu de maneira significativa para a redução de turbidez e cor aparente da água tratada, porém obteve aumento nos valores de DQO e uma variação no pH após aplicação do extrato de semente de moringa.

Palavras chave: água residuárias de laticínios, moringa, coagulante natural, coagulação/floculação.

ABSTRACT

In Brazil, the dairy industries are mostly in small or medium size, using conventional techniques for treating their waste water with the use of inorganic coagulants. Therefore, this sector needs special attention when it comes to alternative techniques for treating their wastewater in order to take account of the new environmental regulations. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the extract of moringa seed as coagulant parameters using as its influence on pH, turbidity, color, chemical oxygen demand (COD) and tolerant coliforms term. Wastewater samples were collected on days with higher production of dairy IFSULDEMINAS - Campus Conspirators. Different concentrations of seed extract (50mg / L, 100mg / L and 150mg / L) obtained. All analyzes were performed in triplicate. The use of moringa as natural coagulant of wastewater from dairy contributed significantly to the reduction of turbidity and apparent color of the treated water, but had an increase in the values of COD and a variation in pH after application of moringa seed extract.

Key words: waste water from dairy, moringa, natural coagulant, coagulation / flocculation.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÃO	IX
1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 IMPACTOS DAS AÇÕES HUMANAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA	13
2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	13
2.3 EFLUENTES LÍQUIDOS DAS INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS	15
2.4.1 Turbidez	18
2.4.2 Cor	18
2.4.3 pH	19
2.4.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	19
2.4.5 Coliformes termotolerantes	20
2.5 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO	20
2.6 COAGULAÇÃO/ FLOCULAÇÃO	21
2.6.1 Coagulantes Inorgânicos	22
2.6.2 Coagulantes Naturais	23
2.7 POTENCIAIS DA <i>Moringa oleífera</i> COMO COAGULANTE NATURAL	23
2.7.1 A <i>Moringa oleífera</i>	23
2.7.2 Coagulação/Floculação da <i>Moringa oleífera</i>	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA	26
3.1.1 Turbidez	26
3.1.2 Cor	26
3.1.3 pH	26
3.1.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	27
3.2 COLIFORMES TERMOTOLERANTES	27
3.2.1 Parâmetros microbiológicos	27
3.3 Extrato aquoso do coagulante de <i>Moringa oleífera</i>	27
3.4 ENSAIOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA	31
4.2 Ensaio de Coagulação/Floculação	31
5 CONCLUSÃO	35
6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	36

LISTA DE ABREVIACÕES

ANA: Agência Nacional de Águas

CERH: Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerias

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM: Conselho Estadual de Política Ambiental

C1: Concentração 1= 50 mg.L⁻¹ de extrato aquoso de moringa

C2: Concentração 2= 100 mg.L⁻¹ de extrato aquoso de moringa

C3: Concentração 3= 150 mg.L⁻¹ de extrato aquoso de moringa

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

FUNASA: Fundação Nacional de Saúde

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

NMP: Número Mais Provável

PERH: Plano Estadual de Recursos Hídricos

pH: Potencial Hidrogeniônico

PNRH: Política Nacional de Recursos Hídricos

TTM: Teste dos Tubos Múltiplos

UASB- Upflow Anaerobic Sludge Blanket: Reator anaeróbio de Manta de Lodo

1 INTRODUÇÃO

Embora a água seja um recurso natural renovável e uma das substâncias mais comuns no Planeta, é também considerado um recurso escasso, uma vez que apenas 0,03% das reservas mundiais estão disponíveis para as atividades humanas. O crescimento populacional e industrial aumentou ainda mais a necessidade de água, enquanto a oferta se manteve constante. Além disso, a má gestão dos recursos hídricos tem contribuído para uma significativa redução do fornecimento de água potável (ALLEGRE et al., 2004).

A indústria de alimentos, assim como a indústria de laticínios, em comparação com outros processos industriais necessita de grandes volumes de água potável (GALAMBOS et al., 2004). Devido ao grande consumo, o despejo de água residuária de laticínio apresenta grande volume de gorduras, concentrações de nutrientes e sólidos em suspensão sendo caracterizado pela alta carga orgânica. Com elevada geração de resíduos líquidos a indústria de laticínios necessita de tratamentos adequados antes de seu lançamento nos corpos d'água, pois poderão causar grave dano ambiental nos ecossistemas aquáticos.

Para evitar um colapso mundial quanto ao abastecimento de água devido à poluição dos mananciais, os órgãos governamentais através de suas agências de proteção com o apoio da sociedade e também de organizações não governamentais criaram e aplicaram inúmeras restrições e regulamentações com o objetivo de proteger o meio ambiente.

Especificamente referindo-se a recursos hídricos, temos a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005 que considera a classificação das águas doces, salobras e salinas, essencial à defesa de seus níveis de qualidade avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos mais restritivos. A Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011 dispõe sobre as condições padrões de lançamentos de efluentes, complementando e alterando a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

A indústria de laticínios constitui uma parcela importante da indústria alimentícia, e sua contribuição material em termos de poluição de águas receptoras é significativa, sendo, portanto, necessário e obrigatório o tratamento prévio de seus despejos líquidos antes do lançamento para disposição final em curso d'água.

As técnicas de tratamento para as águas residuárias provenientes da indústria de laticínio estão associadas aos processos tradicionais que combinam tratamento físico ou físico-químico, no qual normalmente se utilizam coagulantes inorgânicos, associado ao tratamento biológico.

Os coagulantes naturais apresentam várias vantagens em relação aos coagulantes químicos por serem biodegradáveis e não tóxicos, e ainda produzem lodo em menor quantidade e com menor teor de metais (KAWAMURA, 1991). Muitos são os resultados de pesquisa comprovando a eficiência do extrato de *Moringa oleifera*, na remoção de turbidez (ABDULSALAM et al., 2007; MATOS et al., 2007b; LO MONACO et al., 2010) e microrganismos (MUYIBI; EVISION, 1995; SILVA et al., 2007; LO MONACO et al., 2010), de diversos tipos de águas residuárias.

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência do extrato aquoso de *Moringa oleifera* em diferentes concentrações na clarificação de água residuária coletada no laticínio localizado no IFSULDEMINAS- Câmpus-Inconfidentes no estado de Minas Gerais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPACTOS DAS AÇÕES HUMANAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

O comprometimento da qualidade da água para fins de abastecimento doméstico é decorrente de poluição causada por distintas fontes, tais como efluentes domésticos, efluentes industriais e deflúvio superficial urbano e agrícola. Os efluentes domésticos, por exemplo, são constituídos basicamente por contaminantes orgânicos, nutrientes e microrganismos que podem ser patogênicos (MERTEN e MINELLA, 2002).

As fontes de contaminação são divididas em difusas e pontuais. Entende-se por poluição difusa a ação de contaminação que ocorre esparsa na natureza por todo tipo de resíduo orgânico ou inorgânico, inserido pelo homem, que pode ser carregado pelo deflúvio superficial para os mananciais de água. Diferente do que ocorre na indústria, por exemplo, quando lança algum tipo de contaminante de forma pontual em um manancial d'água (BRAILE, 1971). Segundo Von Sperling(1996), na poluição difusa os poluentes adentram no corpo d'água distribuídos ao longo da sua extensão, como é o caso da poluição por fertilizantes ocorridas ao longo de uma bacia de captação em regiões onde a agricultura é intensiva. Já a poluição pontual é aquela na qual os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço. Um exemplo de poluição pontual é o lançamento de águas residuárias agroindustriais sem tratamento prévio nos corpos hídricos que gera diversos impactos ambientais, como a elevação da DBO da água, o que provoca diminuição de oxigênio dissolvido no meio; alteração da temperatura e aumento da concentração de sólidos suspensos (aumento da turbidez) e sólidos dissolvidos totais na água; eutrofização dos corpos hídricos e proliferação de doenças veiculadas pela água. (MATOS, 2005).

Nos países desenvolvidos, maior atenção tem sido dada à poluição difusa, pelo fato dos lançamentos pontuais já terem sido em grande parte equacionada. Entretanto, nas nossas condições brasileiras há praticamente tudo a se fazer em termos do controle da poluição pontual originária de aglomerados rurais, cidades e indústrias (VON SPERLING, 1996).

