



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
DOUTORADO EM GEOTECNIA AMBIENTAL

2015

LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO TRATADO COM EXTRATOS DE *Moringa oleifera* Lam ISOLADOS E COMBINADOS COM *Abelmoschus esculentus* L. Moench e BIOSURFACTANTE.



Forayde Lourenço de Oliveira



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
DOUTORADO EM ENGENHARIA CIVIL**

LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO TRATADO COM EXTRATOS
DE *Moringa oleifera* Lam ISOLADOS E COMBINADOS COM
Abelmoschus esculentus L. Moench e BIOSSURFACTANTE.

ZORAYDE LOURENÇO DE OLIVEIRA

Recife, Novembro de 2015.

ZORAYDE LOURENÇO DE OLIVEIRA

LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO TRATADO COM EXTRATOS DE *Moringa oleifera* Lam ISOLADOS E COMBINADOS COM *Abelmoschus esculentus* L. Moench e BIOSSURFACTANTE.

Orientador: Prof. Silvio Romero De Melo Ferreira

Co-orientadora: Prof^a Marília Regina Costa Castro Lyra

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação
Em Engenharia Civil da Universidade Federal de
Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do
título de Doutora em Engenharia Civil.
Área de Concentração: Geotecnia ambiental.

Recife, PE

Novembro, 2015

O48I Oliveira, Zorayde Lourenço de.

Lixiviado de aterro sanitário tratados com extratos de *moringa oleifera* Lam isolados e combinados com *abelmoschus esculentus* L.Moench e biossurfactante / Zorayde Lourenço de Oliveira. – Recife: O Autor, 2015.

166fol. il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Romero De Melo Ferreira.

Co-orientadora: Profa. Dra. Marília Regina Costa Castro Lyra.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2015.
Inclui Referências e Apêndice.

1. Engenharia Civil. 2. Moringa . 3. Quibo. 4. Biossurfactante. 5. Coliformes. 6. Tratamento Lixiviado. I. Ferreira, Silvio Romero De Melo (Orientador). II. Lyra, Marília Regina Costa Castro (Co-orientadora). III. Título.

624 CDD (22.ed) UFPE/BCTG-2016/ 12



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A Comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado

**LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO TRATADO COM EXTRATOS
DE *Moringa oleifera* Lam ISOLADOS E COMBINADOS COM
Abelmoschus esculentus L. Moench e BIOSSURFACTANTE.**

defendida por

Zorayde Lourenço de Oliveira

Considerada a candidata APROVADA

Recife, 19 de novembro de 2015

Orientadores:

Prof. Dr. Silvio Romero de Melo Ferreira - UFPE
(orientador)

Prof.^a Dr.^a Marília Regina Costa Castro Lyra - IFPE
(coorientadora)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Silvio Romero de Melo Ferreira - UFPE
(orientador)

Prof.^a Dr.^a Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira - UFRPE
(examinadora externa)

Prof.^a Dr.^a Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues - IFPE
(examinadora externa)

Prof.^a Dr.^a Leonie Asfora Sarubbo - UNICAP
(examinadora externa)

Prof.^a Dr.^a Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha - UFPE
(examinadora externa)

Prof. Dr. Joaquim Teodoro Romão de Oliveira - UNICAP
(examinador externo)

Dedico

*A Deus, autor da minha vida,
fonte de amor e luz em minha caminhada.*

Ofereço

À **Minha Mãe**, minha fiel amiga por me dar forças
em todas as etapas da minha formação sempre
disposta a tudo por mim.

Ao Meu Pai, Sebastião Lima de Oliveira.

(in memoriam)

AGRADECIMENTOS

Á **Deus** autor da minha vida que permitiu vencer mais essa etapa, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A minha mãe, **Nilza Lourenço**, e meu irmão, **Alexandre Lourenço** que sempre estiveram ao meu lado direta e indiretamente para conclusão desse trabalho.

Ao orientador professor **Silvio Romero de Melo Ferreira** pela amizade, paciência e serenidade, apoio e contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho.

A minha co-orientadora **Marília Regina Costa Castro Lyra** e seu esposo Professor **Aleixo** pela amizade, e contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor **Gabriel Francisco da Silva** do Laboratório de Tecnologias Alternativas da Universidade Federal de Sergipe e as Professoras **Leonie Asfora e Raquel D. Rufino** da Universidade Católica de Pernambuco pelas contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a Professora **Valdinete Lins da Silva** da UFPE/LEAQ pelo apoio ao desenvolvimento dos experimentos e análises laboratorial

Agradeço aos amigos do LEAQ, **Chesque Cavassano, Léa Zaidan, e Marcia** pela atenção, apoio e pelas discussões técnicas e que facilitaram esta caminhada, sobretudo a **Yuji Fujiwara** cujas Contribuições nas análises foram primordiais nesta importante etapa da minha formação.

Ao funcionário **Gutemberg** obrigado pela colaboração durante o desenvolvimento deste trabalho.

A **Rose Mary Nascimento** pela amizade e aprendizado durante o período de desenvolvimento da pesquisa.

Á **Ana Maria Bastos**, do LEAQ pela sua amizade e contribuição valiosa e prestativa para conclusão deste trabalho, pelo apoio e por compartilhar informações para realização dos dados e gráficos.

Á **Andrea Negromonte, Claudiana Araujo e Jecicleide Marques**, secretarias na pós-graduação, pela amizade, atenção e ajuda.

Á Professora **Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues** do Laboratório de Química do Instituto Federal de Pernambuco, pelo apoio ao desenvolvimento dos experimentos e análises laboratorial.

A todos da **Administração do** aterro CTR candeias pela parceria na pesquisa pelo atendimento e informações fornecidas durante o período de desenvolvimento da pesquisa, contribuindo para o desenvolvimento dos experimentos e análise laboratorial, em especial ao Diretor operacional do CTR **Fabio Lopes**, a Gerente operacional **Anna Claudia Arruda** e a técnica química **Chistianne Barros**.

Ao colega **Gerson Marques Santos** do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pela amizade e apoio durante o desenvolvimento da pesquisa, em especial a **José Fernando do Nascimento** por sua amizade, discussões técnicas e apoio ao desenvolvimento dos experimentos, sempre prestativo para conclusão deste trabalho.

A **Maria da Conceição Gomes da Silva Andrade** do Laboratório de Microbiologia da UFPE por toda atenção e pelas discussões técnicas.

A **Sebastião Camilo** técnico do LEAAL - Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos pelo profissionalismo e atenção.

Ao **CNPQ** - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a elaboração deste trabalho.

Muito Obrigado!

“Não que sejamos capazes, por nós, de pensar alguma coisa, como de nós mesmos; mas a nossa capacidade vem de Deus, O qual nos fez também capazes de ser ministros de um novo testamento, não da letra, mas do espírito; porque a letra mata e o espírito vivifica.”
(2 Coríntios 3: 5 e 6).

“Porque o SENHOR dá a sabedoria, e da sua boca vem à inteligência e o entendimento”. (Provérbios 2:6).

“Porque o SENHOR dá a sabedoria, e da sua boca vem à inteligência e o entendimento”. (Provérbios 2:6).

LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO TRATADO COM EXTRATOS DE *Moringa oleifera* Lam ISOLADOS E COMBINADOS COM *Abelmoschus esculentus* L. Moench e BIOSSURFACTANTE.

Zorayde Lourenço de Oliveira. Orientador: Prof. Dr. Sílvio Romero de Melo Ferreira. Co-orientadora: Profa. Dra. Marília Regina Costa Castro Lyra

RESUMO

O tratamento do lixiviado representa um grande desafio. Os métodos desenvolvidos para o tratamento de lixiviado são físicos, químicos e biológicos. O presente trabalho avaliou, em laboratório, a eficiência do uso de extratos de sementes de *Moringa oleifera* Lam, isolados e combinados com Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) e biossurfactante no tratamento de lixiviado de aterro sanitário, devido suas propriedades coagulantes e a sua capacidade de remoção de metais e bactérias. Foram realizadas as caracterizações físico-químicas das sementes e dos óleos de moringa e do quiabo, de quatro amostras do lixiviado bruto (LB1,2,3,4) e do lixiviado com os coagulantes. Foram comparados os extratos preparados com o óleo (LBOM) da semente e aquoso com casca (LBEMC) e sem casca (LBEMS), Quiabo (LBQ) e biossurfactante (LBB), através dos ensaios Jartest, Cone Inhoff, filtro simplificado e Bioensaios com sementes de Alface - *Lactuca sativa* L. Avaliou-se a remoção de cor, turbidez, condutividade, coliformes fecais e totais, pH, DQO, DBO₅ de lixiviados através de ensaios de coagulação/floculação/sedimentação/filtração em triplicata. O extrato de moringa apresentou em todos os ensaios com a dosagem de (LBEMS) 37,5g/L de maior eficiência no tratamento do lixiviado (LB1,2,3,4), não alterou o pH e apresentou remoção dos parâmetros: cor (84%), turbidez (68%), DQO (41%), DBO₅ (55%), Fe (82%), condutividade (50%), reduziu odor e toxicidade do lixiviado bruto e removeu Coliformes totais e fecais em 99%. Com a etapa de filtração, o extrato da moringa teve excelentes resultados de remoção para cor, turbidez, condutividade, sólidos, DQO e DBO₅. O tratamento (LB3) com biossurfactante (LBB) demonstrou eficiência de 99% de remoção de coliformes totais e fecais do (LB3), e os resultados da mistura biossurfactante com extrato de moringa reduziu cor, mas ocorreu aumento para turbidez, DQO e DBO₅ em relação ao valor inicial do (LB1). O extrato com óleo da moringa (6 ml) removeu 65% de DBO₅ e 99% de coliformes mas não se mostra eficiente na remoção de cor, turbidez, sólidos e condutividade. O tratamento do LB4 com quiabo (LBQ 37,5 g/L) não alterou o pH e obteve remoção para os parâmetros: cor, turbidez, sólidos, condutividade, DQO e DBO₅, 72%, 35%, 87%, 20%, 78% e 72%, respectivamente. O emprego em conjunto com quiabo e moringa (LBEMQ 37g/L+20g/L), obteve-se 22%, 78%, 42%, 46%, 52% e 88% de remoção respectivamente. O LB4 apresentou toxicidade em Alface, pois não ocorreu germinação comparada ao controle negativo, o LB4 tratado com os extratos de moringa, obteve médias de 30 a 35% de germinação de sementes de Alface, tanto na fração extrato de moringa (EXTMO), quanto no lixiviado com adição dos extratos de moringa (LBEMC/LBEMS), indicando que a toxicidade reduz após o processo de coagulação/floculação. Os resultados demonstram eficiência dos coagulantes na remoção dos parâmetros avaliados. Indica o uso do coagulante da semente da *Moringa* (LBEMS 37,5 g/L) sem casca com um tempo de decantação de 120 min no tratamento de lixiviados de aterro sanitário como mais promissor.

Palavras-chave: Moringa, Quiabo, Biossurfactante, Coliformes, Tratamento de lixiviado.

SANITARY LANDFILL LEACHATE TREATED *Moringa oleifera* Lam EXTRACTS AND COMBINED WITH ISOLATED *Abelmoschus esculentus* L. Moench and biosurfactant.

Zorayde Lourenço de Oliveira. Advisor: Prof. Dr. Romero de Melo Ferreira. Co-supervisor: Prof. Dra. Marília Regina Costa Castro Lyra

ABSTRACT

The treatment of the leachate is a major challenge. The methods developed for the treatment of leachate are physical, biological and chemical. This study evaluated in the laboratory, the efficiency of the use of *Moringa* seed extracts *oleifera* Lam, isolated and combined with *Abelmoschus esculentus* L. Moench and biosurfactant in the treatment of landfill leachate, due to its coagulant properties and their removal capacity metals and bacteria. Physicochemical characterizations of seeds and moringa oil and okra were held, four samples of raw leachate (LB1,2,3,4) and leached with coagulants. The extracts were compared cooked with oil (BOM) seed and aqueous shelled (LBEMC) and shelled (LBEMS), okra (LBQ) and biosurfactant (LBB) through Jartest tests cone Inhoff simplified filter and bioassays Lettuce seeds - *Lactuca sativa* L. was evaluated the removal color, turbidity, conductivity, total and fecal coliforms, pH, COD, BOD 5 leachate through coagulation assays / flocculation / sedimentation / filtration in triplicate. The moringa extract showed in all tests with dosage (LBEMS) 37,5g / L to greater efficiency in the treatment of the leachate (LB1,2,3,4) did not alter the pH and presented removal of parameters: color (84%), turbidity (68%), COD (41%) BOD5 (55%) Fe (82%) conductivity (50%) reduced odor and toxicity raw leachate and removed total and faecal coliforms in 99%. In the filtration step, the *Moringa* extract had excellent removal results for color, turbidity, conductivity, solids, COD and BOD5. Treatment (LB3) with biosurfactant (LBB) demonstrated efficiency 99% removal of total and fecal coliforms of (LB3), and the results of biosurfactant mixture with moringa extract reduced color, but it increased for turbidity, COD and BOD 5 in the initial value (LB1). The extract of moringa with oil (6 ml) removed 65% of BOD5 and 99% efficient coliform but not shown in the removal of color, turbidity, and conductivity solids. Treatment of LB4 and okra (LBQ 37.5 g / L) did not alter the pH and removing obtained for the parameters: color, turbidity, solids, conductivity, COD and BOD5, 72%, 35%, 87%, 20%, 78% and 72%, respectively. The use in conjunction with okra and moringa (37g/L LBEMQ 20g/L +), was obtained 22%, 78%, 42%, 46%, 52% and 88% removal respectively. The LB4 presented toxicity in lettuce because there was no germination compared to the negative control, the LB4 treated with moringa extract, averaged 30-35% lettuce seed germination, both in moringa extract fraction (EXTMO), as adding the leached with extracts of *Moringa* (LBEMC / LBEMS), indicating that the toxicity decreases after the process of coagulation / flocculation. The results demonstrate efficiency of coagulants in the removal of the evaluated parameters. Indicates the use of the seed of *Moringa* coagulant (LBEMS 37.5 g / L) peeled with a settling time of 120 min the treatment of landfill leachate as more promising.