2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

O Brasil é privilegiado na disponibilidade de recursos hídricos. O país conta com 12 % de toda água doce do planeta. Apesar da abundância, os recursos hídricos brasileiros não são inesgotáveis. Devido a isso a gestão de recursos hídricos assume grande destaque na atualidade tendo em vista a importância da legislação para o desenvolvimento estrutural do país, o que justifica obter maior conhecimento teórico nas questões ligadas ao meio ambiente e a gestão deste bem comum.

Segundo Magno (2010) a revolução industrial trouxe consigo a ignorância a respeito das consequências ambientais. Causando situações críticas como a degradação dos rios na Inglaterra e a chuva ácida na Alemanha, dando origem a pressões da população e grupos ambientalistas para a criação de leis que pudessem proteger ecossistemas e limpar áreas poluídas por meio de sanções punitivas.

No Brasil o Art. 225. da Constituição Federal de 1988 relata que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para os presentes e futuras gerações.

Destaca-se neste contexto a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 e a Resolução CONAMA Nº 430 de maio de 2011 que complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA (CONAMA, 2011).

Segundo Abers e Jorge (2005), o Estado de São Paulo foi a primeira unidade da Federação brasileira a editar uma política de recursos hídricos, através da Lei nº. 7.663, de 30 de dezembro de 1991. O Estado do Ceará foi o segundo a editar sua política em 24 de julho de 1992, através da Lei n. 11.996.

Minas Gerais também se adiantou à criação da Política Nacional de Recursos Hídricos e aos desdobramentos legais, diretamente a ela ligados e vinculados, que ocorreriam em todo o País posteriormente, instituindo a Lei nº. 11.504/94. Esta lei dispunha sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), orientando sua elaboração a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e a composição do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, dentre outras medidas (MINAS GERAIS, 1994).

A legislação é uma condicionante importante, no entanto, para as condições e padrões de lançamento de efluentes. O Art. 16. da Resolução CONAMA, nº 430 de 2011

assegura que qualquer fonte poluidora somente poderá ser lançada diretamente no corpo receptor desde que obedçam as condições e padrões previstos neste artigo, sendo:

I - condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 a 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

c) materiais sedimentáveis: até 1 ml/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

e) óleos e graxas:

f) óleos minerais: até 20 mg/L;

g) óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

h) ausência de materiais flutuantes;

i) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Quanto aos padrões de lançamentos de efluentes o Estado de Minas Gerais estabeleceu limites através da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, que 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. Em seu Art. 29 assegura que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedçam as condições e padrões previstos neste artigo.

As condições de lançamento de efluentes de indústria de alimentos segundo a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, são:

- O pH deve situar entre 6,0 e 9,0;

- Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

- Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- Em relação a óleos de graxas, os níveis de óleos minerais são permitidos até 20 mg/L e óleos vegetais e gorduras animais até 50mg/L;
- Materiais flutuantes devem estar ausentes;
- Os valores de DBO permitidos até 60mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgoto sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais;
- Tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 75% e média anual igual ou superior a 85% para os demais sistemas;
- Os valores de DQO permitidos até 180mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65% para sistemas de esgoto sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais;
- Tratamento com eficiência de redução e DQO em no mínimo 70% e média anual igual ou superior a 75% para os demais sistemas;
- Valores permitidos para sólidos em suspensão totais até 100mg/L;
- Quanto aos teores de Nitrogênio amoniacal total, o valor máximo permitido é de 20,0 mg/L N.

No que se diz a respeito, a Deliberação Normativa do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 26 de agosto de 2009 assegura sobre procedimentos gerais de natureza técnica e administrativa a serem observados no exame de pedidos de outorga, para o lançamento de efluentes em corpos de água superficiais no Estado de Minas Gerais, lembrando que apenas poderá ser lançado o efluente desde que atenda aos parâmetros estabelecidos pela normativa.

2.3 EFLUENTES LÍQUIDOS DAS INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS

As indústrias de laticínios são consideradas, dentre as indústrias alimentícias, as mais poluentes, devido ao seu elevado consumo de água e geração de efluentes líquidos, que por sua vez, constituem a principal fonte de poluição dessa tipologia de indústria (VOURCH

et al., 2008). Esses efluentes se caracterizam por apresentar elevada carga orgânica e de nutrientes, e, quando descartados de maneira incorreta, podem causar grandes problemas ambientais.

O estado de Minas Gerais, em 2008, possuía 1,3 mil indústrias de laticínios e cooperativas em funcionamento, e apenas 69 destes estabelecimentos possuíam sistema de tratamento de efluentes líquidos; 21 estavam em fase de desenvolvimento de sistemas de tratamento de acordo com o Conselho Estadual de Política Ambiental (MOINHOS, 2008). De acordo com Pereira et al (2009) no país existiam cerca de 5 mil laticínios, 50% destes localizados no estado de Minas Gerais e em sua maioria não realizavam tratamento das águas residuárias. O quadro industrial em 2010 apresentou um aumento de 1973 indústrias de laticínios, sendo que 34,4% destas se encontram em Minas Gerais e apenas uma pequena minoria apresenta sistema de tratamento de efluentes líquidos (NEVES et al., 2010).

O volume de água consumido e de efluente gerado em indústrias de laticínios pode variar muito dependendo do tipo de processo utilizado, dos produtos produzidos, da qualidade da água requerida e das práticas de gestão aplicadas (VOURCH et al., 2008). Daufinet al.(2001) relataram que a relação entre o volume de leite processado e o volume de efluente gerado, chamada de coeficiente volumétrico de efluente líquido, possa oscilar entre 0,2 e 111 litros de efluente por litro de leite processado. Outra relação importante seria a entre a vazão de efluentes líquidos gerados e a vazão de água consumida, que, segundo Strydomet al. (1997), se situou entre 0,75 e 0,95. Essa diferença entre o volume de água consumida e o de efluente gerado ocorre devido às perdas por evaporação nas torres de resfriamento e evaporadores (CARAWAN et al., 1979 b) e à incorporação de água nos produtos, que em alguns casos onde a produção de bebidas é muito significativa pode chegar até a 5% do volume total de água consumida (CARAWAN et al., 1979 a).

Normalmente, a produção de efluentes líquidos se dá de forma intermitente, apresentando variações de vazão horárias e sazonais de acordo com o ciclo de produção do leite (MAGANHA, 2006). Segundo Danalewichet al. (1998) fizeram um levantamento em algumas indústrias de leite e derivados situadas nos Estados Unidos cujos processos de fabricação e cuja escala eram semelhantes, observaram grandes variações entre as vazões de efluentes gerados diariamente por cada uma dessas indústrias. As vazões diárias médias, mínimas e máximas se encontravam, respectivamente, entre 170 e 2081, 4 e 170, e 257 e 2650 m³/dia. Os autores também notaram elevada oscilação horária na produção de efluentes, sendo

que nos períodos em que eram realizadas operações de lavagem e limpeza, maior volume de efluente era gerado.

Em geral, os efluentes são gerados em operações de lavagem e limpeza, descarga, descartes, vazamentos e derramamentos (MACHADO et al., 2002). As operações de lavagem e limpeza consistem no enxágue e desinfecção de latões de leite, tanques diversos e tubulações, com fins de remoção de resíduos de leite e outras impurezas, e na lavagem de pisos. Os efluentes gerados nas etapas de lavagem correspondem a 50 a 95% do volume total de efluentes gerados (DAUFINET al., 2001). Descartes de soro, sólidos do leite retido em clarificadores, finos da produção de queijo e de produtos retornados à empresa e descargas de leite e outras misturas devido à partida e/ou interrupção de algum equipamento e à purga de soluções de limpeza são considerados etapas de descarga e descarte. Já os vazamentos e derramamentos ocorrem em tubulações e outras instalações devido à operação ou à manutenção inadequadas e transbordamento de tanques. É estimado que as perdas de leite para o efluente estejam em torno de 0,5 a 4% da quantidade total de leite que chega à fábrica (OMIL et al., 2003).