Key words: *Moringa*. Okra. Biosurfactant. Coliforms. Leachate treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Árvore da Moringa (a), vagens (b), flores (c) e sementes (d) da <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	43
Figura 2.2 - Estrutura de glucosinolato presente na semente de Moringa. 2000.....	46
Figura 2.3 Planta (A), floração (B) e (C) frutos do Quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench.....	52
Figura 3.1 - Fluxograma das etapas realizadas para obtenção de extratos coagulante de <i>Moringa oleifera</i> e do Quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench) e Biosurfactante	53
Figura 3.2 - Apresenta vista aérea da célula do aterro e o Ponto de coleta do lixiviado bruto da estação de tratamento do Aterro CTR-Candeias.....	55
Figura 3.3- Fluxograma de preparo do extrato da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	57
Figura 3.4 Sequencia do preparo do extrato da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam: pesagem das sementes (A), sementes com casca e sem casca (B), pó das sementes trituradas(C),extrato D).....	57
Figura 3.5- Visualização da extração soxhlet do óleo da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam foi através de um aparelho de refluxo simples, constituído de balão de fundo chato e soxhlet (A) e condensador e evaporador rotativo (b) Óleo da semente de Moringa (c).....	59
Figura 3.6 Visualização da Coloração do óleo de <i>Moringa oleifera</i> Lam: Óleo da Moringa por prensa (a) e Óleo da Moringa soxhlet (Hexano) (b).....	60
Figura 3.7 Visualização do biosurfactante utilizado nos ensaios de tratabilidade do lixiviado do aterro de resíduos sólidos.....	63
Figura 3.8 - Fluxograma de coleta e preparo do extrato do fruto do Quiabo.....	64
Figura 3.9 visualização da Sequencia do preparo do extrato: frutos do Quiabo (A), Quiabo triturado no liquidificador (B), extrato do Quiabo (C e D), pesagem do extrato do Quiabo (E).....	64
Figura 3.10 Mostra visualmente as etapas de desenvolvimento do bioensaio com semente de alface - <i>lactuca sativa</i> L. no teste de toxicidade do lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de <i>Moringa oleifera</i> Lam com e sem casca. Placa de Petri com sementes (A), adição dos lixiviados com e sem tratamento nas placas de Petri (B E C), as placas foram tampadas e vedadas com filme de PVC (D).....	67
Figura 3.11 Sequencia da montagem do sistema simplificado de filtros	69
Figura 4.1 Vista geral da Sequência de operações para realização dos ensaios de tratabilidade do lixiviado no Jar-test, (a) adição dos extratos nas quantidades pré-determinadas, (b) sedimentação do material floculado após repouso por 2 horas, (c) vista geral da sedimentação do LB1 com os extratos LBEMC e LBEMS, (d) cor das amostras após tratamento do Experimento 1.....	76

Figura 4.2- Vista geral da sequência de operações para realização dos ensaios de tratabilidade do lixiviado no Jar-test, (a) adição dos extratos no LB2, (b) vista geral da coagulação do LB2 com os extratos LBEMS e LBEMC, (c) cor das amostras após tratamento do Experimento 2.....	76
Figura 4.3 - Variação do pH do lixiviado bruto e após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> e biossurfactante para Experimento 1 e 2.....	78
Figura 4.4 - Variação da cor do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> e biossurfactante para Experimento 1 e 2.....	79
Figura 4.5 - Variação da turbidez do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> e o biossurfactante para Experimento 1 e 2.....	80
Figura 4.6 - Variação da condutividade do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> e o biossurfactante para Experimento 1 e 2.....	81
Figura 4.7 - Variação da DQO do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam, e o biossurfactante para Experimento 1 e 2.....	83
Figura 4.8 - Variação da DBO ₅ do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam e o biossurfactante para Experimento 1 e 2.....	84
Figura 4.9 – Relação da DQO/DBO do lixiviado bruto1 antes e após tratamento com dosagens do extrato e óleo de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam e biossurfactante.....	85
Figura 4.10. Resultados para Cor e pH do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam para Experimento	87
Figura 4.11 Resultados para turbidez e condutividade do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam para Experimento 3.....	87
Figura 4.12 Pré – filtração da DBO ₅ do lixiviado após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam	88
Figura 4.13 Pré - filtração da DQO do lixiviado após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	89
Figura 4.14 Relação da DQO/DBO do lixiviado bruto 2 nos Experimento 2 e 3 antes e após tratamento com dosagens do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	91
Figura 4.15 Tempo de decantação para Cor e Turbidez do lixiviado após tratamento com a dosagem de 37,5g/L do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	92
Figura 4.16 Tempo de decantação para condutividade elétrica do lixiviado após tratamento com a dosagem de 37,5 g/L do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	93

Figura 4.17 - Percentual da remoção de coliformes fecais no lixiviado após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	94
Figura 4.18 - Eficiência de remoção de metais do resultado das análises de metais do lixiviado bruto e após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	99
Figura 4.19 Resultado visual da Sequência de operações realizadas nos ensaios de tratabilidade no Jar- test: Jar-test antes da adição dos tratamentos (A); Jar-test após adição dos tratamentos com óleo e extrato de semente de <i>Moringa</i> e biossurfactante em mistura rápida a 120 rpm (B); cubas com óleo de semente de <i>Moringa</i> (C) cubas com agitação (D e E); sedimentação do material floculado (F); após repouso por 2 horas coleta das amostras do tratamento para análises (G e H).....	102
Figura 4.20 - Variação da cor aparente e da turbidez do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da <i>Moringa oleifera</i> Lam com e sem casca e o biossurfactante.....	104
Figura 4.21 - Comportamento da condutividade e do pH do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da <i>Moringa oleifera</i> Lam com e sem casca e biossurfactante.....	105
Figura 4.22 - Resultados da DQO e DBO ₅ do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da <i>Moringa oleifera</i> com e sem casca e biossurfactante.....	106
Figura 4.23 - Resultados para sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF) do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da <i>Moringa oleifera</i> com e sem casca e biossurfactante.....	107
Figura 4.24 - Resultados de remoção em porcentagem (%) para CT – Coliformes Totais; CF – Coliformes Fecais do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da <i>Moringa oleifera</i> com e sem casca e biossurfactante.....	108
Figura 4.25 – Placas de Petri com os controles negativo (A) e controle negativo (Alface) e positivo (EXTMO) (B), mostra visualmente a germinação do controle negativo a inibição da germinação das sementes de Alface com lixiviado bruto 4 (C), placas de Petri com a germinação da Alface em LBEMC, LBEMS (D).....	111
Figura 4.26 - Inibição da Germinação das Sementes de alface <i>lactuca sativa</i> L. com lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de <i>Moringa oleifera</i> Lam com e sem casca.....	112
Figura 4.27 Resultado visual das análises microbiológicas do lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de <i>Moringa oleifera</i> Lam com e sem casca. LB (A e B); LBEMC (C); LBEMS (D).....	113
Figura 4.28 Curva granulométrica do material fino (areia), material grosso (cascalhinho) utilizado no sistema simplificado de filtro lento para o tratamento de lixiviado utilizando as sementes da <i>Moringa oleifera</i> e quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench).	115
Figura 4.29 – Resultado visual do ensaio no Cone de Imhoff de coagulação/floculação: à direita o efluente bruto(A) como foi coletado e à esquerda o efluente após ser submetido ao tratamento com o extrato da <i>Moringa</i> (B1) e o quiabo (B2) sem agitação (a), decantação após tratamento	

com o extrato da <i>Moringa oleifera</i> Lam e o quiabo (b e c).....	116
Figura 4.30 – Resultado da Cor visual das amostras antes e após tratamento no Cone de Imhoff com diferentes extratos de sementes de <i>Moringa</i> e quiabo sem agitação.....	116
Figura 4.31. Sequência de operações da realização dos ensaios de tratabilidade do lixiviado com diferentes extratos de sementes de <i>Moringa</i> quiabo na sequencia dos filtros. (A, B, C, D) filtros com os tratamentos após 3 dia (E,F,G,H) Filtros com os tratamentos após 5 dia.....	117
Figura 4.32 valores médios do comportamento de pH do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da <i>Moringa</i> e do quiabo como coagulante/ floculante natural.....	119
Figura 4.33 Variação da cor do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> Lam e do quiabo como coagulante/ floculante natural.....	120
Figura 4.34 – Variação da turbidez do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> e do quiabo como coagulante/ floculante natural.	122
Figura 4.35 – Variação da Condutividade elétrica do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da <i>Moringa</i> e do quiabo como coagulante/ floculante natural.....	124
Figura 4.36 – Variação da DBO5 do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da <i>Moringa</i> e o quiabo como coagulante/ floculante natural.	125
Figura 4.37 – Variação da DQO do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da <i>Moringa</i> e do quiabo como coagulante/ floculante natural.....	126
Figura 4.38 - Remoção dos sólidos totais, voláteis e fixos do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> e do quiabo como coagulante/ floculante natural.....	127
Figura 4.39 - Remoção dos sólidos totais, voláteis e fixos do lixiviado bruto e após tratamento no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> e do quiabo como coagulante/ floculante natural.....	128
Figura 4.40 - Remoção dos sólidos do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> e do quiabo como coagulante/ floculante natural.....	129
Figura 4.41 - Remoção dos sólidos do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> e do quiabo, como coagulante/ floculante natural.....	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1 - Composição química das sementes de moringa.....	44
Tabela 3.1 - Parâmetros determinados e métodos empregados nas análises do lixiviado.....	56
Tabela 3.2 Resultados da Condutividade dos extratos Coagulantes da <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	58
Tabela 3.3 - análise do óleo da Semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	60
Tabela 3.4- Descrição dos tratamentos utilizados nos ensaios do Jar-test, bioensaios, Cone de Imhoff e filtro simplificado para tratar o lixiviado bruto.....	64
Tabela 3.5 - Etapas e Dosagens de Coagulante as dosagens dos extratos utilizados nos ensaios de tratabilidade do lixiviado do aterro de resíduos sólidos: o extrato (polpa) da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam com e sem casca, Óleo da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam e o Biosurfactante.....	65
Tabela 3.6 Composição granulométrica do filtro em relação à espessura de cada camada.....	67
Tabela 4.1 Características físicas e químicas das amostras do lixiviado utilizadas nos ensaios dos Experimentos e filtro simplificado.....	70
Tabela 4.2 - Características físico-químicas das sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam de São Bento/PE e São Cristóvão/SE.....	73
Tabela 4.3 Composição dos ácidos graxos do Óleo da <i>Moringa oleifera</i> Lam extraído por prensa e hexano, por cromatografia gasosa.....	73
Tabela 4.4 Resultados das análises físico-químicas feitas com o óleo da semente <i>Moringa oleifera</i> Lam proveniente da etapa de extração por prensa (mecânica) e por solvente (Soxhlet).....	74
Tabela 4.5 - Características físico-químicas da mucilagem do quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench).....	75
Tabela 4.6 Características das amostras do lixiviado após tratabilidade do Experimento 1 e 2.....	77
Tabela 4.7 Características das amostras do lixiviado antes e pós - tratamento do Experimento 2 e 3 e dos coagulantes de semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam com e sem casca.....	86
Tabela 4.8 - Resultados das análises laboratoriais do afluente tratado com extrato de <i>Moringa oleifera</i> Lam para efeitos microbiológico de Coliformes totais (A) e Coliformes fecais (B).....	94

Tabela 4.9 - Número máximo de bactéria do grupo coliforme termotolerantes permitido para lançamento nos rios.....	95
Tabela 4.10: Resultados do pré-teste 2 e 3 dos sólidos totais(ST), sólidos voláteis(SV), sólidos fixos (SF) para o lixiviado bruto e para as diferentes dosagens do extrato da <i>Moringa oleifera</i> Lam usada no tratamento do lixiviado do Aterro CTR-CANDEIAS.....	96
Tabela 4.11 resultados do pré-teste 2 e 3 dos os sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF) para o lixiviado bruto e para as diferentes dosagens do extrato da <i>Moringa oleifera</i> Lam usada no tratamento do lixiviado.....	97
Tabela 4.12 Resultados das análises de metais do lixiviado bruto e após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	98
Tabela 4.13 Concentrações de metais pesados de acordo com os padrões de lançamento de efluentes do CONAMA 357/05 (mg/L).....	98
Tabela 4.14-Resultados das Características das amostras do lixiviado antes e pós-tratamento com uso do óleo e extrato de semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam e biossurfactante.	103
Tabela 4.15 Resultados do controle negativo e positivo do bioensaio com Alface - <i>lactuca sativa</i> L. e <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	112
Tabela 4.16- Resultados das análises microbiológicas do lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de <i>Moringa oleifera</i> Lam com e sem casca.....	113
Tabela 4.17 - Caracterização das amostras do lixiviado Bruto do aterro CTR- Candeias e o lixiviado tratado com extrato da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam e do quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench) com e sem filtração.....	118
Tabela 4.18 - Apresenta os resultados das análises laboratoriais para efeitos microbiológico de Coliformes totais (A) e Coliformes fecais (B) do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da <i>Moringa oleifera</i> Lam e do quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench) como coagulante/ floculante natural.....	131
Tabela 4.19. Parâmetros determinados e métodos empregados nas análises.....	135
Tabela 4.20 Investimento inicial para implantação da unidade de beneficiamento do coagulante da semente de <i>Moringa</i>	140

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
CETESB	Companhia de tecnologia de saneamento ambiental
CEMPRE	Compromisso Empresarial para reciclagem
CE	Condutividade Elétrica
CONAMA	Conselho nacional do meio ambiente
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxigênio
DBO ₅ /DQO	Razão de biodegradabilidade
DQO	Demanda química de oxigênio.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental protection agency
ETE	Estação de tratamento de esgoto
Fe	Ferro
IPT	Manual de Gerenciamento Integrado
Hz	Hazen
LEAQ	Laboratório de engenharia ambiental e da qualidade
LB	Lixiviado bruto- Referencia
EXTMO	Extrato de Moringa
LBEMC	Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca
LBEMS	Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca
LBOM	Lixiviado bruto+ Óleo da semente de Moringa
LBB	Lixiviado bruto+ Biossulfactante
LBEMB	Lixiviado bruto+ Extrato de Moringa + Biossulfactante
LBOMB	Lixiviado bruto+ Óleo da semente de Moringa + Biossulfactante
LBEMSQ	Lixiviado bruto+ Extrato de Moringa sem casca + Extrato de Quiabo
LBQ	Lixiviado bruto com Quiabo
N-amoniacal	Nitrogênio amoniacal
NaCl	Cloreto de sódio
Na ₂ O	Óxido de sódio
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
NTU	Unidade de Turbidez Nefelométrica
NPM	"Número mais provável
ND	Não detectado
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PROSAB	Programa de pesquisas em saneamento básico
Pb	Chumbo
RSU	Resíduos sólidos urbanos
ST	Sólidos totais
SV	Sólidos voláteis
SF	Sólidos fixos
SST	Sólidos suspensos totais
SSV	Sólidos suspensos voláteis
SSF	Sólidos suspensos fixos
USB	Reator para tratamento de esgoto doméstico.
Zn	zinco

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO.....	24
1.1 JUSTIFICATIVA.....	26
1.2. OBJETIVOS.....	28
1.3 ESTRUTURA DA TESE.....	30

CAPÍTULO II

2. REVISÃO DE LITERATURA.....	31
2.1 Resíduos Sólidos	31
2.2 Geração do lixiviado.....	31
2.3. Tratamento do Lixiviado	32
2.3.1 Recirculação do Lixiviado.....	33
2.3.2 Processos biológicos aeróbios e anaeróbios.....	33
2.3.3 Tratamento Físico-Químico.....	34
2.3.4 Air Stripping.....	36
2.3.5 Processos Oxidativos Avançados.....	37
2.3.6 Processos de Separação por Membranas.....	37
2.3.7 Processos com Sistema Bioquímico	38
2.3.8 Resolução do CONAMA 357/2005.....	39
2.4 Fitorremediação.....	40
2.4.1 Mecanismo da Fitorremediação.....	40
2.4.2 Potencialidades da Fitorremediação.....	41
2.4.3 Uso da <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	41
2.4.4 Características da <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	42

2.4.5 Emprego no tratamento de água e fluente.....	45
2.5 Biossurfactantes	49
2.5.1 Aplicações comerciais dos biossurfactantes.....	50
2.6. Uso do quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench).....	51
2.5.6 Características quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench)	51

CAPÍTULO III

3 MATERIAL E MÉTODOS	53
3.1 - Coleta das amostras dos lixiviados	55
3.1.1 Caracterizações físico-químicas e microbiológicas do lixiviado	56
3.2 Preparo do extrato da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam	57
3.2.1 Caracterização físico-química da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam	58
3.3 Obtenção e Caracterização do óleo da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam	59
3.3.1 Extração utilizando um aparelho de soxhlet.....	59
3.3.2 Caracterização do óleo.....	60
a) Índice De Saponificação	60
b) Índice de iodo pelo método de Wijs.....	61
c) Acidez.....	61
d) Teor de umidade Descrição dos tratamentos.....	62
e) Determinação da Viscosidade Cinemática	62
f) Degomagem para preparação das amostras	62
g) Caracterização dos ácidos graxo do óleo da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam	62
3.4 Obtenção do biossurfactante.....	63
3.5 Obtenção e preparo do quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench)	63
3.6 Descrição dos Experimentos.....	64

3.7 Experimento de Laboratório - Ensaio de Jar test para os Experimentos	66
3.8 Bioensaios de toxicidade dos extratos de semente de <i>Moringa oleifera</i> e do lixiviado bruto (LB4) antes e após os ensaios com os extratos da <i>Moringa</i>	66
3.9 Experimento em modelos em Filtro em escala de bancada: Lixiviado bruto, <i>Moringa oleifera</i> Lam e quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench).....	67
Etapa 1 – Montagem do sistema simplificado de filtros	69
Etapa 2 – Adição dos tratamentos no sistema simplificado de filtros	69
CAPÍTULO IV	
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
4.1 Caracterização físico-química do lixiviado.....	70
4.2 Caracterização físico-química da semente e do óleo de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	72
4.3 Caracterização do óleo extraído das sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam	73
4.4 Características físico-químicas da mucilagem do quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench	75
4.5 Eficiência de tratamento de lixiviado dos Experimentos 1 e 2.....	75
4.5.1 Tratamento do Lixiviado – Em escala de Laboratório – Experimentos 1 e 2.....	76
a) Análise do Potencial Hidrogeniônico (pH).....	77
b) Análise de Cor aparente.....	78
c) Turbidez	80
d) Condutividade Elétrica.....	81
e) DQO – Demanda química de Oxigênio do lixiviado em função dos tratamentos de extrato de sementes e óleo de <i>Moringa oleifera</i> Lam e biossurfactante.....	82
f) DBO ₅ - Demanda Bioquímica de Oxigênio do lixiviado em função dos tratamentos do óleo e extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	83
g) Resultados dos parâmetros no Experimento 1	84
4.5.2 Tratamento do Lixiviado – Em escala de laboratório – Experimento 3.....	86
a) Cor aparente e Potencial Hidrogeniônico (pH)	87

b) Turbidez e condutividade elétrica.....	87
c) DBO ₅ - Demanda bioquímica de oxigênio em função dos tratamentos de extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam, após pré – filtração do lixiviado.	88
d) DQO - Demanda química de Oxigênio do lixiviado em função dos tratamentos de extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam, pré - filtração do lixiviado após tratamento com dosagens do extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	89
4.5.3 Comportamento da DQO e DBO ₅ no Experimentos 2 e 3.....	90
a) Influência do tempo de decantação para Cor aparente e Turbidez.....	92
b) Tempo de Decantação da condutividade elétrica.....	93
Análises de Coliformes Totais e fecais.....	93
a) Coliformes Totais e fecais.....	94
b) Sólidos Suspensos, Voláteis e Fixos.....	96
c) Remoção de metais	98
Considerações.....	100
4.6 Eficiências de tratamento de lixiviado de aterro sanitário com diferentes extratos de <i>Moringa oleifera</i> Lam e Biossurfactante.....	101
4.6.1 Tratamento do Lixiviado – Em escala de Laboratório – Experimento 4	101
a) Cor aparente e Turbidez.....	104
b) Análise do Potencial Hidrogeniônico (pH) e Condutividade Elétrica.....	105
c) Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO ₅	106
d) Sólidos Totais, Voláteis e Fixos.	107
e) Análises de Coliformes Totais e fecais.....	108
Considerações do Experimento 4.....	109
4.7 Avaliação da toxicidade de lixiviado do aterro sanitário CTR- Candeias antes e após tratamento com extratos de <i>Moringa oleifera</i> em bioensaio com Alface - <i>Lactuca sativa</i> L.....	110
4.7.1 Bioensaios de toxicidade dos extratos de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	110
Análise bacteriológica de coliformes totais e fecais.....	113

Considerações da avaliação de toxicidade.....	114
4.8 Eficiência de tratamento de lixiviado de aterro sanitário com o uso de coagulantes naturais a base de sementes de <i>Moringa oleifera</i> LAM E quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench).....	114
4.8.1 Experimento de Laboratório ensaios no Cone de Imhoff e filtros no pós-tratamento.....	115
a) Resultados do Experimento de Laboratório – Ensaios no Cone de Imhoff	116
b) Análise do Potencial Hidrogeniônico (pH)	119
c) Cor aparente do lixiviado antes e após tratamento.....	120
d) Turbidez do lixiviado antes e após tratamento.....	122
e) Condutividade elétrica antes e após tratamento	123
f) Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅	124
g) Demanda Química de Oxigênio – DQO.....	126
h) Sólidos Suspensos, Voláteis e Fixos.....	127
i) Análises de Coliformes Totais e fecais	131
Considerações da eficiência de tratamento de lixiviado com o uso de coagulantes a base de <i>Moringa oleifera</i> Lam e Quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench).....	132
4.9 Proposta de utilização do polímero da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam no tratamento de lixiviado de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos.....	134
4.9.1 Para atingir o objetivo de tratabilidade do lixiviado utilizando o polímero da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam, sugerem-se os seguintes procedimentos.....	134
4.9.2 Procedimentos no tratamento de lixiviado de aterro sanitário de resíduos sólido urbano utilizado o polímero da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	134
4.9.3 Coleta e Preparo das amostras dos Lixiviados.....	135
4.9.4 Análise do Lixiviado	135
4.9.5 Coleta e preparo da semente de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	135
4.9.6 Preparo do coagulante de <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	136
4.9.7 Caracterização físico-química da semente de <i>Moringa oleifera</i>	136
4.9.8 Dosagem mínima da semente de <i>Moringa oleifera</i> e pH ótimo	136

4.9.9 Experimento de Laboratório.....	137
a) Ensaio de Jar-test (coagulação/floculação/sedimentação).....	137
b) Bioensaio de toxicidade do lixiviado bruto e dos extratos de <i>Moringa oleifera</i> após tratamento.....	137
c) Experimento em modelos em Filtro Sistema simplificado (sedimentação e filtração).....	137
d) Decantação.....	137
Considerações finais da Proposta.....	138
5 Análise de viabilidade do uso da <i>Moringa oleifera</i> no tratamento simplificado de lixiviado.....	139
CAPÍTULO V	141
6. CONCLUSÕES	141
7. SUGESTOES	144
8. REFERÊNCIAS	145
APÊNDICE A - Análises de DQO e DBO do lixiviado bruto e após tratamento com extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> filtrada com manta de Geotécnica.....	162
APÊNDICE B - Certificado de trabalho apresentado no V ENAM em Maio2014.....	163
APÊNDICE C - Artigo submetido em Novembro 2015. Title: EFFICIENCY IN THE TREATMENT OF LANDFILL LEACHATE USING NATURAL COAGULANTS FROM THE SEEDS OF <i>Moringa oleifera</i> AND <i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench (Okra).....	164

CAPITULO I

1 INTRODUÇÃO

A contaminação é um dos principais problemas ambientais da atualidade. A gravidade dos impactos causando prejuízo ao meio ambiente pela contaminação, provocados por resíduos sólidos urbanos, coloca em risco, comprometendo alguns ecossistemas com a poluição do solo, ar, águas superficiais e subterrâneas, passando a ser motivo de investigação e estudos em todo mundo. A crescente degradação ambiental tem sido um grande desafio para muitos países, organizações e governo. O Brasil, também através da fiscalização de vários setores geradores de resíduos contaminados no intuito de se obter uma destinação eficiente destes resíduos.

No Brasil, a geração dos resíduos sólidos pode provocar a contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais, se não forem aplicadas soluções adequadas para a sua correta disposição final. O método de disposição final mais utilizado é o aterro sanitário, onde a forma de disposição dos resíduos ocorre dentro de critérios de engenharia e normas operacionais específicas e o lixiviado (líquido de coloração cinza escuro com forte odor fétido, decorrente das reações físicas e químicas e, pela ação de micro-organismos na decomposição da matéria orgânica presente em elevada concentração nos resíduos sólidos urbanos), gerado e encaminhado a sistemas de tratamento (BIDONE, 1999; LANGE e AMARAL, 2009). O lixiviado caracteriza-se por possuir alto potencial de contaminação para solo e águas superficiais subterrâneas sendo um dos responsáveis pelas agressões ao ambiente devido à quantidade e toxicidade da carga poluidora. Independentemente da forma de disposição final, seja ela realizada em aterros sanitários, controlados ou a céu aberto, a degradação dos resíduos aterrados gera subprodutos que podem ser nocivos ao meio ambiente, como por exemplo, o gás metano e o lixiviado, também denominado na literatura de percolado ou chorume (PROSAB, 2006 e 2009).

A forma de tratamento mais difundida para o lixiviado de aterro sanitário é o tratamento biológico, principalmente por ser um tratamento de baixo custo. Entretanto, diversos estudos têm demonstrado que a eficiência desse tipo de tratamento é melhor para lixiviado de aterros jovens, com uma maior quantidade de compostos biodegradáveis.

E no caso dos lixiviados de aterros mais velhos, já em fase madura e estabilizados, que apresentam maior quantidade de compostos recalcitrantes, o tratamento biológico é

menos eficiente (ZOUBOULIS *et al* 2004; KURNIAWAN *et al* 2006; WISZNIOWSKI, *et al* 2006;).

O uso de plantas para impedir ou remediar a contaminação dos solos é uma alternativa de elevado potencial. A fitorremediação utiliza plantas e sua microbiota para a revegetação e descontaminação do solo e da água que se acumula nele, pela retenção e absorção do contaminante, contribuindo para proteção do meio ambiente. Na fitorremediação, as plantas podem auxiliar na contenção, isolamento, remoção ou redução das concentrações de contaminantes, transferindo e estabilizando os metais pesados presentes no solo. A fitoextração emprega plantas hiperacumuladoras para remover os metais do solo pela absorção e acúmulo nas raízes e na parte aérea. Absorção do contaminante presente no ambiente pela espécie vegetal, estas plantas são capazes de tolerar, absorver e translocar os contaminantes presente no ambiente e metais pesados que sejam tóxicos. (OLIVEIRA, 2010).

Diferentes tecnologias utilizando a fitorremediação têm sido empregadas para a descontaminação de áreas poluídas (COSTA FILHO, 2008). No caso dos lixiviados de aterro sanitários, uma alternativa de tratamento é a utilização dos processos de coagulação/floculação e precipitação, os quais são empregados para a remoção de compostos orgânicos não biodegradáveis e de metais pesados encontrados no lixiviado (NUNES *et al* , 2004).

Algumas plantas são utilizadas nos processos de coagulação/floculação, tais como: quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) que quando moído, do pó se faz a solução, que é dosada em conjunto com os coagulantes metálicos de alumínio e ferro e Moringa (*Moringa oleifera* Lam) que é utilizada na forma de solução aquosa preparada através da polpa da semente (ABREU LIMA, 2007).

No que diz respeito aos coagulantes naturais, a solução preparada com o extrato das sementes de *Moringa oleifera* tem se mostrado eficaz como agente coagulante/floculante natural têm demonstrado vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais. (N'DABIGENGESERE *et al* 1995; MUYIBI *et al* 2002; DA SILVA *et al* 2003; BERNARDO, 2009; OLIVEIRA, 2010).

O Quiabo, pertence à família Malvaceae, tratando-se de uma planta arbustiva anual, com caule ereto esverdeado ou avermelhado, e atinge de 1 a 1,7 metros de altura. É uma hortaliça de clima quente e originária da África. O Quiabo, como auxiliar de

floculação, tem bom desempenho e também mais possibilidade de utilização, devido à forma de comercialização deste vegetal, em que o consumidor rejeita o fruto maduro, utilizável no tratamento de águas (ABREU LIMA, 2007).

Outra tecnologia já bastante difundida para o tratamento de resíduos ambiental trata da utilização dos biossurfactantes, compostos anfipáticos produzidos por micro-organismos, para redução da poluição causada por derivados do petróleo e metais pesados (RUFINO *et al*, 2014). Sua maior utilização concentra-se na indústria de produtos de limpeza (sabões e detergentes), na indústria de petróleo e na indústria de cosméticos e produtos de higiene (MULLIGAN *et al* 2001; SARUBBO *et al* 2007).

Dessa forma, a presente pesquisa teve por finalidade avaliar a eficiência dos extratos provenientes da extração química e mecânica, preparados em óleo e aquoso da semente da espécie florestal *Moringa oleifera* Lam, bem como com adição de biossurfactante e Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), no pré-tratamento de lixiviado de Aterro Sanitário em condições de laboratório.

1.1 JUSTIFICATIVA

A contaminação é considerada uma alteração de equilíbrios químicos e biológica no solo pode ocorrer pela infiltração dos líquidos percolados (lixiviado), proveniente da umidade natural e da água de constituição presente na matéria orgânica dos resíduos, dos produtos da degradação biológica dos materiais orgânicos e da água de infiltração na camada de cobertura e interior das células de aterramento, somado a materiais dissolvidos ou suspensos que foram tirados ou extraídos da massa de resíduos (PROSAB, 2009). O lixiviado contém uma carga elevada de poluentes orgânicos e inorgânicos, os quais ao entrar em contato com o solo pode alterar ou modificar suas características (ACCIOLY E SIQUEIRA, 2000).

Nos últimos anos, o tratamento do lixiviado vem alcançando uma maior atenção dos órgãos públicos e de pesquisadores, visto que políticas mais eficientes estão sendo implantadas buscando o estabelecimento de padrões ambientais de descartes cada vez mais rígidos, devido às elevadas concentrações de poluentes encontradas nos efluentes e a necessidade da manutenção da qualidade ambiental.

Muitas formas de tratamento utilizadas para o lixiviado não são capazes de atingir os parâmetros exigidos pela legislação. Segundo Jucá *et al* (2009) a adequação à

legislação se torna uma difícil tarefa, devido à complexidade do lixiviado, principalmente em função da sua variabilidade, quanto em função do dinamismo do próprio aterro sanitário, que pode originar diferentes lixiviados.

O tratamento adequado do lixiviado é um tema relevante e deve ganhar ainda mais importância no Brasil, tanto pelo aspecto ambiental e social, quanto pelos custos maximizando qualidade, com a recente Lei que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Um dos aspectos mais importantes da legislação é instituir técnicas sistemáticas de planejamento de formas de tratamento como um instrumento de desenvolvimento econômico e social, através de um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. A nova legislação, além de instituir a política, esclarece sobre princípios, objetivos e instrumentos, destaca as diretrizes relacionadas com a gestão integrada e proteção ambiental e inclusão social e quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos destaca a coleta e tratamento dos líquidos percolados. Para os Municípios deve haver uma Gestão Integrada de resíduos sólidos, alternativas tecnológicas como a fitorremediação poderão proporcionar melhoria das condições para adequação dos municípios por ser uma tecnologia de baixo custo.

Neste cenário, a tecnologia da fitorremediação emprega plantas que podem ser usadas para descontaminar ou remediar locais contaminados como solo e água, com o objetivo de remover ou reduzir elementos nocivos. Uma grande vantagem é o seu baixo custo, se comparada a outros tipos de remediação convencionais. É uma técnica viável que pode ser empregada em grandes áreas contaminadas, permitindo a realização de tratamento *in situ*, menos agressivo ao meio ambiente. Quanto aos metais pesados, a fitoextração pode ser empregada na recuperação de solos contaminados (KHAN *et al*, 2000).

O uso da polpa extraída das sementes *Moringa oleifera* como polímero natural para tratamento de água, a um custo menor que do tratamento químico, torna-se uma alternativa de grande importância (SILVA, 2005). Inicialmente foi descoberta a capacidade da semente de Moringa para o tratamento de água e agora estudos vêm sendo conduzido para esgoto e Lixiviado (chorume) por apresentar-se como uma alternativa viável de tratamento, por ser capaz de reter os metais contaminantes em uma matriz sólida. Contudo, alguns estudos têm demonstrado que apesar da aplicação do

extrato de *Moringa* ser positiva para os parâmetros cor, turbidez, pH e odor, uma vez que adiciona matéria orgânica presente na semente, favorece o aumento da DQO e DBO, sendo recomendado a adição de uma etapa de filtração após utilização do extrato da semente de *Moringa oleifera* como coagulante natural das partículas suspensas no tratamento de afluentes de aterros sanitários (BERNARDO, 2009; OLIVEIRA, 2010).

O óleo extraído das sementes apresenta resistência à oxidação pela presença de elevados teores de ácidos graxos insaturados, especialmente o oléico, (LALAS *et al* 2002). A utilização do óleo da semente de *Moringa* como tratamento do lixiviado se da na tentativa de evitar a incorporação de matéria orgânica.

De acordo com Agarwal (2003), o Quiabo possui um polissacarídeo aniônico, que pode ser usado como floculante, por ser polímero natural, e virtualmente biodegradável. Não é tóxico, é estável e tende a ser intensivamente usado no tratamento de águas de abastecimento, de esgoto doméstico e de efluentes de curtume.

Segundo Piróllo (2006), são muitas as vantagens apresentadas pelos biossurfactantes que permite aplicações em cosméticos, produtos farmacêuticos, biorremediação de locais impactados por óleo, biodegradação e desoxidação de efluentes industriais, além de eficácia em condições extremas de temperatura, pH e salinidade. Biossurfactantes podem ser utilizados em conjunto com outros tratamentos para remoção de compostos orgânicos hidrofóbicos, assim como no a remoção de metais pesados, as vantagens dos biossurfactantes fazem com que suas aplicações sejam recomendadas na proteção ambiental (RUFINO *et al* 2008).