Em termos de carga orgânica, Braile e Cavalcanti (1993) ressaltaram que as etapas mais expressivas de geração de efluentes são lavagem e desinfecção de equipamentos, quebra de embalagens contendo leite e derivados, perdas nas enchedeiras com transbordamento e lubrificação de transportadores. As perdas de leite, além de resultarem em perdas de produtividade, são significativas contribuições para a carga poluidora do efluente final. Um litro de leite integral contém aproximadamente 110.000 mg de DBO e 210.000 mg de DQO (MAGANHA, 2006).

O soro de leite é gerado durante a produção de queijo, e pode corresponder a 90% do volume de leite usado na fabricação do produto (GOULAS e GRANDSON, 2008). Antigamente, era visto como um resíduo e, com o início da fabricação de queijos em larga escala sua disposição tornou-se um grande problema, dado sua elevada carga orgânica e sua menor biodegradabilidade em relação aos outros efluentes gerados nas fábricas de laticínios (JANCZUKOWICZ et al., 2008).

Aos poucos, os produtores passaram a ver o soro como um subproduto a ser aproveitado e não descartado, uma vez que seu conteúdo nutricional é bastante elevado. Estima-se que cerca de 50% dos nutrientes do leite, incluindo proteínas solúveis, lactose, vitaminas e minerais, são perdidos com a retirada do soro (MAGANHA, 2006). Hoje em dia, são fabricados diversos produtos a base do soro, tais como bebidas lácteas, creme de soro,

lactose, concentrado protéico de soro, soro fermentado e concentrado nutricional para alimentação de animais.

É importante lembrar que, visando à redução dos custos e dos impactos ambientais relacionados ao consumo de água e tratamento de efluentes, a minimização do volume e da carga poluidora dos efluentes deve ser sempre priorizada. Para isso, Braile e Cavalcanti (1993) fazem as seguintes recomendações: segregação dos efluentes gerados em processos diferentes; recirculação de água de resfriamento e caldeira; aproveitamento das primeiras águas de lavagem de tanques e linhas para operações de partida e parada de unidade de pasteurização; redução da concentração de agentes de limpeza através da implantação de sistemas de limpeza automáticos; reaproveitamento de resíduos para geração de co-produtos, como bebidas lácteas, alimentos para animais e concentrados de proteínas.

2.4 PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

2.4.1 Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido a presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc.

Os esgotos sanitários e diversos efluentes indústrias também provocam elevações na turbidez das águas.

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos domésticos, industrial e recreacional de uma água. (CETESB, 2001 citado por ANA, 2005).

2.4.2 Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido a presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (CETESB, 2009).

2.4.3 pH

Por influenciar em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em diversos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental.

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais se dá diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal (Resolução nº 357 do CONAMA, de março de 2005). Os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9.

Nos ecossistemas formados nos tratamentos biológicos de esgoto, o pH também é uma condição que influi decisivamente no processo. Normalmente, a condição de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios. Nos reatores anaeróbios, a acidificação de meio é acusada pelo decréscimo do pH do lodo, indicando situação de desequilíbrio.

O pH é o padrão de potabilidade, devendo as águas para abastecimento público apresentar valores entre 6,0 e 9,5 de acordo com a Portaria 2914, de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Este é um dos indicadores mais importantes de monitoramento de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos (BAIRD, 2004).

2.4.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A análise da demanda química de oxigênio (DQO) é um parâmetro utilizado como indicador da concentração de matéria orgânica presente em águas residuárias ou superficiais, sendo muito utilizado no monitoramento de estações de tratamento para a avaliação da contaminação dos efluentes industriais.

Deve-se ressaltar que a Resolução 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005) não faz referência ao parâmetro de demanda química de oxigênio (DQO) na classificação dos corpos d'água e nos padrões de lançamento de efluentes líquidos, estabelecendo apenas a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). A Resolução 430/11 do CONAMA (BRASIL, 2011), que

complementa e altera a 357/05 continua sem preconizar a DQO nos parâmetros de lançamento de efluentes.

Os métodos de oxidação química podem resultar numa quase completa mineralização dos materiais orgânicos. A reação com agentes oxidantes como o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) meio ácido são procedimentos comprovadamente efetivos para estabilização total (biodegradáveis ou não biodegradáveis) de matéria orgânica.

A determinação da DQO pelo método de refluxo fechado é um sistema de medida usado para contaminação aquática, que consiste em usar ácido sulfúrico e cromo para analisar o máximo de consumo de oxigênio na amostra.

Para amostra de origem específica, a demanda química de oxigênio pode ser relacionada empiricamente com a demanda orgânica de carbono ou matéria orgânica.

O método de refluxo de dicromato é preferido aos processos usando outros oxidantes. A oxidação da maioria dos compostos orgânicos é de 95 a 100% do valor teórico.

2.4.5 Coliformes termotolerantes

Segundo a CETESB (2009) Coliformes termotolerantes são definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal. Os demais podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição.

Os coliformes termotolerantes não são indicadores de contaminação fecais tão bons quanto a *E. coli*, mas seu uso é aceitável para avaliação da qualidade da água. Além disso, na legislação brasileira, os coliformes fecais são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas a abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura (CETESB, 2009).

2.5 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO

Antes de conceber e dimensionar um sistema de tratamento de águas residuárias agroindustriais ou de qualquer outra água residuária, deve-se definir, primeiramente, o objetivo do tratamento, o nível do tratamento que se quer alcançar e a destinação do efluente tratado. E caso pretenda-se lançar o efluente em corpo receptor, o sistema deve ser planejado

de forma que se atenda a Legislação Ambiental, que em Minas Gerais a exigência é de que o efluente atinja o padrão de lançamento (DBO de 60 mg.L-1) ou que o sistema tenha eficiência de 85% na remoção de DBO, e que o lançamento do efluente tratado não venha a alterar a classe de enquadramento do curso d'água (MATOS, 2005).

Os processos biológicos são os mais utilizados para o tratamento de efluentes de laticínios em razão da grande quantidade de matéria orgânica facilmente biodegradável presentes em sua composição. E os processos aeróbios são os mais aceitos, destacando-se os filtros biológicos, os lodos ativados e os valos de oxidação. Independente do tipo de tratamento escolhido, o soro deve ter uma destinação à parte (NAIME e GARCIA, 2005).

Para remoção de sólidos em suspensão, podem-se utilizar o gradeamento, caixas de remoção da areia ou sedimentação. O material orgânico biodegradável pode ser removido em sistemas anaeróbios, lagoas de estabilização e variações, sistemas de lodos ativados, filtros biológicos, sistemas alagados de tratamento (“wetlands”) ou por disposição no solo (MATOS, 2005).

O tratamento de águas residuárias pode ser classificado em preliminar, primário, secundário e terciário, porém, segundo Matos (2005), esta classificação é motivo de divergência entre diversos autores, pois alguns enquadram determinados processos unitários em um nível de tratamento enquanto outros os enquadram em outro.

Em levantamento realizado por MACHADO et al. (1999) em laticínios de Minas Gerais e outros estados brasileiros a respeito das principais tecnologias que estão sendo adotadas para o tratamento de efluentes, os autores constataram que o sistema de lodos ativados tem sido o mais efetivo na remoção de DBO e DQO, apresentando geralmente uma operação mais confiável. Já os reatores anaeróbios de alta taxa como filtro anaeróbio, Reator anaeróbio de Manta de Lodo (UASB) e reator de contato, embora apresentem vantagens econômicas, não têm conseguido atingir os padrões de lançamento da legislação ambiental, sendo necessária uma etapa complementar de tratamento para se alcançar um efluente de boa qualidade (TAWFIK et al. 2008).

2.6 COAGULAÇÃO/ FLOCULAÇÃO

A coagulação/floculação é um processo frequentemente aplicado na etapa primária de tratamento das águas residuárias, o processo de coagulação ou mistura rápida tem a finalidade de dispersar os coagulantes uniformemente na massa líquida transformando partículas pequenas em suspensão na água em partículas maiores para assim separar da água

através de sua decantação. Isso causa a desestabilização das partículas coloidais levando a formação de flocos, ou seja, a floculação (mistura lenta) consiste em transformar partículas insolúveis ou de matéria orgânica dissolvida em grandes agregados o que facilita a remoção dos mesmos seja através de sedimentação, flotação ou filtração (RENAULT et al., 2009). O segredo é fazer com que as impurezas aproximem-se das moléculas de coagulantes para que assim possam se juntar e formar uma molécula de tamanho e peso maior, facilitando sua remoção. Ao contrario da coagulação, a floculação ocorre em um tempo muito maior.