Desse modo, a pesquisa de alternativas tecnológicas, poderá proporcionar melhorias das condições de tratabilidade do lixiviado, empregando o uso do óleo e da semente de *Moringa oleifera* Lam, do Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) e Biossurfactante, como coagulantes naturais.

1.2 OBJETIVOS

A proposta deste trabalho foi avaliar o uso de extratos e do óleo de sementes da espécie florestal *Moringa oleifera* Lam isolados e combinados com *Abelmoschus esculentus* L. Moench e biossurfactante na eficiência do pré-tratamento de lixiviado de aterro sanitário.

Com isso, procurou-se:

- Caracterizar a composição física- química do lixiviado do aterro CTR Candeias;
- Caracterizar a composição das sementes de *Moringa oleifera* Lam e do Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench);
- Verificar a dosagem do extrato aquoso e do óleo da semente de *Moringa oleifera* Lam que apresenta eficiência para o tratamento do lixiviado.
- Avaliar o desempenho do coagulante presente na semente da espécie florestal *Moringa oleifera* Lam na retenção de elementos orgânicos e inorgânicos presentes no lixiviado.
- Avaliar a contribuição e o potencial, da semente e do óleo na forma de extrato da espécie florestal *Moringa oleifera* Lam do biossurfactante e de *Abelmoschus esculentus* L. Moench para o tratamento e para remoção dos metais pesados do lixiviado do aterro sanitário.
- Analisar os contaminantes presentes no lixiviado como coliformes fecais e totais antes e após o processo de tratamento.
- Verificar a capacidade e a viabilidade do uso da semente da *Moringa oleifera* Lam do biossurfactante e de *Abelmoschus esculentus* L. Moench no tratamento ou na remoção dos parâmetros DBO₅, DQO, cor, turbidez, e coliformes do lixiviado.
- Avaliar a eficiência da metodologia proposta, bem como sua adequação para aplicação em escala real.

1.2 ESTRUTURA DA TESE

A Tese está dividida em capítulos

O Capítulo 1, apresenta uma breve introdução ao tema abordado e os objetivos pretendidos com o desenvolvimento da pesquisa.

No Capítulo 2, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os temas diretamente relacionados com a pesquisa, relatando os principais aspectos do lixiviado de aterros sanitários e seu tratamento, conceito e mecanismos envolvendo a fitorremediação, uso da espécie da *Moringa oleifera* Lam e aplicação do extrato da semente de *Moringa oleifera* Lam, quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) e Biossurfactante como tratamento natural do lixiviado.

No Capítulo 3, estão descritos os materiais e métodos utilizados nesta pesquisa, tanto para coleta e caracterização do lixiviado e dos tratamentos empregados com a semente e óleo da espécie moringa, como dos ensaios laboratoriais empregados no decorrer do trabalho e experimentos em modelos de escala reduzida.

No Capítulo 4, os resultados obtidos são discutidos comparando com a literatura, a caracterização físico-química da semente, do lixiviado e do óleo, os pré-testes apresentando o desempenho da espécie moringa, comparando com o *Abelmoschus esculentus* L. Moench e Biossurfactante, na tratabilidade do lixiviado do aterro CTR-Candeias da Muribeca.

No Capítulo 5, está apresentada a conclusão da pesquisa com a síntese dos principais resultados e sugestões para futura pesquisa.

CAPITULO II

2 REVISÃO DA LITERATURA

É imprescindível o tratamento dos resíduos entre os quais pode-se destacar o lixiviado produzido nos aterros sanitários. Na busca pelo desenvolvimento sustentável, é primordial o tratamento dos resíduos sólidos urbanos. Uma proposta para destinação final adequada é o tratamento por meio do uso de produtos naturais de origem vegetal nas operações de coagulação/floculação seguido de sedimentação e filtração.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A gestão dos resíduos é um desafio para o desenvolvimento sustentável de cidades de grande e médio porte. A falta de políticas de gestão de resíduos sólidos aliados à falta de investimentos públicos e privados, que incentivem a adoção de práticas de controles, tem como consequência uma forma de gerenciamento incipiente.

A legislação ambiental confere a responsabilidade da destinação dos resíduos ao gerador, determinando o prévio tratamento para a disposição final ou armazenamento temporário. Dentro de uma crescente conscientização pública e pressão dos mercados, a gestão ambiental tem se voltado para evitar, minimizar, reaproveitar e reciclar os resíduos, de forma a minimizar os recursos com tratamento e disposição finais mais adequados ambientalmente (ALONSO, 1992 e CPRH, 2000 *apud* SANTOS, 2003).

O descarte inadequado do lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos é um dos fatores de preocupação. Diante dos impactos ambientais, da necessidade da melhoria da qualidade de vida, faz-se necessário o desenvolvimento de processos eficientes e de relação custo-benefício adequado para o tratamento dos lixiviados.

2.2 GERAÇÃO DO LIXIVIADO

Conceitualmente a norma brasileira NBR 8849/1985 (ABNT, 1985) define lixiviado utilizando o termo ‘chorume’: líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, de cor escura, mau cheiro e elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅).

O lixiviado ou chorume, contem alta carga poluidora, pode contaminar ocasionando diversos efeitos de degradação ambiental. O impacto deste efluente está relacionado com a alta concentração de matéria orgânica, reduzida biodegradabilidade, presença de metais pesados e de substâncias recalcitrantes (MACIEL, 2005).

2.3. TRATAMENTO DO LIXIVIADO

Determinar ou escolher o processo de tratamento de lixiviados é uma das etapas mais difíceis na elaboração e implantação de um aterro sanitário, por apresentar uma composição tóxica e recalcitrante, representa uma grande preocupação na gestão de resíduos sólidos urbanos e, principalmente, na gestão de aterros sanitários. A variabilidade das características dos lixiviados ao longo do tempo, o volume gerado e variável e depende de características de ordem hidrogeológica, entre outros, constituindo-se em difícil tarefa a ser executada. Para se obter eficiência na tratabilidade do lixiviado ou chorume de aterros, devem ser analisados alguns fatores relevantes, como descritos a seguir (HAMADA e MATSUNAGA, 2000):

- estimar a vazão do lixiviado ao longo do tempo utilizando um método coerente de balanço hídrico;
- estimar a concentração de contaminantes em função da idade do aterro, geralmente leva-se em consideração para o dimensionamento o valor da DBO_5 ;
- identificar as opções de tratamento e disposição, considerando-se as características do lixiviado, limitações de lançamento e custos;
- selecionar e dimensionar o sistema de tratamento e de descarte que reflita as incertezas operacionais e respectiva flexibilização.

Destacando-se também, os processos oxidativos avançados – POA. Os processos oxidativos têm sido cada vez mais utilizados no tratamento de determinados tipos de efluentes que contenha substâncias orgânicas recalcitrantes à degradação de microrganismos. Para a eficácia da tratabilidade dos lixiviados utiliza-se de técnicas ou processos alternativos, onde se destaca: tratamento biológico, recirculação do chorume através do aterro sanitário e tratamento físico químico (CEMPRE/ IPT 2000).

As técnicas que se aplicam a tratabilidade do lixiviado são semelhantes as utilizadas no tratamento de esgotos: lagoas anaeróbias, facultativas, reatores, digestores, entre outras. Para o aterro sanitário, utiliza-se com mais frequência as lagoas anaeróbias e facultativas, onde ocorre a remoção da carga orgânica do lixiviado, pela ação de bactérias. Após o tempo em que fica retido na lagoa (tempo de detenção) o líquido deve estar em condições com as normas ambientais para descartado nos corpos d'água sem risco de contaminação.

A seguir apresenta-se os tipos de tratamento de efluentes líquidos existentes no Brasil no que diz respeito à tratabilidade de lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos, como: recirculação do lixiviado, os processos biológicos aeróbios e anaeróbios, tratamento físico – Químico, air stripping, processos oxidativos avançados, processos de separação por membrana e wetlands.

2.3.1 Recirculação do Lixiviado

A recirculação do lixiviado (chorume) tem como objetivo reduzir a vazão efetivamente a tratar, porém garantindo a manutenção de um nível admissível no interior das células que não iniba o processo de decomposição dos resíduos, além de assegurar a estabilidade geotécnica do depósito. A recirculação do lixiviado na área já aterrada é considerada um método de tratamento uma vez que atenua os constituintes pela atividade biológica e por reações físico-químicas que ocorrem no interior da célula do aterro. Por exemplo, os ácidos orgânicos presentes no lixiviado irão ser convertidos em CH_4 e CO_2 . É importante ressaltar que um aterro sanitário é um grande reator anaeróbio e a recirculação do chorume aumenta o seu tempo dentro do reator (TCHOBANOGLIOUS *et al*, 1993; McBEAN *et al*, 1995, citado por OLIVEIRA, 2010).

2.3.2 Processos biológicos aeróbios e anaeróbios

O tratamento biológico ou processos biológicos aeróbios e anaeróbios é utilizado para gerar degradação de matéria orgânica dos efluentes, através de ação de agentes biológicos que pode ocorrer de forma aeróbia, com utilização de oxigênio e anaeróbio, sem oxigênio. Têm sido amplamente utilizados como métodos efetivos de remoção de matéria orgânica e demais nutrientes, nos tratamentos de efluentes industriais e domésticos. A degradação biológica de efluentes líquidos ainda é o método

mais econômico para eliminação de poluentes orgânicos. Esses processos apresentam diversas configurações. Os tratamentos biológicos aeróbios são basicamente dois: biomassa em suspensão, na forma de flocos microbianos ou biomassa em meio fixo, na forma de biofilme ou biomassa aderida. Os lodos ativados pode ser definido como um processo no qual uma cultura heterogênea de micro-organismos, em contato com o efluente e na presença de oxigênio, apresenta capacidade de estabilizar e remover a matéria orgânica biodegradável (HAARSTAD e MAEHLUM, 1999, OLIVEIRA, 2010).

É recomendável o processo de lagoas aeradas quando existem grandes áreas de terra disponíveis. Por ser eficiente, possui vantagens como, baixo custo de instalação, manutenção, fácil operação. Atinge alta eficiência de remoção da DBO, podendo chegar a mais de 90%. No entanto, dependendo da potência de aeração instalada haverá, com o tempo, uma deposição de sólidos no fundo da lagoa, reduzindo a eficiência e necessitando de drenagem ou instalação de um decantador secundário para evitar o alto teor de sólidos no efluente final (PROSAB, 2006).

No filtro biológico há o contato direto do substrato com o ar atmosférico e com os micro-organismos que se desenvolvem aderidos à superfície do meio poroso. Os filtros de casca de árvore podem suprir o consumo de O_2 na ordem de 200 a 3.000 mg/L de DQO e 50 a 1.000 mg/L de carbono orgânico total dependendo do fluxo e do tempo (HAARSTAD e MAEHLUM, 1999).

Nas lagoas anaeróbias, a degradação da matéria orgânica ocorre na ausência de oxigênio. As lagoas tem profundidade entre de 2,0 a 4,0 m, e podem ocupar uma área menor em relação às lagoas aeróbias ou facultativas. Operam sem muitos cuidados operacionais e, em geral, a remoção de DBO na lagoa anaeróbia fica em torno de 50%. Os processos anaeróbios têm se mostrado eficientes na remoção de metais pesados na forma de sulfetos, além de reduções significativas de DQO (BORCAZZONI *et al.*, 1999; IGLESIAS *et al.*, 2000).

2.3.3 Tratamento Físico-Químico

Os processos mais empregados no tratamento físico-químico de lixiviados são coagulação/floculação é um processo que visa remover material coloidal e partículas muito finas que sedimentam muito lentamente; operações de coagulação/floculação e

precipitação química são empregados para a remoção de compostos orgânicos não biodegradáveis e de metais pesados encontrados no lixiviado de aterro sanitários. A floculação das partículas já coaguladas pela ação do eletrólito resulta das várias forças de atração que atuam entre as partículas “neutralizadas” que se agregam umas as outras formando os flocos. O processo pode ser conduzido em um ou mais tanques, sendo constituído de uma etapa de agitação rápida para a coagulação e de outra de agitação lenta para a floculação. Para testar melhores condições de coagulação-floculação é utilizado o ensaio de “Jar Test” (NUNES *et al*, 2004).

Os processos físico-químicos são freqüentemente utilizados em combinação com o tratamento biológico. Neste caso, a função é eliminar particulados, componentes orgânicos refratários e espécies químicas indesejáveis no efluente final, como os metais pesados. As principais técnicas utilizadas para este fim são: diluição, filtração, coagulação/floculação, precipitação, sedimentação, adsorção/absorção, troca iônica, lavagem com ar, separação por membranas (osmose reversa, ultrafiltração), evaporação natural, vaporização e oxidação química. Os tratamentos químicos são sempre utilizados em conjunto com processos físicos. Quando aplicados ao lixiviado, os processos de tratamentos físico-químicos agem principalmente na remoção de carga orgânica e de sólidos, promovendo uma clarificação do efluente (CEMPRE/IPT 2000; QASIN CHIANG, 1994).

O processo de coagulação/floculação é usualmente obtido pela adição de agentes químicos, os coagulantes, os quais, através de mecanismo de ligação e adsorção na superfície de partículas coloidais, anulam as forças de repulsão entre as partículas coloidais, sendo considerado como uma alternativa complementar ao tratamento biológico, adotado somente para lixiviados considerados antigos. Como desvantagens pode-se citar o uso de grandes quantidades de produtos químicos e gerar elevadas quantidades de lodo químico (HAMADA MATSUNAGA, 2000).

A coagulação/floculação, quando realizada com sais de alumínio e ferro resulta de dois fenômenos: o primeiro, que é essencialmente químico, consiste nas reações do coagulante com a água, formando espécies hidrolizadas com carga positiva. Depende da concentração do metal presente, da temperatura, da quantidade de impurezas e do pH final da mistura. O segundo, fundamentalmente físico, consiste no transporte das espécies hidrolizadas para que haja contato com as impurezas presentes na água (DI BERNARDO, 1993).

Os coagulantes mais comumente utilizados são sulfato de alumínio, sulfato de ferro cloreto férrico e clorosulfato de ferro. O percentual de remoção de DQO e COT obtidos pela coagulação-floculação é geralmente baixo (10-25%) para lixiviados novos, e moderado (50-65%) para lixiviados com baixa razão DBO_5/DQO . Polieletrólitos não-iônicos, catiônicos ou aniônicos podem ser utilizados como auxiliares da coagulação a fim de aumentar a taxa de decantação dos flocos, sem provocar uma real melhora na eficiência de remoção de turbidez (AMOKRANE et al., 1997).

As vantagens dos processos físico-químicos e que estes são rápidos, práticos e de fácil manipulação, na maioria dos casos, simplicidade dos materiais e da unidade de tratamento. No entanto, possui a desvantagem de possível produção excessiva de lodo e o aumento das concentrações de alumínio ou ferro no efluente final (HAMADA MATSUNAGA, 2000).

Hamada *et al* (2002) avaliaram alguns processos físicos e físico-químicos no tratamento de lixiviados do aterro controlado do município de Bauru – SP . O processo físico utilizado foi o da infiltração. Nesse processo, fez-se passar o lixiviado por tubos preenchidos com diferentes tipos de solo. Os resultados encontrados variaram de 94,5 a 97% de remoção de DQO. Porém, a partir de um determinado período, a eficiência reduziu-se a valores abaixo de 50%. Para o processo físico-químico, foi utilizado o processo de coagulação/floculação. Foram utilizados vários coagulantes e, dentre eles, o melhor resultado obtido girou em torno de 50% de remoção de DQO e DBO_5 . Contudo, para se atingir essa eficiência foi necessário utilizar grandes quantidades de coagulante e observou-se, também, o grande volume de lodo gerado.

2.3.4 Air Stripping

O processo de “stripping” (Nitrogênio Amoniacal) consiste na transferência do meio líquido para o meio gasoso. O princípio do tratamento é basicamente a remoção de componentes mais voláteis de uma mistura líquida por meio de um gás que se faz passar pelo líquido, entrando em contato direto com o gás em questão. Sua principal vantagem em relação aos processos biológicos é que substâncias tóxicas possivelmente presentes não afetam seu desempenho; porém, é um processo que propicia apenas uma mudança de fase do poluente e não sua degradação. Já a desvantagens e o seu elevado custo de operação e manutenção, pois é necessário o controle do pH com agentes químicos, tanto

para elevação do pH quanto após o processo de stripping, é sensível a temperatura, lança consideráveis quantidades de amônia para atmosfera, odor forte e elevados custos de energia associados a introdução de ar requerida (METCALF e EDDY, 2003, BIDONE, 2007 *apud* LINS, 2008).

2.3.5 Processos Oxidativos Avançados

Os processos Oxidativos Avançados são processos nos quais elétrons são removidos de uma substância aumentando seu estado de oxidação baseiam-se na destruição de poluentes via radical hidroxila (OH⁻); o radical ·OH⁻ é uma espécie altamente reativa e pouco seletiva; vários orgânicos refratários podem ser destruídos rapidamente por esses processos; excelente alternativa para o tratamento de líquidos com características apresentadas pelo lixiviado como, elevada DQO, reduzida DBO₅ e presença de espécies recalcitrantes e tóxicas, mas apresenta um alto custo no tratamento (PACHECO, 2004). Os Processos Oxidativos podem ser considerados como tecnologias limpas, porque na oxidação química não há formação de sub-produtos sólidos (lodo), também não há a transferência de fase dos poluentes e os produtos finais da reação são o CO₂ e a H₂O. (HUANG *et al.*, 1993; STEESEN, 1997).

2.3.6 Processos de Separação por Membranas

Estes processos podem ser classificados por: tipo de material que a membrana é fabricada, natureza da força externa aplicada, mecanismo de separação, tamanho dos poros da membrana e tamanho nominal das partículas que são separadas (METCALF & EDDY, 2007). É caracterizada pelo uso de membranas específicas desenvolvidas de acordo com o grau de depuração desejado, em função da natureza e do tipo de solutos e da presença ou não de partículas em suspensão, membranas com diferentes tamanhos e distribuição de poros são empregadas, caracterizando os processos conhecidos como microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa. Podem separar sólidos imiscíveis e solutos que se encontram dissolvidos. Problemas relacionados a eventuais limpezas da membrana, para aumentar a sua vida útil, disposição da corrente concentrada gerada, além do custo elevado das membranas são relatados (McBEAN *et al.*, 1995).

2.3.7 Processos com Sistemas Bioquímicos

São aqueles que utilizam os wetlands, barreira reativa e fitorremediação através de plantas aquáticas. Os *wetlands* naturais são facilmente reconhecidos como as várzeas dos rios, pântanos, manguezais, as formações lacustres. Os *wetlands* construídos são, pois, ecossistemas artificiais com diferentes tecnologias, utilizando os princípios básicos de modificação da qualidade da água dos *wetlands* naturais. A ação depuradora desses sistemas é devido à: absorção de partículas pelo sistema radicular das plantas; absorção de nutrientes e metais pelas plantas; pela ação de micro-organismos associados à rizosfera; pelo transporte de oxigênio para a rizosfera. Dentre as vantagens desses sistemas destaca-se o baixo custo de implantação; alta eficiência de melhoria dos parâmetros que caracterizam os recursos hídricos (GSCHLOBL *et al*, 1998; GOMES *et al*, 1996; ROBINSON *et al*, 1991, citado por OLIVEIRA, 2010)

A técnica de tratamento físico-químico por coagulação-floculação-sedimentação, amplamente utilizada em sistemas de abastecimento de água e no tratamento de efluentes urbanos e industriais, também tem sido estudada como alternativa para o tratamento de lixiviado de aterros sanitários (CASTILHOS JR, 2006).

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005) partículas coloidais, substâncias húmicas e micro-organismos em geral apresentam carga negativa na água. Quando duas partículas coloidais se aproximam, devido ao movimento browniano que as mantém em constante movimento, atua sobre elas força de atração (Forças de Van der Waals) e forças de repulsão (devido à força eletrostática ou da dupla camada elétrica), impedindo a agregação entre as partículas e a consequente formação de flocos.

Diversos trabalhos têm sido publicados mostrando a utilização da técnica de coagulação-floculação-sedimentação no tratamento de lixiviado de aterros. Alguns desses estudos são comentados a seguir.

Gharafi *et al* (2009) tratando lixiviado bruto, de um aterro de resíduos sólidos de Penang na Malásia, utilizaram-se da técnica de planejamento fatorial de experimentos para a otimização do processo de coagulação-floculação e sedimentação empregando PAC como coagulante. O lixiviado tinha como características iniciais pH de 8,4, DQO de 1925 mg O₂/L, cor de 3869 Pt-Co, turbidez de 347 UNT e sólidos em suspensão totais de 80 mg/L. Foram observadas quatro variáveis das respostas, onde com uma dosagem de 2000 mg/L do produto comercial, em pH 7,5, obteve-se 43% de

remoção de DQO, 94% de remoção de turbidez, 91% de remoção de cor e 92% de remoção de sólidos. Os parâmetros operacionais adotados foram tempo de mistura rápida de 1 minuto a 80 rpm, tempo de floculação de 15 minutos a 30 rpm e 30 minutos de sedimentação.

Amaral (2009) utilizou-se da técnica de coagulação-floculação-sedimentação como pós-tratamento de lixiviado de aterro tratado por processo biológico aeróbio, que apresentava como características principais, DBO₅, DQO, cor e relação DBO/DQO de 2410 mgO₂/L, 6700 mgO₂/L, 5500 Pt-Co e 0,4 respectivamente, indicando um lixiviado oriundo de um aterro parcialmente estabilizado. Após o tratamento biológico, o lixiviado a ser encaminhado para o processo de coagulação-floculação-sedimentação possuía DBO₅ de 37 mgO₂/L, DQO de 1415 mgO₂/L e cor de 7500 Pt-Co. Foram testados dois tipos de coagulantes: cloreto férrico e sulfato de alumínio. Para o cloreto férrico, os melhores resultados em relação à remoção de matéria orgânica, medida pelo parâmetro cor, foram encontrados com uma dosagem ótima de 400 mgFe⁺³/L, na faixa de pH entre 4,0 e 5,0, correspondente à remoção de mais de 90% de cor do lixiviado.

Di Bernardo e Dantas (2005) descreveram diversas vantagens da utilização de polímeros como auxiliares no processo de coagulação-floculação-sedimentação para o tratamento de água. Entre elas, as que podem ser consideradas também para o lixiviado são: a melhoria da qualidade do efluente tratado; a redução do consumo de coagulante e possível redução dos gastos totais com produtos químicos e o aumento da velocidade de sedimentação das partículas. Zhang *et al* (2005) comparando a sedimentação do lixiviado com e sem a utilização de polímeros aniônicos, observaram que, após três minutos de sedimentação, o volume do lodo com a adição do polímero era de 50% enquanto que sem a adição esse volume era de apenas 5%. Após 60 minutos de sedimentação, os volumes de lodo foram de 28% com a utilização do polímero e 37% sem a utilização.

2.3.8 Resolução do CONAMA N357, de 17 de março de 2005

Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011 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.

CAPITULO I DAS DEFINICOES

Art. 2o Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

XXXII - *tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir a água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;*

XXXIII - *tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;*

2.4 FITORREMEDIAÇÃO

A fitorremediação apresenta-se eficiente na recuperação de áreas impactadas é uma técnica que objetiva a descontaminação de áreas contaminadas, utilizando-se de plantas para remover, conter ou tornar inofensivos os contaminantes ambientais. Essa técnica se apresenta muito promissora nas condições brasileiras, visto a enorme biodiversidade e o clima tropical do país. Apresenta potencial para tratamento *in situ*, e principalmente por sua eficiência na descontaminação ser de baixo custo, após extrair o contaminante do solo, a planta armazena-o para tratamento subsequente, ou mesmo metaboliza-o, podendo, em alguns casos, transformá-lo em produtos menos tóxicos e ainda promove manutenção da fertilidade do solo (PIRES *et al*, 2001).

A fitorremediação pode ser usada em solos contaminados com substâncias orgânicas ou inorgânicas, como metais pesados, elementos contaminantes, hidrocarbonetos de petróleo, explosivos, solventes clorados e subprodutos tóxicos da indústria. O uso de espécies vegetais tem sido avaliado, principalmente, em solos contaminados por metais pesados (ACCIOLY e SIQUEIRA, 2000; PIRES *et al*, 2003; DINARDI *et al*, 2003), e outros compostos orgânicos (MORENO CORSEUIL, 2001). No Brasil, são poucos os estudos sobre o uso do sistema solo-planta visando à recuperação de áreas contaminada, existem pesquisas sobre algumas espécies agrícolas cultivadas e espécies silvestres e até mesmo nativas da própria área contaminada, com o objetivo de selecionar espécies eficientes na fitorremediação do solo (MILLER, 2009).

2.4.1 Mecanismo da Fitorremediação

Na tecnologia ambiental o coagulante extraído das sementes de *Moringa* tem sido empregado no tratamento de águas brutas (SUTHERLAND, FOLKARD e GRANT, 1990; FORMENTINI-SCHMITT *et al*. 2014) e de efluentes (DA SILVA *et al.*, 2001).

2.4.2 Potencialidades da Fitorremediação

De acordo com Cunningham *et al* (1996) e Vose *et al* (2000), a principal vantagem é baixo custo em relação às técnicas tradicionais que envolvendo a remoção do solo para tratamento *ex situ*. Apesar de existirem limitações, os benefícios apresentados pela fitorremediação a tornam uma técnica promissora apresentando-se como alternativa de grande potencial na utilização de recuperação de áreas degradadas ou contaminadas, devido às varias vantagens que apresenta em relação às outras técnicas de remediação de contaminantes do solo.

Características das espécies *Moringa oleifera* Lam e *Abelmoschus esculentus* L. Moench e do Biossurfactante.

2.4.3 Uso de *Moringa oleifera* Lam

A *Moringa oleifera* Lam é espécie perene da família Moringaceae, originária do nordeste indiano, introduzida no Brasil em 1950, como planta ornamental, (CYSNE, 2006). É uma leguminosa arbórea que pode atingir 10m de altura desenvolvendo-se bem em regiões áridas e semi-áridas, de uso diversificado destacando-se na ornamentação de parques e jardins, na alimentação animal, na complementação alimentar humana e na medicina. No Nordeste Brasileiro a *Moringa* é conhecida como “Lírio Branco”, Quiabo de Quina, Acácia-branca, (RANGEL, 2003; ANWAR *et al*, 2007).

É Considerada uma das árvores cultivadas mais úteis para o ser humano, pois praticamente todas as partes da moringa podem ser utilizadas para diversos fins. Dentre os usos temos: a sua folhagem é usada como forragem para animais, suas sementes, bastante oleosas, são extraídos e produzido o Óleo de bem, usado em pintura artística, produção de papel e de fibras têxteis e as raízes são consideradas abortivas. (ANJORIN *et al*, 2010).

As folhas podem ser utilizadas na alimentação humana, como verdura crua, as vagens verdes como verduras cozidas e as sementes maduras podem ser torradas para fabricação de farinha, além do uso medicinal, como no tratamento da malária e da icterícia, para doenças na pele. As sementes também produzem um excelente óleo que pode ser usado na alimentação, para fazer sabão e cosméticos. Suas flores (Figura 1c)

são muito procuradas pelas abelhas. A moringa ainda pode ser utilizada como planta ornamental (GERDES, 1996a). Suas sementes quando maceradas são utilizadas na purificação da água de maneira eficiente e barata, funcionam como coagulante natural.

Segundo Rangel (2003), em projeto piloto para tratamento de água desenvolvido em Malawi, na África, foi constatado que o alumínio é eficiente como coagulante apenas em uma faixa restrita de níveis de pH da água a ser tratada, no caso das sementes de moringa, atuam sem necessidade de ajuste do pH, atribuindo uma vantagem a mais em países em desenvolvimento, possível controlar efetivamente o pH antes da coagulação.

No Brasil a eficiência da moringa vem sendo estudada em laboratório e em projetos de abastecimento de água na zona rural. A moringa já está sendo implementada em regiões com escassez de saneamento básico como, por exemplo, a região nordeste do Brasil, sendo cultivado em toda a área denominada “polígono das secas”, pelo potencial que suas sementes apresentam no tratamento de água para uso doméstico, uma vez que seu efeito coagulante serve para clarificar água (GALLÃO *et al*, 2006).

A Embrapa Tabuleiros Costeiro, em Aracaju, Sergipe, tem desenvolvido estudos com *Moringa oleifera*, comprovando o seu comportamento nas condições climáticas da região. A potencialidade da planta desperta interesse para aproveitamento da planta como fonte de alimento e purificador natural de água para as populações das áreas sujeitas à secas (EMBRAPA, 2006).

Neste sentido a obtenção de dados científicos sobre o uso da mesma para tratamento de lixiviado, principalmente por se tratar de uma espécie exótica, se faz necessário de forma a contribuir com questões relativas à qualidade e viabilidade. Na tecnologia ambiental as sementes de *Moringa oleifera* têm sido empregadas no tratamento de águas brutas (PATERNIANI, *et al* 2009; FORMENTINI-SCHMITT *et al.* 2014) e de efluentes (DA SILVA *et al.*, 2001; ARAUJO *et al.* 2009; OLIVEIRA, 2010). O tratamento enseja principalmente a remoção de cor e turbidez, remoção de metais, age no processo de coagulação-floculação-sedimentação em substituição aos sais metálicos (cloreto férrico e sulfato de alumínio) usualmente empregados.

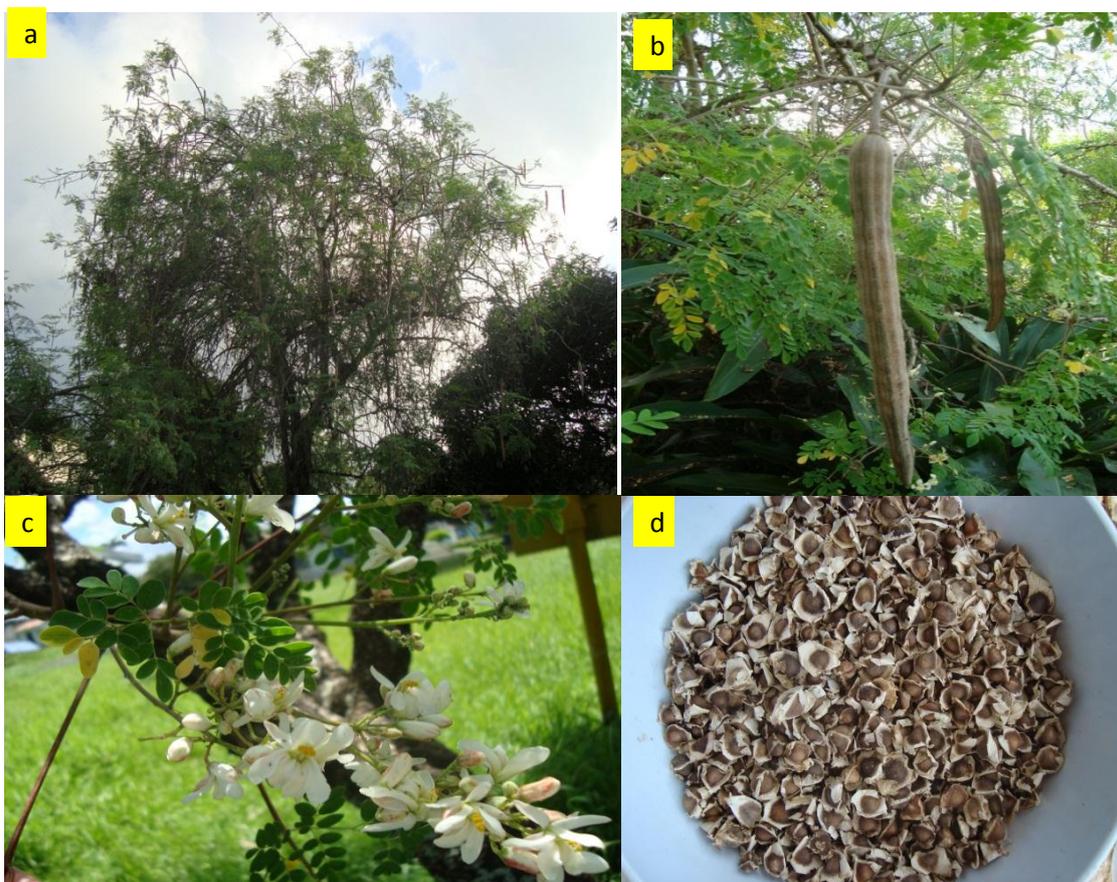
2.4.4 Características de *Moringa oleifera* Lam

A Moringa tem um rápido desenvolvimento em condições favoráveis, atingido uma altura de até 4 metros em um ano, podendo atingir 10 – 12 metros de altura quando

adulta. É uma árvore (Figura 1a) sempre verde ou decídua conforme as condições ambientais. Tem uma copa aberta espaçada com ramos inclinados e frágeis; uma folhagem plumosa de folhas pinadas em três; suas flores (Figura 1c) são bastante perfumadas, de cor branca ou bege, pintadas de amarelo na base; o seu fruto (Figura 1b) é uma espécie de vagem triangular, com grande número de sementes (DELDUQUE, 2000; VASCONCELOS, 2009).