Segundo Vaz (2009) o mecanismo de coagulação/floculação é sensível a diversos fatores, como: tipo e dosagem de coagulantes, pH das águas residuárias, natureza das substâncias produtoras de cor e turbidez, entre outros. O tipo e a dosagem ideal da quantidade de coagulante são definidos em função principalmente da viabilidade econômica e características do efluente.

O processo de coagulação tem como principal objetivo neutralizar as cargas elétricas das partículas em suspensão, por meio da adição de compostos químicos com cargas positivas, como sais de ferro, sais de alumínio e polímeros (NALCO, 1988), citado por (MIERZWA e HESPANHOL, 2005). O processo de floculação promove o contato entre as partículas desestabilizadas, de modo a possibilitar uma agregação em forma de flocos maiores e mais pesados, que são posteriormente removidos pelo processo de sedimentação.

Processos de tratamento de águas residuárias como coagulação/floculação seguidos por sedimentação e filtração são utilizados em larga escala antes do lançamento das águas tratadas nos rios. Os coagulantes são largamente utilizados no tratamento convencional de águas residuárias, estes podem ser inorgânicos, polímeros orgânicos, sintéticos ou naturais.

2.6.1 Coagulantes Inorgânicos

Segundo RENAULT et al. (2009) os coagulantes inorgânicos mais conhecidos e utilizados no tratamento de água e esgoto são os sais de ferro e alumínio, para seu bom desempenho eles dependem de alguns fatores como concentração, pH, temperatura e natureza da solução. O sulfato de alumínio é um dos coagulantes mais utilizados em tratamentos convencionais de água e nos tratamentos de águas residuárias (RENAULT et al., 2009).

Como alternativa ao uso dos sais de alumínio, iniciou-se o uso de sais de ferro e polímeros sintéticos, mas, estes também apresentam algumas desvantagens similares às causadas pelos sais de alumínio, dentre estas é possível citar: aumento na concentração de metais na água, ocasionando problemas de saúde; produção de grandes volumes de lodo

tóxico, já que o alumínio e o ferro não são biodegradáveis; consumo da alcalinidade do meio, ocasionando maiores custos com produtos utilizados para correção do pH (VAZ, 2009).

Pelas razões já comentadas, alguns países como Japão, China, Índia e os Estados Unidos adotaram o uso de polímeros naturais no tratamento de água superficial para produção de água potável (MADRONA et al., 2010).

2.6.2 Coagulantes Naturais

Os problemas associados ao uso dos coagulantes inorgânicos a base de sais de ferro e alumínio, motivou o interesse de pesquisadores para buscar alternativas ao uso destes coagulantes. Dentre essas alternativas encontra-se o uso de coagulantes naturais, também chamados de polímeros naturais ou biopolímeros (VIEIRA et al., 2010).

Comparado com coagulantes químicos convencionais, os biopolímeros são biodegradáveis e não produzem nenhuma poluição secundária que ocasione problemas de saúde por exemplo. Eles podem ter várias aplicações que incluem uso em alimentos até processos de tratamento de águas residuais e de abastecimento. Os biopolímeros são de grande interesse, uma vez que são produtos naturais e na sua grande maioria de baixo custo, caracterizados por não produzirem impactos negativos ao meio ambiente.

Coagulantes naturais estão sendo, amplamente, estudados como substitutos dos coagulantes químicos, visto que estes estão sendo relacionados às doenças como o mal de Alzheimer (BERGAMASCO et al., 2009). As sementes da árvore da espécie *Moringa oleifera* têm se demonstrado eficiente nesta operação, pois elas apresentam além da ação coagulante, capacidade de remoção de metais pesados, utilidade na alimentação humana, rápido crescimento. (KUMARI et al., 2005; KATAYON et al., 2006; SANTOS et al., 2009;).

Os coagulantes naturais apresentam várias vantagens em relação aos coagulantes químicos por serem biodegradáveis e não tóxicos, e ainda produzem lodo em menor quantidade e com menores teores de metais (KAWAMURA, 1991).

2.7 POTENCIAIS DA *Moringa oleifera* COMO COAGULANTE NATURAL

2.7.1 A *Moringa oleifera*

A *Moringa oleifera*, pertencente à família das *Moringaceae*, natural do Oeste da África, está presente atualmente, em vários países tropicais. Possui crescimento rápido mesmo em solos com pouca umidade (KWAAMBWA, MAIKOKERA; 2008). A *Moringa oleifera* é muito útil nas tradicionais sociedades africanas e seu uso não está limitado somente à

purificação da água, o qual ela faz de forma muito eficaz, também pode ser usado no tratamento da malária e da icterícia, para doenças na pele, e até para parar o sangramento da mulher após o parto. São várias as aplicações conhecidas dos constituintes desta planta como:

- A utilização das suas folhas na alimentação, pois são ricas em cálcio, ferro e ácido ascórbico (KATAYONet al, 2006), caroteno, metionina e cistina, estes dois últimos ,aminoácidos essenciais, (SÁNCHEZet al, 2006);
- A utilização das raízes da árvore como produtos hortícolas;
- A utilização das sementes, ricas em proteínas como substitutos proteicos, aplicação farmacológica como anti-inflamatórios e antimicrobianos, na preparação de cosméticos, lubrificantes em equipamentos de precisão, (OKUDAet al, 1999 b).

No Brasil, a *Moringa oleífera* é conhecida, no Estado do Maranhão, desde 1950 (AMAYA et al., 1992). Atualmente, a cultura da moringa vem sendo difundida em todo o semiárido nordestino, devido a sua utilização no tratamento de água para uso doméstico. O interesse pelo estudo de coagulantes naturais para clarificar água não é uma ideia nova. Por esses motivos, alguns países como Japão, China, Índia e Estados Unidos, têm adotado o uso de polímeros naturais no tratamento de águas superficiais para a produção de água potável devido às grandes vantagens em relação aos agentes coagulantes/floculante químicos (KAWAMURA, 1991b).

Desde os anos 80 que são publicados estudos da aplicação da *Moringa oleífera*, extrato ativo e sementes com ou sem casca, em vários tratamentos de águas para consumo humano, efluentes industriais e águas residuais, e é feita a análise do seu potencial em macro escala (HEREDIA; MARTIN, 2009).

2.7.2 Coagulação/Floculação da *Moringa oleífera*.

O tratamento de águas residuárias ganhou mais importância, principalmente em virtude da maior exigência da sociedade e dos órgãos competentes quanto à conservação dos recursos hídricos e do meio ambiente de forma geral (LÁSZLÓ et al, 2009).

O mecanismo de coagulação/floculação causado pela proteína da *M. oleífera* se assemelha ao mecanismo provado por polieletrólitos (polímeros orgânicos de proteínas e polissacarídeos de origem sintética ou natural). Quando a coagulação é realizada por polieletrólitos, 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.

Este tipo de coagulação independe da alcalinidade da água, podendo ocorrer numa grande faixa de pH entre 4,0 a 12,0 (VAZ, 2009).

Na coagulação, a *M. oleífera* praticamente não afeta o pH e a condutividade. Portanto, a aplicação do extrato das sementes de *M. oleífera* no tratamento de águas residuais pode reduzir o custo com produtos químicos utilizados para ajuste de pH. O volume de lodo produzido usando esse coagulante é consideravelmente menor comparado ao alumínio e não apresenta problema para ser descartado (BHATIA et al, 2007).

Segundo Ndabigengesereet al. (1995) a atividade das sementes de *M. oleífera* como coagulante se deve a presença (nas sementes) de proteínas catiônicas solúveis em água. Estas proteínas catiônicas são densamente carregadas (complexo de proteínas composta por duas subunidades com carga positiva), com um peso molecular de 6 a 16 kda e pH isoeletrico de 10. Os principais mecanismos de coagulação envolvidos segundo Bhatia et al. (2007), são a adsorção e neutralização de cargas.