A propagação da moringa é feita por sementes (Figura 1d), mudas ou estacas. A planta suporta longos períodos de estiagem, solos pobres e cresce bem no semi-árido. A espécie desenvolve rapidamente podendo alcançar 12 metros de altura e não requer tratos especiais. A faixa de pH de solo para crescimento da moringa é extensa (5 a 9). Quando adulta alcança uma produção anual de 3 a 5 toneladas de sementes por hectare (MORTON, 1991; BEZERRA *et al.*, 2004).

Figura 2.1- Árvore da Moringa (a), vagens (b), flores (c) e sementes (d) da *Moringa oleifera* Lam.



Fonte: Oliveira 2010

A produção das sementes apresenta grandes variações devido ao manejo da planta, a disponibilidade de água e ao clima podendo chegar a produzir entre 20 a 24 mil sementes por planta com os cuidados adequados. A semente desta árvore produz um óleo de alta qualidade, chegando a produzir entre 35 a 40 % de óleo (RURAL BIOENERGIA, 2012).

O óleo obtido das sementes de *Moringa oleifera* Lam apresenta componentes estruturais das sementes se extrai um óleo com qualidade similar ao de azeite de oliva (ANWAR *et al.*, 2007; COLOMBO, 2012). Com propriedades anti-hipertensivas, como combustível e pode ainda ser utilizado na indústria cosmética, principalmente em produtos para os cabelos. O óleo das sementes de *Moringa* chega a produzir 38 - 40% óleo comestível, é conhecido como “óleo Ben, a partir da alta concentração de ácido behenic contido no óleo, que pode ser usado na cozinha, cosméticos, e lubrificação. O óleo da semente de *Moringa oleifera* Lam possui um potente antioxidante, o que pode explicar por que os egípcios utilizavam esse óleo para colocar em suas tumbas.

Segundo Martin *et al* (2010) a composição química de sementes de uma mesma variedade pode ser modificada dependendo do grau de maturação, das características do solo e clima que tiverem sido submetidas. O método de extração e armazenagem das sementes também pode modificar a qualidade do produto final (RAMOS *et al.*, 2011).

As sementes são ricas em proteínas (39,3%) a proteína é o composto encontrado em maior quantidade (Tabela 2.1) (GALLÃO *et al.*,2006). O óleo extraído das sementes apresenta resistência à oxidação pela presença de elevados teores de ácidos graxos insaturados, especialmente o oléico, (LALAS *et al.* 2002). Segundo Anwar e Bhangar (2003), a semente é composta em 40 % do seu peso por óleo que é constituído de glicerídeos dos ácidos oléicos (76,0 %), palmítico (6,5 %), esteárico (5,7 %) e behênico (5,0 %). O óleo extraído e de cor clara, doce, inodoro e resistente a rancificação, apresentando alto valor alimentício e industrial (DAHOT, 1988).

Tabela 2.1 - Composição química das sementes de *Moringa oleifera* Lam

Composição	Semente
Umidade (%)	6,3
Açúcares solúveis (g/100g)	3,14
Oligossacarídeos (g/100g)	3,31
Amido (g/100g)	6,02
Proteínas (g/100g)	39,3
Lipídeos (g/100g)	18,8

Fonte: Gallão *et al.*,2006.

2.4.5 Emprego no tratamento de água e efluente

No Brasil o uso da *Moringa oleifera* Lam como coagulante teve início em março de 1996, com a vinda da cientista alemã Dra. Samia Al Azharia Jahna. A mesma já trabalha há mais de 20 anos com a semente de Moringa como coagulante, usada como solução alternativa no abastecimento de água em casas na zona rural em países, como Sudão e o Egito. A Cientista orientou um workshop na cidade de Ouricuri-PE no ano de 1996, além de várias palestras em diferentes estados do Brasil (GERDES, 1996).

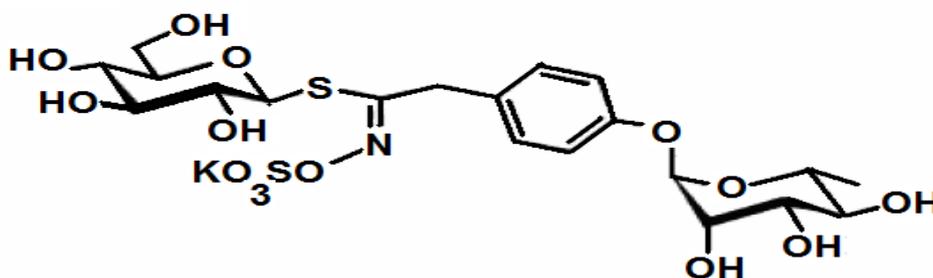
O uso de coagulantes, como os de sais metálicos e alguns polieletrólitos, têm aumentado, nos últimos anos, no pós-tratamento físico-químico de esgotos sanitários, com boa perspectiva para associação com efluentes provenientes de reatores anaeróbios. Os sais de alumínio e os de ferro são os coagulantes mais utilizados no tratamento de água e esgoto. Contudo, pesquisas têm apontado algumas desvantagens, tais como problemas de saúde causados pelo alumínio residual em águas tratadas, produção de grande volume de lodo, consumo da alcalinidade do meio, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do pH, principalmente no tratamento de água.

As descobertas recentes do uso de sementes trituradas de Moringa para a purificação de água, a um custo de apenas uma fração do tratamento químico convencional, constituem uma alternativa de mais alta importância. Em relação à remoção de bactérias, reduções na ordem de 90-99% têm sido relatadas na literatura. Porém, o uso do tratamento com sementes, assim como o de outros coagulantes naturais e químicos, não produz água pura. A água estará limpa e bebível, mas a Moringa não garante que no final a água estará 100% livre de patógenos. (PINTO, 2006).

A proteína é o composto encontrado em maior quantidade, aproximadamente 40%. A proteína das sementes de Moringa é o composto de maior importância no processo de clarificação da água. É relatado em Moringa a presença de uma proteína catiônica dimérica de alto peso molecular, que desestabiliza as partículas contidas na água e através de um processo de neutralização e adsorção, floculam os colóides seguindo-se de sedimentação (NDABIGENGESERE *et al*, 1995; PRITCHARD, 2010). O mecanismo da coagulação/floculação da água, provocado pela proteína existente na polpa da *Moringa oleifera*, assemelha-se ao mecanismo da coagulação/floculação provocado pelos polieletrólitos, que são polímeros originários de proteínas e

polissacarídeos de origem sintética ou natural (DAVINO, 1976). Gueyrard *et al* (2000) observaram que há mais evidência de que o responsável pela ação coagulante da Moringa seja um composto amídico. As sementes de Moringa contêm entre 8 e 10% de glucosinolatos (Figura 2.1), que são uma classe homogênea de combinações de tiosacarídeos naturais. Estes podem ser hidrolisados através da mirosinase (glucohidrolase de tioglucosida) e produzir D-glicose, particularmente isotiocianatos.

Figura 2.2 - Estrutura de glucosinolato presente na semente de *Moringa oleifera* Lam.



Fonte: Gueyrard *et al*, 2000.

O pó das sementes da Moringa contém proteínas solúveis com carga positiva. Quando o pó das sementes é adicionado à água turva, as proteínas (proteína catiônica com peso molecular na faixa de 6–13kDa) contém cargas que atraí as partículas carregadas negativamente, como barro, argila, bactérias, presentes na água (NDABIGENGESERE *et.al.* 1995). O processo de floculação ocorre quando as proteínas se ligam com as cargas negativas formando flocos, agregando as partículas presentes na água (SCHWARZ, 1996). A eliminação dos microorganismos se da por arraste mecânico dos patógenos em solução pelos agregados de partículas que sedimentam, e pelo efeito bactericida de um agente ativo antimicrobiano, 4 α Lramnosloxi- benzil isotiocianato (Muyibi & Evison, 1995; SILVA; KERR, 1996).

A utilização das sementes de moringa na remoção de metais pesados em água tem sido testada por diversos autores. Estudo conduzido por Mendes *et al* (2007), mostrou que a Moringa pode ser usada para remoção parcial da prata e de manganês em águas que apresentam altos teores desses metais. Os resultados apresentados são interessantes, uma vez que contribui como proposta alternativa para a remoção parcial desses metais em águas contaminadas.

Santos *et al* (2007), concluíram que o uso do coagulante natural oriundo das sementes da *Moringa oleifera* no tratamento de efluentes têxteis em detrimento do uso de substâncias químicas sintéticas, pode ser satisfatório sobretudo por conta das externalidades negativas conferidas por esses últimos ao meio ambiente e à saúde humana.

Borba (2001) avaliou a viabilidade do uso do extrato da *Moringa oleifera* no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades concluindo do extrato da polpa da semente demonstrou-se um excelente coagulante, obtido durante os ensaios, uma redução de 92,5 % a 97,7 % e 90,7 % a 97,5 %, respectivamente, para os parâmetros de turbidez e cor.

Paterniani *et al* (2009) utilizaram as sementes na clarificação de águas turvas e obtiveram remoção da turbidez e cor aparente, respectivamente, 95% e 90% em média, nos processos de filtração lenta e sedimentação, com a solução à base de *Moringa*

Segundo Santana (2009), a utilização do agente coagulante *Moringa oleifera* Lam apresentou resultados muito significativos como coagulante natural, podendo ser considerada como uma técnica alternativa para o tratamento de água produzida.

Quanto a sua utilização para tratamento de esgoto doméstico, Braga (2009) avaliou o comportamento do extrato salino da *Moringa* como pré-tratamento ao reator UASB encontrando resultados semelhantes à literatura que o mesmo é benéfico ao processo de digestão anaeróbia, com uma concentração de três mg.L⁻¹ do extrato, enquanto Kalogo *et al* (2001) usaram 50 mg.L⁻¹ do extrato aquoso. A associação de *Moringa* com cloreto férrico demonstrou, ainda, grande melhora na eficiência dos parâmetros físico-químicos analisados, sempre superiores a 80%, conseguindo avanços expressivos na remoção de SST e turbidez, demonstrando eficiência na coagulação-floculação.

De acordo com Cardoso *et al* (2008) o tempo para propiciar a mistura rápida e lenta, o tempo de decantação, assim como a concentração de *Moringa oleifera* Lam influenciam na remoção de cor e turbidez, durante o processo de coagulação/floculação.

Bernardo (2009) avaliou a influencia do extrato de sementes de *Moringa oleifera*, como coagulante natural de partículas suspensas, na estação de tratamento de efluentes do Curado – PE, concluindo que, apesar da aplicação do extrato ter sido positiva nos aspectos de redução do tempo de decantação e diminuição de cor, turbidez e NMP/100 mL, ocorreu um aumento na DBO e DQO.

Estudos realizados por Pritchard *et al* (2010) mostraram o desempenho de *Moringa oleifera* em comparação com o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), indicando que a *Moringa* possui capacidade de remoção de turbidez e *Escherichia coli* suficiente para incentivar a sua utilização para o tratamento de águas turvas, em países em desenvolvimento.

Para tratamento de lixiviado de aterros sanitários, Oliveira (2010) avaliou o uso da *Moringa oleifera* para fitorremediação e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Obteve resultados interessantes com a dosagem de 37,5g/L do extrato da semente de *Moringa*, que apresentou taxas de remoção de 97% para cor (97%) turbidez (82%) e coliformes. No caso da DQO e DBO_5 , houve um aumento em relação ao valor inicial, sendo este acréscimo mais acentuado devido à adição de matéria orgânica presente no extrato da semente de *Moringa*.

Segundo Mallevialle (1984), a adição de coagulantes orgânicos gera produtos finais indesejáveis devido à incorporação do material orgânico adicional da semente de *Moringa*, podendo haver aumento da carga orgânica o que pode explicar o aumento causado a DQO e DBO_5 . O uso de coagulantes orgânicos gera a incorporação do material orgânico adicional no lixiviado bruto havendo um aumento da carga orgânica, sendo recomendado por alguns autores que as amostras sejam filtradas após realização dos ensaios ou após preparo do extrato (BERNARDO, 2009; OLIVEIRA, 2010).

Os resultados obtidos para o pH, analisados por Oliveira (2010), não sofreram variações drásticas em relação ao tempo de reação das soluções coagulantes. Tanto a utilização da semente como do extrato aquoso como coagulantes não afeta consideravelmente o pH e a condutividade da água ou do lixiviado, e sendo a *Moringa oleifera* um produto natural, a sua aplicação, principalmente em águas residuais, é descrita como promissora, pois pode reduzir o custo dos produtos químicos utilizados no ajuste de pH (BHATTI *et al*, 2007; OLIVEIRA, 2010).

Bicalho *et al* (2011) avaliaram a biodegradação de filmes de polietileno reciclado dopados com óleo de *Moringa oleifera*. As análises indicaram que houve influência da presença do óleo nas cadeias poliméricas, fazendo com que fosse observada uma diminuição da resistência térmica do filme dopado, com conseqüente diminuição da temperatura de degradação. Esses resultados foram confirmados após o Experimento de biodegradabilidade. As análises de XRD indicam uma diminuição da cristalinidade do polímero dopado o que pode estar relacionado à diminuição de sua resistência térmica.

2.5 Biossurfactantes

Biossurfactante é definido como uma molécula superficialmente ativa produzida por células vivas, sendo compostos anfipáticos produzidos por micro-organismos, para redução da poluição causada por derivados do petróleo e metais pesados (RUFINO *et al.*, 2014). Biossurfactantes de alto peso molecular são normalmente polissacarídeos anfipáticos, proteínas, lipopolissacarídeos e lipoproteínas, caracterizando-se como importantes formadores de emulsões (VAN HAMME *et al.*, 2006).

Dentre os biossurfactantes, destacam-se os ramnolipídeos, formados por uma ou duas moléculas de ramnose, ligadas a uma ou duas moléculas de ácido β -hidroxidecanóico produzidos por *Pseudomonas* sp que têm a capacidade de diminuir a tensão interfacial, além de reduzirem a tensão superficial, estabilizam emulsões e são geralmente atóxicos e biodegradáveis (BANAT *et al.*, 2000). Segundo Mulligan e Gibbs (1993), a concentração micelar crítica (CMC) dos biossurfactantes (medida de sua eficiência) varia entre 1-2000 mg.L⁻¹, enquanto que a tensão interfacial (óleo/água) e superficial fica em torno de 1 e 30 dina.cm⁻¹ respectivamente.

Embora exista uma grande diversidade de composição química e propriedades entre os biossurfactantes, algumas características são comuns à maioria deles. Muitas destas características representam vantagens sobre os surfactantes químicos convencionais:

- os biossurfactantes tem baixa toxicidade o que permite sua utilização em alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos (FLASZ *et al.*, 1998);
- os biossurfactantes apresentam biodegradabilidade na água e no solo, o que os torna adequados para aplicações como biorremediação e tratamento de resíduos;
- os biossurfactantes apresentam elevada estabilidade térmica e de pH, podendo ser utilizados em condições ambientais variadas. Podem suportar concentrações de 10% de solução salina, enquanto concentrações de 2-3% (BOGNOLO, 1999);
- biossurfactantes são mais efetivos e eficientes que muitos surfactantes químicos, produzindo menor atividade superficial e interfacial (COOPER PADDOCK, 1984).
- os biossurfactantes apresentam a vantagem de poderem ser produzidos “*in situ*” ou a partir do uso de substratos renováveis (óleos vegetais, efluentes agroindustriais e subprodutos da indústria do petróleo e alimentícia), o que torna a produção mais barata e viável economicamente (DESAI BANAT, 1997).

2.5.1 Aplicações comerciais dos biossurfactantes

Biossurfactantes podem ser utilizados em conjunto com outros tratamentos para a remoção de compostos orgânicos hidrofóbicos, e metais pesados. A vantagem do biossurfactante faz com que suas aplicações sejam recomendadas na proteção ambiental, (RUFINO *et al*, 2008). A indústria petrolífera é o maior mercado os biossurfactantes, utilizados na produção de petróleo ou incorporados em formulações de óleos lubrificantes (VAN DYKE *et al*, 1991).

A utilização dos biossurfactantes na biorremediação de solos contaminados com metais pesados tóxicos como urânio, cádmio e chumbo promovendo a adsorção do metal ao biossurfactante, ou pelo acúmulo de biossurfactantes na interface sólido/líquido, sob condições de reduzida tensão interfaciais, permitem seu contato com o metal adsorvido. Bognolo (1999) relatou que surfactantes produzidos por *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium* e *B. subtilis* demonstraram resultados promissores na remoção de piche em areias contaminada.

Biossurfactantes são usados na agricultura, especialmente em formulações de herbicidas e pesticidas, aumentando o efeito de agentes de biocontrole. Mecanismos de ação do biossurfactante incluem a facilitação da penetração do agente de controle ou de seu produto nas células ou tecidos do organismo alvo (SINGH *et al*, 2007). Na indústria farmacêutica a surfactina, um lipopeptídeo cíclico produzido por cepas de *B. subtilis*, é um dos biossurfactantes apresentam propriedades antimicrobianas, antifúngica e moderada atividade antibacteriana, além de propriedades antivirais e antitumorais.

Pesquisas feitas por Banat *et al* (1991) indicaram a utilização de biossurfactantes para a limpeza de tanques, em substituição aos surfactantes convencionais, promoveu a limpeza e recuperação de 90% dos hidrocarbonetos presentes no resíduo. Os pesquisadores Mulligan e Wang (2004) apontam a atividade de raminolipídios na remoção de metais pesados, como Ni e Cd do solo, com eficiência de 80-100% em laboratório e 20-80% no campo.

Alguns biossurfactantes apresentam elevada estabilidade térmica e de pH podendo ser utilizados em condições ambientais drásticas. Diferentes dos surfactantes químicos, os biossurfactantes são facilmente degradáveis na água e no solo, o que os torna adequados para aplicações em biorremediação e tratamento de resíduos (HOROWITZ; CURRIE, 1990).

Segundo Mesquita (2004), o uso de biossurfactantes na biodegradação de pesticidas foi objeto de investigação. A biodegradação de hexaclorociclohexano por surfactante produzido por *Pseudomonas* foi relatada, sendo que outros organoclorados e ciclodienos também foram emulsificados em menor grau. Os biossurfactantes podem ser usados diretamente para emulsificar e aumentar a solubilidade de contaminantes hidrofóbicos no solo.

2.6 Uso do quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench)

O Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) (Figura 2.3), pertence à família Malvaceae, tratando-se de uma planta arbustiva anual, com caule ereto esverdeado ou avermelhado, e atinge de 1 a 1,7 metros de altura, é uma hortaliça de clima quente e originária da África, tendo sido trazida para o Brasil pelos escravos é uma das cultivares mais bem adaptadas ao clima tropical brasileiro. (ABREU LIMA, 2007; JAIN *et al*, 2012). Hortaliça anual, consumidos como salada, refogado, cozido ou assado. As sementes maduras são ricas em óleo e proteína. Nome científico: *Abelmoschus esculentus* L. Moench. Família: Malvaceae Sinônimos botânicos: *Hibiscus esculentus* (L) *Hibiscus longifolius* Roxb Nomes populares: quiabeiro, quiabeiro-chifre-de-veado, quiabeiro-comum, quimbombô, quingobó. Componentes químicos: vitamina A, vitamina B2 e B6, cálcio, alanina, alfa-tocoferol, arginina, ácido ascórbico (vitamina C), ácido aspártico, glicosídeos, ácido glutâmico, gossipetina, gossipol, histidina, isoleucina, leucina, ácido linolênico, ácido mirístico, ácido oléico, ácido palmítico, ácido pantotênico, pectina, quercetina, riboflavina, amido, ácido esteárico, enxofre. No Brasil, o tipo mais produzido e consumido é o cilíndrico verde e a principal cultivar é o Quiabo Santa Cruz. No mesmo grupo, tem destaque o Quiabo Amarelinho. Os dois são destinados ao mercado interno.

2.6.1 Características quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench)

Na Figura 2. 3 - Visualização da Planta arbustiva do quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) (a), floração (b), frutos (c).

Figura 2.3 - Planta (A), floração (B) e (C) frutos do quiabo (*Abelmoschus esculentus*)

Fonte: licelioribeiro.blogspot.com.br 2015; Autora, 2015.

O Quiabo como auxiliar de floculação, tem bom desempenho, utilizável no tratamento de águas. Quando moído, do pó se faz a solução, que é dosada em conjunto com os coagulantes metálicos de alumínio e ferro, melhorando a eficiência da floculação e das etapas posteriores, como sedimentação ou flotação, filtração e desinfecção (ABREU LIMA, 2007). O uso do Quiabo no tratamento de água e esgoto como coadjuvante da coagulação química tem apelo compatível com o ambiente, especialmente quando associado ao uso de material renovável e ao baixo potencial de toxidez.

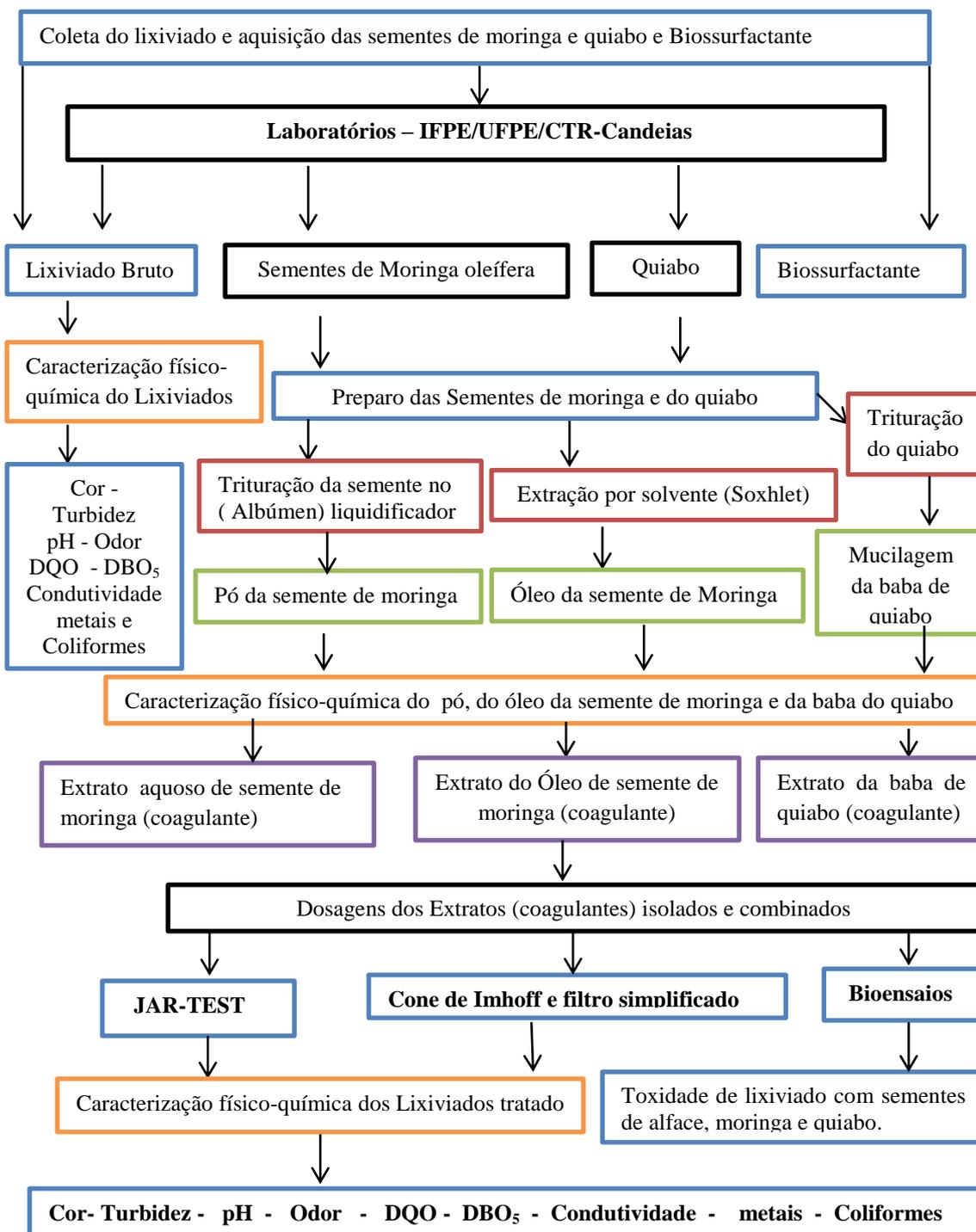
De acordo com Agarwar (2003), o Quiabo possui um polissacarídeo aniônico, que pode ser usado como floculante, por ser polímero natural, biodegradável. Pode ser usado no tratamento de águas de abastecimento, de esgoto doméstico e de efluentes de curtume. (NOGUEIRA *et al* 2010). A utilização do Quiabo em conjunto com o sulfato de alumínio pode reduzir a dosagem deste coagulante metálico, mantendo a eficiência do processo. A pesquisa realizada por Abreu Lima (2007), utilizando a solução do polímero natural do Quiabo maduro, como auxiliar de filtração, apresentou melhora significativa da qualidade das águas e esgotos filtrados. O estudo feito por Ritter (2013) utilizando polímeros naturais como quiabo e *Moringa* no tratamento de água, obteve resultados com quiabo, de remoção de cor e turbidez, atingindo-se 96,6 % e 98,9 % e com a moringa, também obteve remoção de cor e turbidez, atingindo-se 83,3 % e 97,6 %, respectivamente, e o emprego em conjunto com quiabo e moringa, obteve-se 80 % e 81,2 % remoção de cor e turbidez, respectivamente. Concluindo que o uso de quiabo e moringa como auxiliar de floculação uma boa alternativa para melhora a qualidade da água de abastecimento.

CAPÍTULO III

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma apresentado na Figura 3.1 mostra a sequência de operação das etapas para obtenção dos extratos de *Moringa oleifera* Lam (aquosos e oleoso) extrato aquoso do Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) e Biossurfactante dos experimentos.

Figura 3.1 - Fluxograma das etapas realizadas para obtenção de extratos coagulante de *Moringa oleifera* e do Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) e Biossurfactante



Para atingir o objetivo proposto nesta pesquisa foi seguida uma série de etapas, para avaliar a tratabilidade da solução proposta para o lixiviado representado no fluxograma apresentado na Figura 3.1.

- A primeira etapa foi à coleta (Aterro sanitário CTR – Candeias) e caracterização do lixiviado bruto coletado em duas datas distintas (no verão: Janeiro de 2014 (LB 1), Abril (LB 2), e no inverno: julho (LB 3) e Agosto (LB 4) de 2015) realizada nos laboratórios de Química Ambiental da UFPE e do CTR - Candeias.
- A segunda, foi à aquisição das sementes de *Moringa oleifera* Lam e do quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) e do Biossurfactante.
- A terceira, foi o preparo e a caracterização da semente de *Moringa* e do quiabo realizada no LEAAL - Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos.
- Na quarta, foram realizados o preparo, extração (laboratório de química do Instituto Federal de Pernambuco, IFPE) e a caracterização do óleo da semente de *Moringa* realizada no laboratório de Química Ambiental LEAQ, UFPE.
- Na quinta, foram definidas as dosagens dos extratos de moringa (coagulantes) isolados e combinados com quiabo e Biossurfactante.
- Na sexta, foram realizados os ensaios com lixiviado bruto utilizando extratos de moringa (coagulantes) isolados e combinados com Biossurfactante, adicionados no aparelho Jar-Test utilizado para os ensaios de coagulação/floculação.
- Na sétima, foram realizados os ensaios com lixiviado bruto utilizando extratos de moringa (coagulantes) isolados e combinados com quiabo, adicionados no Cone de Imhoff e filtro simplificado, utilizado para os ensaios coagulação/floculação/decantação e filtração.
- Na oitava, também foi feito Bioensaios de toxicidade do lixiviado bruto, dos extratos de semente de *Moringa* e dos lixiviados após tratamento, utilizado sementes de Alface - *Lactuca sativa* L, como controle negativo de germinação.
- Na nona, foi realizada a caracterização completa do lixiviado utilizado após tratamento, utilizando extratos de moringa (coagulantes) isolados e combinados com quiabo e Biossurfactante, na remoção de cor, turbidez, DQO, DBO₅, Condutividade, metais (ferro e zinco) e bactérias (coliformes fecais e totais) presentes no lixiviado do Aterro CTR- Candeias na Muribeca. Sendo analisados no Laboratório de Microbiologia da UFPE e no laboratório de Química Ambiental LEAQ – UFPE.

3.1 - Coleta das amostras dos Lixiviados

O lixiviado utilizado nos experimentos foi proveniente do Aterro Sanitário da Muribeca CTR- Candeias situado no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, próximo ao eixo da integração Prazeres – Jaboatão, distando 16 km do centro de Recife, situado nas coordenadas Latitude – 8.164258; Longitude:- 34.985286, A Figura 3.2- apresenta vista aérea da célula do aterro e da estação de tratamento do lixiviado do CTR- Candeias. O aterro CTR- Candeias é Industrial de Classe IIA e IIB (resíduos não perigosos). Começaram a receber resíduos em agosto de 2007 e deverá receber resíduos por mais 15 anos. O total de resíduos recebidos durante estes 16 anos deve chegar a cerca de 11 milhões de toneladas. Esta estimativa é baseada nos volumes recebidos e monitorados no período 2007-2009 e nos volumes de resíduos que se espera sejam depositados de 2010 até o fechamento em 2022. Durante a pesquisa foram realizadas quatro coletas de lixiviado Bruto (LB) nos meses de Janeiro de 2014 (LB 1), Abril (LB 2), julho (LB 3) e Agosto (LB 4) de 2015 em datas distintas.

Figura 3.2 - Vista aérea da célula do aterro e o Ponto de coleta do lixiviado bruto da estação de tratamento do Aterro CTR-Candeias.



Fonte: CTR-Candeias, 2013.

As amostras do lixiviado bruto utilizado foram coletadas da caixa de vazão, próximo à chegada do lixiviado (Figura 3.2) localizada próximo da estação de tratamento do Aterro CTR Candeias na Muribeca e estocadas em bobonas de polietileno para a realização dos ensaios. Estas amostras foram acondicionadas a 4°C, de acordo com a metodologia de conservação do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), com o objetivo de minimizar o potencial de volatilização ou biodegradação. O lixiviado coletado foi utilizado para os ensaios referentes ao tratamento do lixiviado utilizando o óleo e o extrato de pó da semente de *Moringa Oleifera* Lam do *Abelmoschus esculentus* L. Moench e do Biossurfactante. Ressalta-se que todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.1.1 Caracterizações físico-químicas e microbiológicas do lixiviado

A Caracterização físico-química foi realizada no Laboratório de Qualidade do Departamento de Química da Universidade Federal de Pernambuco (LEAQ), e as análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Industrial, no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco.