Relativamente ao tratamento por coagulação-floculação de águas residuais ou destinadas ao consumo humano, estudos demonstram que a percentagem de remoção de turbidez utilizando tanto a semente como o extrato aquoso da *Moringa oleífera* é de 80 a 99% (OKUDA et al, 1999 b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA

A água residuária foi coletada no setor do Laticínio do IFSULDEMINAS-Câmpus Inconfidentes em 3 segundas feiras (17/02/2014), (24/02/2014) e (17/03/2014) no qual é o dia referente a maior produção da semana.

A opção pela coleta simples, também chamada de amostra instantânea se deve ao fato da geração das águas residuárias ser descontínua, pois o volume de amostra coletada é ao acaso, num determinado instante. A caracterização da água residuária foi realizada com os seguintes parâmetros físico-químicos: cor aparente, turbidez, pH e DQO. O parâmetro biológico realizado foi a quantificação de Coliformes termotolerantes. Após os ensaios foram realizados as mesmas análises do efluente após a aplicação da *Moringa*.

3.1.1 Cor

Para mensurar a cor, as amostras coletadas foram acondicionadas em frascos próprios. O equipamento (Colorímetro Plus marca Alfa Kit) estava previamente calibrado de acordo com padrões comerciais para cor.

3.1.2 Turbidez

Para mensurar a turbidez, as amostras foram coletadas em frascos plásticos. O equipamento utilizado foi o Turbidímetro Plus marca Alfa Kit, calibrado previamente com padrões comerciais para turbidez e água destilada a cada momento de uso. As amostras coletadas foram acondicionada em cubetas do equipamento e processou-se a medida da turbidez em UT (unidades de turbidez).

3.1.3 pH

Na medição do pH, as amostras foram coletadas em frascos plásticos, em temperatura ambiente (25°C). O equipamento utilizado, pHgâmetro digital PG 1800, da marca

Gehaka foi calibrado de acordo com os parâmetros exigidos pelo fabricante. A amostra foi alocada em *becker* para realizar a leitura do pH.

3.1.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para quantificar a matéria orgânica da água residuária, foi utilizado o indicador indireto de matéria orgânica DQO, através do método de refluxo aberto, aplicando 1,5 ml de solução digestora + 3,5 de solução catalizadora + 2,5 ml da amostra a ser analisada, após essas aplicações foi colocada os tubos no bloco digestor a uma temperatura de 150° C por 2 horas. Para quantificar a matéria orgânica foi utilizado o equipamento Espectrofotômetro Alfa Kit. Método utilizado foi o 5220-DQO D descrito por AWWA (APHA. 2005).

3.2 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

3.2.1 Parâmetros microbiológicos

As análises microbiológicas foram conduzidas no laboratório de microbiologia do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Utilizaram-se a Técnica dos Tubos Múltiplos (TTM) para a obtenção dos resultados expressos em Número Mais Provável de Coliformes termotolerantes por 100 ml de amostra, conforme os métodos e metodologias contidas na Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água, adaptado.

Para a realização da TTM para o teste presuntivo procederam-se na inoculação de alíquotas da amostra em caldo lactose e incubaram-se os tubos de ensaio inoculados a uma temperatura de 35°C por 48 horas, a indicação da presença de coliformes foi evidenciada pela fermentação da lactose, presente no meio, nos tubos de Durhan. O teste confirmativo para coliformes termotolerantes foi realizado a partir da inoculação dos tubos positivos no teste confirmativo em Caldo EC e incubado em temperatura seletiva, 44,5°C por 24 horas e, após este período, verificou-se na tabela o Número Mais Provável de coliformes termotolerantes presente nas amostras.

3.3 Extrato aquoso do coagulante de *Moringa oleifera*

Os frutos da árvore *M. oleifera* foram coletadas na Embrapa Meio Ambiente, localizada no município de Jaguariúna/SP como mostra a figura 1 e figura 2.



Figura 1: Local da coleta de sementes - Embrapa Jaguariúna- SP. (Arquivo pessoal).



Figura 2- Semente de *Moringa oleifera* utilizada no experimento. (Arquivo pessoal).

O extrato aquoso do *M. Oleifera* foi preparado triturando 1,0 g da semente seca em estufa a 65°C por 24 horas, com 1 litro de água destilada batidos em um liquidificador comum, durante um minuto. Assim obteve-se uma solução inicial com concentração de 1g.L⁻¹ do coagulante.

A solução inicial foi peneirada utilizando peneiras de 0,5 mm. A partir do extrato aquoso pronto, foram distribuídas nas provetas as diferentes concentrações do extrato e da água residuária para os ensaios de coagulação/floculação.

3.4 ENSAIOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados utilizando provetas de volume de 500 ml, em que 3 provetas foram utilizados para diferentes concentrações de 50mg/L de extrato aquoso, além de 3 provetas para 100mg/L de extrato aquoso e 3 provetas para 150 mg/L de extrato aquoso. Ou seja, foram necessárias 9 proveta para os ensaios para analisar a eficiência das concentrações do extrato de *Moringa oleifera*.



Figura 3: Provetas utilizadas no experimento. (Arquivo pessoal).

Esta mistura foi agitada vigorosamente com auxílio de bastonetes por 3 minutos e mais lentamente por 2 minutos. Após 24 horas de descanso foram coletadas as amostras, em triplicata de coagulante/floculante para análise.

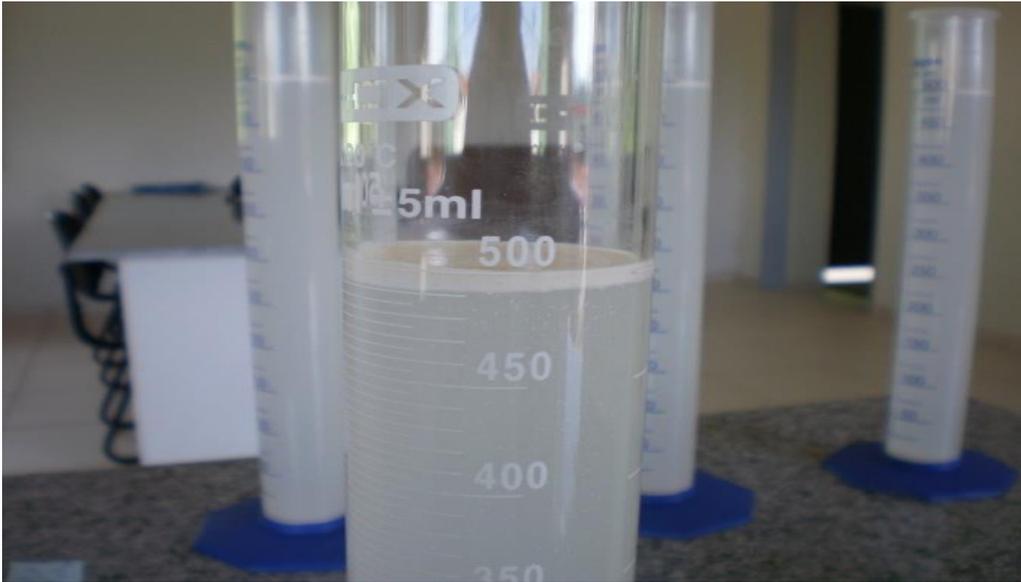


Figura4-Formação do complexo gelatinoso após aplicação da *Moringa oleífera*. (Arquivo pessoal).

Foram realizadas análises para verificar o potencial de clarificação da água residuárias de laticínio sendo:pH, cor aparente, DQO, coliformes termo tolerantes e turbidez.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA

O efluente bruto utilizado no experimento foi caracterizado conforme os métodos analíticos descritos anteriormente e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização do efluente bruto utilizado no experimento comparando com dados da literatura.

Parâmetros	Resultados encontrados (17/02/2014)	Resultados encontrados (24/02/2014)	Resultados encontrados (17/03/2014)	SARKAR et al., (2006)	DANALEWICH et al., (1998)
Cor	3729,2	3854,83	3343,39	-	-
Turbidez (UNT)	1000	1000	1000	15-30	-
pH	7,63	6,49	6,31	5,5 – 7,5	1,8 - 11,3
DQO mg.L ⁻¹	11.195	14.566	16.399	1.500 – 3.000	785 – 7.619

Com os dados da Tabela 1 permite-se concluir que o efluente apresentou alta carga orgânica, com valores de DQO que variaram de 11.195 mg/L a 16.399 mg/L. Os valores encontrados na literatura, foram menores aos analisados na água residuária e característicos da indústria de laticínios.

4.2 Ensaio de Coagulação/Floculação

Na Tabela 2, figura 5 e 6 estão apresentados os resultados obtidos para característica de coagulação/floculação.

Tabela 2- Resultados dos ensaios de Coagulação/Floculação

Parâmetros	17/02/2014			24/02/2014			17/03/2014		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Cor/DP	2516,44 ± 44,61	2438,69 ±14,32	2263,77 ±141,81	1678,84 ± 22,65	1646,01 ±14,32	1559,82 ± 8,00	2536,50 ±12,21	2390,60 ±11,92	2263,77 ±12,83
Turbidez/DP	694,66 ±41,55	651,00 ±75,60	531 ±76,26	375 ±16,87	318,66 ±41,92	303,33 ±6,01	825,33 ±26,44	757 ±15,12	651,33 ±11,46
pH/DP	4,20 ±0,23	5,24 ±0,17	5,28 ±0,001	4,07 ±0,17	4,61 ±0,10	4,96 ±0,19	3,88 ±0,001	3,96 ±0,13	4,08 ±0,012
DQO/DP	186,02 ±28,84	298,82 ±83	73,98 ±1,32	494,06 ±32,43	554,94 ±34,92	391,38 ±4,20	380,50 ±11,01	460,81 ±36,29	326,59 ±8,39

*DP- Desvio Padrão

Madrona *et al.* (2010) observaram que a remoção de compostos que dão cor e turbidez à água pode ser influenciada pela quantidade de proteína extraída das sementes de *M. oleifera*. Vale ressaltar que a quantidade de compostos em cada semente é passível de variação dependendo do local, manejo, entre outros fatores.

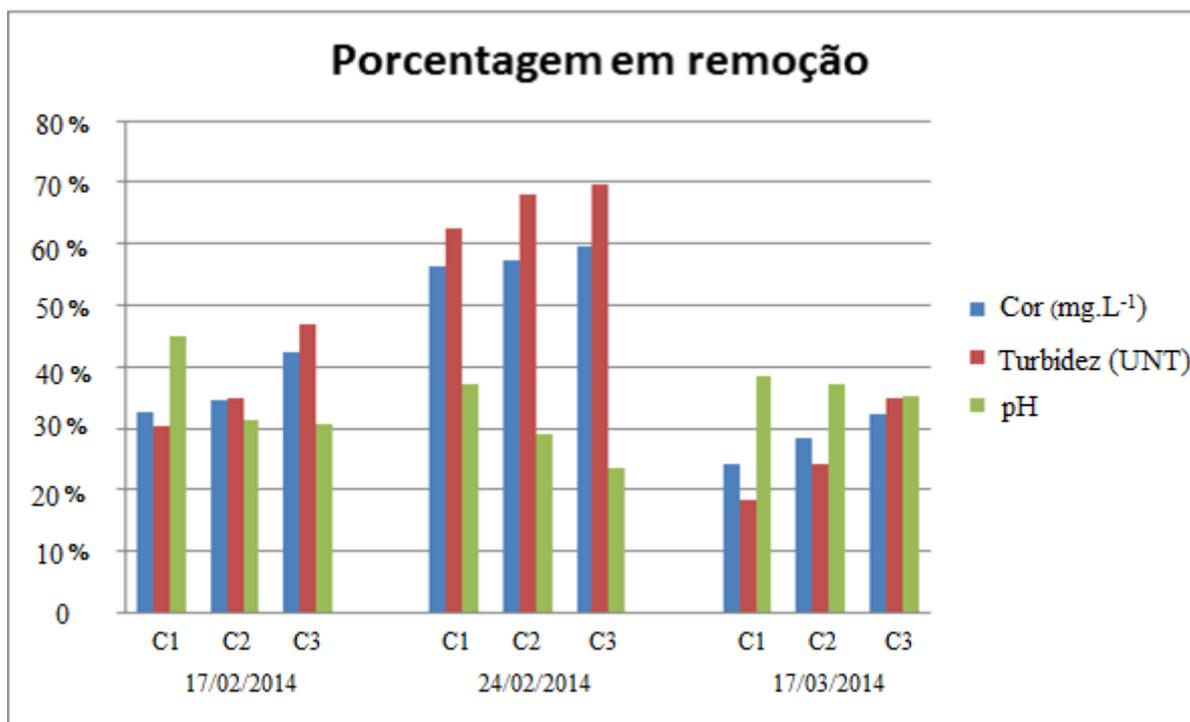


Figura 5: Remoção obtida após os ensaios de coagulação/floculação.

Como dito anteriormente o parâmetro DQO, obteve um aumento, Ströheret et. al (2013) relatou que o aumento da DQO pode ter relação à matéria orgânica presentes nas sementes. A figura 6 traz a porcentagem do aumento deste parâmetro.

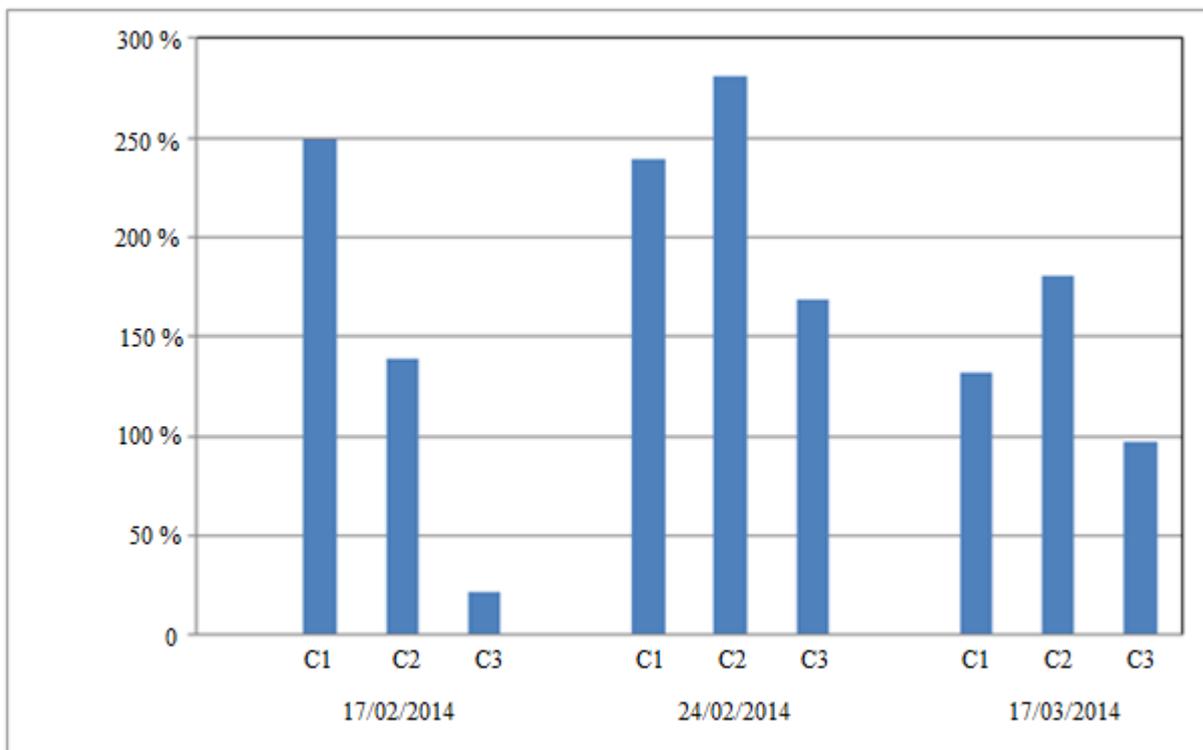


Figura 6: Porcentagem de adição da DQO.

O pH da água residuária utilizada no estudo não foi corrigido e se manteve na faixa de 6,3 a 7,65, justificando os valores verificados para a cor aparente e turbidez no ensaio, uma vez que Madrona et al. (2010) encontraram melhores resultados com pH mais ácido em comparação com os encontrados no experimento. A faixa de pH de 4,0 a 6,0 utilizada por Madrona et al. (2010) gerou uma redução nos parâmetros cor aparente e turbidez, junto com o aumento da concentração do extrato de sementes.

Prasad (2009) constatou resultados semelhantes ao estudar a remoção de cor da água residuária de destilaria de álcool utilizando sementes de *M. oleífera* como coagulante. O ligeiro decréscimo do pH após o tratamento, pode estar associado ao balanço dos íons hidrogênio dos ácidos fracos presente na solução de *M. oleífera* com os íons hidróxido presentes na água residuária utilizada. Estes resultados também estão de acordo com Olsen (1987) citado por Prasad (2009) cujas afirmações indicaram que o coagulante de *M. oleífera* não altera o pH das águas tratadas.

Observa-se que no parâmetro analisado de DQO da água residuária (C_0), após adição do extrato aquoso dentre as diferentes concentrações os valores aumentaram

significativamente. A matéria orgânica presente nas sementes de *Moringa oleífera* pode ser responsável por este acréscimo, uma vez que cada efluente de laticínio possui suas características próprias podendo então influenciar no desempenho do coagulante.

Sarkaret al. (2006) explicaram esta situação, relatando que a adição de coagulantes envolve a desestabilização do material particulado presente nas águas residuárias seguido da colisão das partículas e formação de flocos o que resulta na sedimentação ou flotação.

5 CONCLUSÃO

A realização desta pesquisa demonstrou que a concentração ($C_3 = 150 \text{ mg.L}^{-1}$) do dia 24/02/2014 obteve uma redução satisfatória de turbidez e cor aparente da água tratada. No entanto, a adição de tais coagulantes à água resíduo apresenta uma tendência de aumento da DQO e variação de pH podendo estar relacionada às características da água e da semente de moringa utilizada.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABDULSALAM, S.; GITAL, A.A.; MISAU, I.M.; SULEIMAN, M.S. **Water clarification using Moringa oleifera seed coagulant: Maiduguri raw water as a case study.** *Journal of Food, Agriculture & environment*, Helsinki, v.5, n.1, p.302-306, 2007.

ABERS, R. N. e JORGE, K. D. **Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados?** In *Ambiente e Sociedade*. Campinas: Nepam: Unicamp, v. 8, n. 2, p. 1-26, jul/dez. 2005;

ANA –AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2005). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Brasília.**

ALLEGRE, C.; MAISSEU, M.; CHARBIT, F.; MOULIN, P. **Coagulation–flocculation–decantation of dye house effluents: concentrated effluents.** *Journal of Hazardous Materials*, n. B 116, p. 57-64, 2004.

AMAYA, D.R.; KERR, W. E.; OLIVEIRA, A. L. **Moringa: hortaliça arbórea rica em beta-caroteno.** *Horticultura Brasileira*, v.10, 1992.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, New York: American Public Health Association, 1994.

ARVANITOYANNIS, I.; KASSAVETI, A. **Dairy waste management: treatment methods and potential uses of treated waste.** *Waste Management for the Food Industries*, p.801-859, 2008.

APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater.** 21st ed. Washington D.C. 2005.

BAIRD, C. **Química Ambiental.** Porto Alegre: Bookman, 2004. 622p.

BHATIA, S.; OTHMAN, Z.; AHMAD, A. B. **Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using Moringa oleifera seed's as natural coagulant.** *Journal of Hazardous Materials*, n. 145, p. 120-126, 2007.

BRAILE, P.M. **Despejos industriais.** São Paulo: Livraria Freitas Bastos, 1971. 231 p

BRAILE, P.M. & CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais.** São Paulo: CETESB, 1993. 764p.

BRASIL. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Legislação para águas de consumo humano. Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 de dez. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.

BERGAMASCO, R., ARAUJO, A. A., MADRONA, G. S., VIEIRA, A. M. S., SIQUEIRA, M. E. T., LOURENÇO, B. S.S. (2009) **Estudo da utilização de *Moringa oleifera* em uma estação de tratamento de água piloto (ETA – piloto). Encontro Nacional de Moringa. Aracaju, SE.**

CARAWAN, R. E.; JONES, V. A.; HANSEN, A. P. **Water use in a multiproduct dairy.** Journal of Dairy Science, v. 62, n. 8, p. 1238 - 1242, 1979 a.

CARAWAN, R. E.; JONES, V. A.; HANSEN, A. P. **Wastewater characterization in a multiproduct dairy.** Journal of Dairy Science, v. 62, n. 8, p. 1243-1251, 1979b.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo . **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo** - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e amostragem. Séries Relatório CETESB, p28-29, 2009.

DANALEWICH, J. R.; PAPAGIANNIS, T. G.; BELYEA, R. L.; TUMBLESON, M. E., RASKIN, L. **Characterization of dairy waste streams, current treatment practices and potential for biological nutrient removal.** Water Research, v. 32, p. 3555–3568, 1998

DAUFIN, G., Escudier, J. P., Carrere, H., Berot, S., Fillaudeau, L. and Decloux, M., **Recent and emerging applications of membrane processes in the food and dairy industry.** Food and Bioprocess Processing, 79, p. 89-102 (2001).

FUNASA. **Manual de Saneamento.** Brasília: Orientação técnica p. 56-57, 2006.

FUNASA. **Manual de Saneamento.** Brasília: Orientação técnica p. 86-87, 2006.

GALAMBOS, I.; MOLINA, J. M.; JÁRAY, P.; VATAI, G.; BEKÁSSY-MOLNÁR, E. **High organic content industrial wastewater treatment by membrane filtration.** *Denalination*, n. 162, p. 117-120, 2004.

GOULAS, A.; GRANDISON, A. S. Applications of membrane separation. In: BRITZ, T. J.; ROBINSON, R. K. (coord). **Advanced dairy science and technology.** Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2008, cap. 2, p. 35-75

HEREDIA, J. B.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J. **Removal of sodium lauryl sulphate by coagulation/flocculation with *Moringa oleifera* seed extract.** *Journal of Hazardous Materials*, n. 164, p. 713-719, 2009.

H M Kwaambwa and R Maikokera (2008) **Infrared and circular dichroism spectroscopic characterisation of secondary structure components of a water treatment coagulant protein extracted from *Moringa oleifera* seeds** *Colloids & Surfaces B: Biointerfaces Journal*, in press.

JANCZUKOWICZ, W.; ZIELIŃSKI, M.; DEBOWSKI, M. **Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production.** *Bioresource Technology*, v. 99, p. 4199–4205, 2008

KATAYON, S.; Noor, M. J. M. M.; Asma, M.; Ghani, L. A. A.; Thamer, A. M.; Azni, I.; Ahmad, J.; Khor, B. C.; Suleyman, A. M. **Effects of storage conditions of *Moringaoleifera* seeds on its performance in coagulation.** *Bioresource Technology*, v.97, p.1455-1460, 2006.

KAWAMURA, S. **Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment.** *Journal American Water Works Association*, v. 83, n. 10, p. 88-91, 1991a.

KUMARI, P., SHARMA, P., SRIVASTAVA, S., SRIVASTAVA, M. M. (2005) **Arsenic removal from the aqueous system using plant biomass: a bioremediation approach.** *J. Ind. Microbiol Biotechnol* 32:521-526.

KUSHWAHA, J.P.; SRIVASTAVA, V.C.; MALL, I.D. **Treatment of dairy wastewater by commercial activated carbon and bagasse fly ash: Parametric, kinetic and equilibrium modelling, disposal studies.** *Bioresource Technology*, v. 101, n. 10, p. 3474-3483, May 2010a.

LÁSZLÓ, Z.; KERTÉSZ, S.; BESZÉDES, S.; HOVORKA-HORVÁTH, S.; SZABÓ, G.; HODÚR, C. **Effect of preozonation on the filterability of model dairy waste water in nanofiltration.** *Desalination*, n. 240, p. 170-177, 2009.

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.** *Ambiágua*, Taubaté, v.5, n.3, p.222-231, 2010.

LOPES, C.V. M.; ZAGO NETO, O. G.; KRÜGER, V. **Águas.** Instituto de Química. Universidade Federal do Rio Grando do Sul, Porto Alegre, 2012.

MACHADO, R.M.G.; FREIRE, V.H.; SILVA, P.C.; FIGUERÊDO, D.V.; FERREIRA, P.E. **Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios.** Projeto Minas Ambiente, Belo Horizonte, 224p., 2002.

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V.H.; SILVA, P.C.; FIGUERÊDO, D.V.; FERREIRA, P.E. **Sistemas de tratamento utilizados para efluentes líquidos de laticínios 1999.** In: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; AIDIS. Desafios para o saneamento ambiental no terceiro milênio. Rio de Janeiro, ABES, 1999. p.1-12, Tab. . Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA>. Acesso em: 16 de janeiro de 2014.

MADRONA, G. S.; SERPELLONI, G. B.; VIEIRA, A. M. S.; NISHI, L.; CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R. **Study of the effect of saline solution on the extraction of the *Moringaoleiferaseed*'s active component for water treatment.** *Water Air Soil Pollut*, published online: January, 2010. DOI 10.1007/s11270-009-0309-0.

MAGANHA, M.F.B. **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos.** São Paulo: CETESB, 2006. 95 p

MAGNO, P. S. L. **Tratamento de efluentes em lagoas de estabilização: um estudo de caso na indústria de laticínio.** Departamento de Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté. Dissertação de Mestrado. Taubaté, 2010.

MATOS, A. T. de. **Tratamento de Resíduos Agroindustriais**, Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais. Universidade Federal de Viçosa. Maio 2005. Disponível em: <http://www.ufv.br/dec/simea/apresentacoes/CursoMatosFEAM2005.pdf>. Acesso em: 19 dezembro de 2013a.

MATOS, A.T.; CABANELLAS, C.F.G.; CECOM, P.R.; BRASIL, M.S.; MUDADO, C.S. **Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.2, p.544-551, 2007b.

MERTEN, G.H., MINELLA, J.P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v.3, n.4, p.33-38, 2002.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; **Água na indústria: uso racional e reúso.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005. Cap IV: Técnicas para o tratamento de água na indústria, p. 47-52 e 60-65.

MINAS GERAIS. **Lei estadual nº 11.504.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências, de 20 de junho de 1994.

MOINHOS, Rodrigo. **Copam tenta enquadrar laticínios mineiros.** Diário do Comércio, Belo Horizonte, jun.2008. Disponível em: <http://www.observatoriодоagronegocio.com.br/page7/page15/page35/page35.html>. Acesso em: 13 de junho de 2014.

MUYIBI, S.A.; EVISON, L.M. **Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with Moringa oleifera seeds.** Water research, Oxford, v.29, n.12, p.2689-2695, dec. 1995

NAIME, R.; GARCIA, A. C. **Utilização de enraizadas no tratamento de efluentes.** Estudos tecnológicos - Vol. 1, nº 2:9-20 (jul/dez. 2005) ISSN 1808-7310. Disponível em: <http://www.estudostecnologicos.unisinos.br/pdfs/42.pdf>. Acesso em: 16 de dezembro de 2013.

NEVES, Henrique de Castro; STEPHANE, Rodrigo, CARVALHO, Glauco Rodrigues; GUIMARÃES, Marta Fonseca Martins. O Setor Agroindustrial do Leite no Brasil. **Revista Leite e Derivados**, v.19, n.122, p.26-31, 2010. Disponível em: <http://www.brqualityconsultoria.com.br/o-setor-agroindustrial-do-leite-no-brasil/>. Acesso em 13 de junho de 2014.

NDABIGENGESERE, A; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. **Active agents and mechanism of coagulation of the turbid water using Moringaoleifera.** Water Research, v. 29, n. 2, p. 703-710, 1995.

OKUDA T, BAES AU, NISHIJIMA W, OKADA M 2001. **Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringaoleifera* seed by salt solution.** *Water Res* 35: 405-410 a.

OKUDA, T., BAES, A.U., NISHIJIMA, W. & OKADA, M.. **Improvements of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed.** *Water Research*, vol.33, nº 15, pp. 3373-3378, 1999 b.

OMIL, F.; GARRIDO, J. M.; ARROJO, B.; MÉNDEZ, R. **Anaerobic filter reactor performance for the treatment of complex dairy wastewater at industrial scale.** *Water Research*, v. 37, n. 17, p. 4099-4108, 2003.

PRASAD, R. K. **Color removal from distillery spent wash through coagulation using *Moringaoleifera* seeds: Use of optimum response surface methodology.** *Journal of Hazardous Materials*, n. 165, p. 804-811, 2009.

PEREIRA, LauroCharlet; TOCCHETO, MartaRegina Lopes. **Sistemas de gestão e proteção ambiental.** Curitiba: Ambientebrasil, 2006. Disponível em: <http://www.abesrs.org.br/artigos/gestao.doc>. Acesso: 13 de junho de 2014.

RAMJEAOWN, T.; **Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories.** *Journal of Cleaner Production*, n. 8, p. 503-510, march 2000.

RENAULT, F.; SANCEY, B.; BADOT, P. M.; CRINI, G. **Chitosan for coagulation/flocculation processes – An eco-friendly approach.** *European Polymer Journal*, n. 25, p. 1337-1348, 2009.

RIBEIRO, A. T. A. **Aplicação da *Moringa oleifera* no tratamento de água para consumo humano. Remoção de poluentes por coagulação-floculação.** Dissertação submetida para satisfação dos requisitos do grau de mestre em Engenharia do Meio Ambiente, pag 21 janeiro de 2010.

SANTOS, A. F. S., LUZ, L. A., ARGOLO, A. C. C., TEIXEIRA, J. A. 2009. **Isolation of a seed coagulant *Moringaoleifera* lectin.** *Process Biochemistry* 44:504-508.

SÁNCHEZ-MACHADO DI, LÓPEZ-CERVANTES J, VÁZQUEZ NJR 2006. High-performance liquid chromatography method to measure α - and γ -tocopherol in leaves, flowers and fresh beans from *Moringaoleifera*. *J Chromatogr A* 1105: 111-114.

SARKAR, B.; CHHAKRABARTI, P. P.; VIJAYKUMAR, A.; KALE, V. **Wastewater treatment in dairy industries — possibility of reuse.** *Desalination*, n. 195, p. 141-152, 2006.

SILVA, M.E.R.; AQUINO, M.D.; SANTOS, A.B. **Pós tratamento provenientes de reatores anaeróbios tratando esgoto sanitário por coagulantes naturais e não-naturais.** *Revista Tecnologia*, Fortaleza, v.28, n.2, p. 178-190, dez. 2007.

STRÖHER, A.P, MENEZES, M. L., PEREIRA, N. C. BERGAMASCO, R. **Utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluente proveniente de lavagem de jeans.** *ENGEVISTA*, V. 15, n. 3, p. 255-260, dezembro de 2013.

STRYDOM, J.P.; MOSTERT, J.F.; BRITZ, T.J. **Two-phase anaerobic digestion of different dairy effluents using a hybrid bioreactor.** *Water SA*, Adelaide, v.23, n.2, p.151-155, 1997.

TAWFIK, A., SOBHEY, M., BADAWY, M. Treatment of a combined dairy and domestic wastewater in an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor followed by activated sludge (AS system), **Desalination** 227, p. 167–177. 2008.

VAZ, L. G. de L. **Processo de coagulação/ floculação no tratamento de efluentes de galvanoplastia.** Toledo: Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2009. 98 p. Dissertação (Mestrado).

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*, n. 206, p. 273-281, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed., Belo Horizonte: DESA, 1996. 243 p.

VOURCH, M., BALANNEC, B., CHAUFER AND DARANGE, G., **Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse,** *Science Direct* (2008), p 190-202.