Os parâmetros de controle ambiental analisados na caracterização do lixiviado do aterro e nos ensaios de tratabilidade foram: Condutividade, pH, DBO₅, DQO, Cor, turbidez, metais pesados, coliformes totais e fecais (realizados em triplicata) determinados segundo o STANDARD METHODS (2005), exceto para coliformes para os quais se utilizou a técnica descrita pela Colilert® (reagentes Idexx, EUA). A Tabela 3.1 apresenta os parâmetros a serem determinados e os métodos empregados nas análises de lixiviado antes e após experimentos

Tabela 3.1. Parâmetros determinados e métodos empregados nas análises do lixiviado

Parâmetros	Métodos de análise
Turbidez	Turbidímetro
Condutividade	Potenciométrico
Coliformes Fecais	Tubos múltiplos
Coliformes totais	Tubos múltiplos
Cor	Fotocolorimétrico SMEWW 2120 C
DBO ₅	Eletrométrico com membrana
DQO	Eletrométrico com membrana
pH	Potenciométrico
*Metais (Fe, Zn e Pb)	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Nitrogênio Amoniacal	Eletrométrico (Eletrodo de íon seletivo - Orion Model 720)

*Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Chumbo (Pb) foi feito apenas no Experimento2 -devido os valores estarem abaixo da resolução do CONAMA357/05

Com os dados obtidos, foi realizada uma análise de variância para um experimento com um único fator, com delineamento experimental inteiramente aleatorizado. A condição de aleatoriedade a ser adotada durante a fase experimental teve como objetivo a minimização dos efeitos de qualquer variável perturbadora, que possa influenciar os resultados. Os dados foram obtidos com o auxílio do programa de computador Statistica 2010 for Windows ao nível de significância de 5%. Em um primeiro momento, procurou-se verificar a influência das dosagens do extrato de semente de *Moringa oleifera* Lam no tratamento de lixiviado.

3.2 Preparo do extrato da semente de *Moringa oleifera* Lam

A origem das sementes de *Moringa oleifera* Lam foi proveniente de duas regiões. O primeiro e o segundo lote foram adquiridos do sítio São Bento localizado em São Bento do Una/PE, em maio de 2013 e maio de 2015 totalizando 4 kg de material vegetal, e o terceiro lote foi doado pelo Laboratório de Tecnologias Alternativas, da Universidade Federal de Sergipe, em maio de 2014, totalizando 2 kg de material vegetal. Após secas, as sementes foram descascadas manualmente e armazenadas para posterior preparo do extrato (Figura 3.3 e 3.4).

O preparo do extrato da semente para os ensaios de tratabilidade do lixiviado do aterro está representado no fluxograma da Figura 3.2. Foram preparados dois tipos de extrato, sendo um com o pó da semente de *Moringa* sem casca e o outro com o pó da semente de *Moringa* com casca.

Para a obtenção do coagulante natural extraído das sementes de *Moringa* foi utilizado o seguinte procedimento: as sementes foram pesadas e as cascas retiradas e triturou-se no liquidificador até se obter um pó que foi misturado em água destilada utilizando uma porcentagem de 5% do peso de pó sobre o volume de água, agitando-se por 5 minutos no agitador manual, após a agitação foi adicionado ao lixiviado como solução coagulante. O mesmo procedimento foi feito para o extrato da *Moringa* com casca, porém as sementes não foram descascadas.

Figura 3.3- Fluxograma de preparo do extrato da semente de *Moringa oleifera* Lam

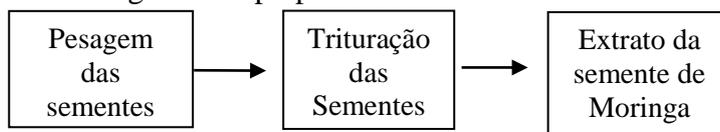
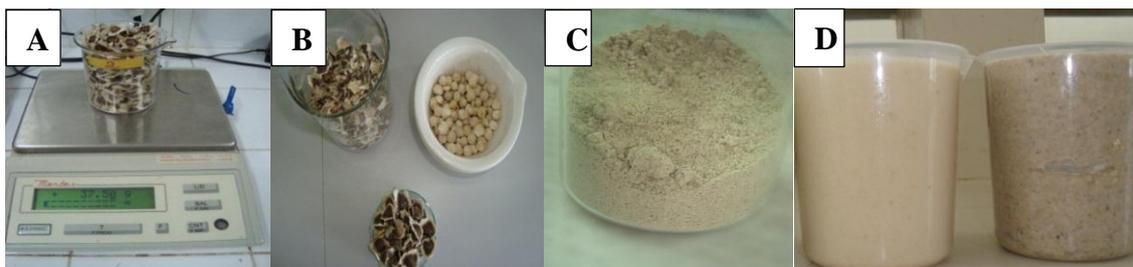


Figura 3.4- Sequência do preparo do extrato da semente de *Moringa oleifera* Lam: pesagem das sementes (A), sementes com casca e sem casca (B), pó das sementes trituradas(C), extrato (D).



Na Tabela 3.2 são apresentados os resultados da Condutividade dos extratos Coagulantes da semente de *Moringa oleifera* Lam.

Tabela 3.2 Condutividade dos extratos Coagulantes de sementes de *Moringa oleifera* procedentes do semiárido e zona da mata.

Condutividade		$\mu\text{S/cm dos}$	Coagulantes (* semiárido)
Água de milli-Q	Água deionizada	Moringa com casca	Moringa sem casca
O, 52	6,30	4,74	4,82
Condutividade		$\mu\text{S/cm dos}$	Coagulantes (° Mata)
Água de milli-Q	Água deionizada	Moringa com casca	Moringa sem casca
O, 52	6,30	3,67	3,13

*região semiárido – semente de São Bento do Uma/PE e região da zona da Mata em Sergipe/SE.

3.2.1 Caracterização físico-química da semente de *Moringa oleifera* Lam

A caracterização físico-química da semente de *Moringa oleifera* Lam foi realizada no Laboratório de Alimentos, do Departamento de Química, da UFPE. A caracterização da amostra foi realizada por meio das seguintes análises físico-químicas: umidade e substâncias voláteis, cinzas, lipídeos, proteína bruta e carboidratos totais (por diferença). Os métodos utilizados foram recomendados pela metodologia da AOAC (Association of Official Analytical Chemist 2000). As porcentagens de umidade, proteína, lipídeos e cinzas foram determinadas, em duplicata, na respectiva farinha, conforme as normas da Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 2000), e usando a metodologia descrita no manual de métodos físico-químicos para análise de alimentos do instituto Adolfo Lutz (2005), segundo descrito abaixo:

- Umidade - o teor de umidade foi determinado pela secagem da amostra em estufa a 105 °C até peso constante;
- Proteína - o teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldhal, utilizando-se o fator 6,25 para a obtenção do teor de proteína total;
- Extrato etéreo - a determinação foi realizada pela técnica de Soxhlet usando éter de petróleo como material extrator;
- Cinza - foi determinada pela incineração em mufla a 550 °C;
- Fibra bruta - foi quantificada pelo método de digestão ácida. Carboidratos foram determinados pela diferença, em matéria seca, entre 100 e a soma de lipídios, cinzas, proteínas e fibra bruta; Pesou-se 0,1 g da amostra e foram adicionadas soluções para extração de carboidratos, que seguem: mistura de MC (metanol, clorofórmio e água – 12:5: 3 v/v/v) para extração de açúcares solúveis; solução de álcool etílico 10% para extração de oligossacarídeos; solução de PCA 30% (ácido perclórico) para extração de amido. A cada solução acrescida foram feitas centrifugações e assim obtidos volumes de sobrenadante, e em seguida foram feitas determinações empregando-se as metodologias a seguir: açúcares solúveis,

após uma inversão prévia dos extratos das amostras segundo o Instituto Adolfo Lutz (2005) determinação de proteínas pelo método de Kjeldahl e a quantificação de lipídeos segundo Instituto Adolfo Lutz (2008).

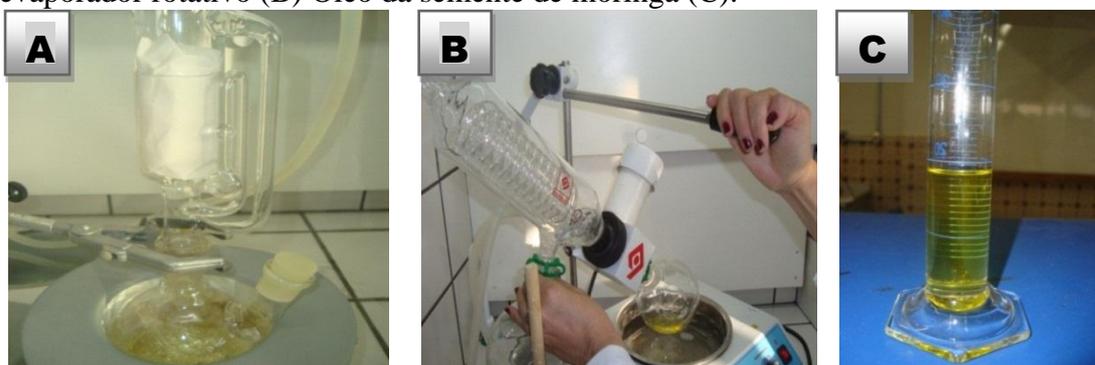
3.3 Obtenção e Caracterização do óleo da semente de *Moringa oleifera* Lam

Foi utilizado na pesquisa o óleo extraído por prensa e por solvente, no caso do óleo por prensa da semente de *Moringa oleifera* Lam, foi doado pelo Laboratório de Tecnologias Alternativas, da Universidade Federal de Sergipe, em Novembro de 2014, totalizando 1litro (Um litro). O óleo obtido por solvente foi extraído no Laboratório de Química do Instituto Federal de Pernambuco do IFPE. O processo de obtenção de óleos de sementes vegetais normalmente é feito por prensagem mecânica seguida de extração por solvente, ou diretamente por extração com solventes utilizando um aparato laboratorial com Soxhlet.

3.3.1 Extração utilizando um aparelho de soxhlet

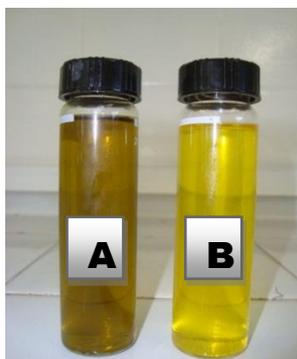
A extração do óleo da semente de *Moringa* foi realizada por via química utilizando um aparelho de soxhlet (Figura 3.5.). O método consiste na lixiviação do óleo contido nas sementes em contato com um solvente (n-hexano) por um processo contínuo, em um sistema de refluxo, por 6 horas. O óleo foi separado do solvente (hexano), através de um evaporador-rotativo (Figura 3.5B) a pressão reduzida e purificado por secagem a temperatura de 65 °C por 24 h.

Figura 3.5- Extração do óleo da semente de *Moringa oleifera*. Aparelho de refluxo simples, constituído de balão de fundo chato. Extrator de Soxhlet (A) e condensador e evaporador rotativo (B) Óleo da semente de moringa (C).



As amostras de óleo (Figura 3.6), após processos de extração, foram armazenadas em recipientes de vidro âmbar a temperatura de aproximadamente 18°C até o momento das análises.

Figura 3.6 Visualização da Coloração do óleo de *Moringa oleifera*: Óleo da Moringa por prensa (A) e Óleo da Moringa soxhlet (Hexano) (B).



O rendimento do óleo de *Moringa oleifera* Lam foi definido como sendo a massa de óleo extraída em função da massa de semente de moringa usada na extração, (Rendimento (%) = Massa total de óleo * 100/ Massa total inicial).

3.3.2 Caracterização do óleo

Para a avaliação da qualidade do óleo foram realizadas as análises ao termino da secagem do óleo. O mesmo foi caracterizado para determinar os seguintes parâmetros físico-químicos: índice de acidez, índice de saponificação, índice de iodo, viscosidade, densidade e umidade conforme as normas apresentadas segundo a AOAC (1998). As análises para a caracterização do óleo são regulamentadas através de normas específicas e foram efetuadas, para a amostra em estudo, como citadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Análise do óleo da semente de *Moringa oleifera* Lam

Análise	Unidade
Índice de saponificação	mgKOH/kg
Índice de Iodo	g/100g
Índice de acidez	mm ₂ /s
Teor de água	mg/kg
Viscosidade cinemática	mgKOH/kg

a) Índice de Saponificação

A determinação do índice de saponificação, que expressa o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para saponificar um grama de amostra, foi

realizada, segundo AOAC (1998). Foram pesados entre 4 e 5 g de amostra completamente seca, à qual 50 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio (KOH) foram adicionados. Um branco foi preparado e sua análise ocorreu simultaneamente à amostra. Com o condensador conectado e fervura suave, a amostra foi saponificada completamente por 1 hora. Após resfriamento do frasco, a parte interna do condensador foi lavada com água. O condensador foi desconectado e 1 mL de indicador fenolftaleína, adicionado, procedendo a titulação com solução de ácido clorídrico (HCl) 0,5M até desaparecimento da cor rósea.

b) Índice de iodo pelo método de Wijs

O índice de iodo foi determinado pelo método de Wijs, que se baseia no princípio da fixação do iodo nas ligações etilênicas dos ácidos graxos, seguindo o procedimento descrito pela AOAC (1998). A amostra foi filtrada através de papel de filtro para remover impurezas e traços de umidade e foram pesados 0,25g do óleo em Erlenmeyer (500 mL) de boca esmerilhada, com tampa, seguido da adição de 10 mL de cicloexano. Com auxílio de bureta, 25 mL da solução de Wijs foram transferidos para o frasco Erlenmeyer contendo a amostra. Após ser tampado, o frasco foi agitado cuidadosamente e deixado em repouso à temperatura ambiente por 30 minutos. Foram adicionados ao frasco 10 mL da solução de iodeto de potássio (KI) a 15% e 100 mL de água fervida e fria, seguido de titulação com solução de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1N até aparecimento de fraca coloração amarela, quando, então, 2 mL de solução indicadora de amido 1% foi adicionada. A titulação continuou até o desaparecimento da cor azul. Uma determinação em branco foi preparada, procedendo da mesma forma que a amostra.

b) Acidez

A determinação de acidez, do óleo da semente de *Moringa oleifera* Lam foi realizada segundo AOAC (2000), e resumiu-se em titular, com solução de álcali padrão, a acidez do produto, assim como os ácidos graxos obtidos dos lipídios. As amostras do óleo estavam homogêneas e completamente líquidas. Foram pesados 2 g do óleo da *Moringa* em frasco Erlenmeyer (125 mL) e adicionados 25 mL de solução de éter-álcool (2:1) neutra. Após adição de duas gotas do indicador fenolftaleína, o conteúdo do frasco

Erlenmeyer foi titulado com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N até o aparecimento da coloração rósea.

d) Teor de água ou umidade

O teor de água, que corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida, também foi determinado, segundo AOAC (2000). Em cápsula de porcelana previamente tarada, foram pesados 5g da amostra do óleo da amêndoa da macaúba. A cápsula contendo a amostra foi aquecida, em estufa, por 1 hora a 105°C, resfriada em dessecador até temperatura ambiente e pesada. A operação de aquecimento e resfriamento foi repetida até peso constante.

e) Viscosidade Cinemática

A viscosidade cinemática das amostras foi medida em viscosímetros tipo Cannon-Fenske, na temperatura de 40°C, mantida constante por um banho de viscosidade cinemática Koehler.

f) Degomagem para preparação das amostras

A etapa da degomagem do óleo foi necessária para preparar as amostras, para análise cromatográfica, removendo fosfatídios e substâncias coloidais. A análise cromatográfica foi realizada utilizando um cromatografo gasoso (CG) após preparação dos respectivos ésteres. A solução de referencia continha padrões de quinze ésteres metílicos (MELO *et al*, 2010; MELO *et al*, 2011).

g) Caracterização dos ácidos graxo do óleo da semente de *Moringa oleifera* Lam

A composição em ácidos graxos foi determinada com auxílio de cromatógrafo gasoso de Marca CG, modelo Master com coluna capilar HP-Innowax (30 m x 0,32 mm x 0,25 micrometro), padrão interno heptadecanoato de metila (C17: 00), detector DIC, gás de arraste, hidrogênio com 99 % de pureza (White Martins) com vazão de $8,3 \times 10^{-8}$ m³/s, temperaturas do forno (180°C), injetor (200°C) e vaporizador (230°C). Os resultados obtidos apresentaram erros experimentais máximos de 1 %. A preparação dos ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAGs) foi realizada de acordo com o método descrito por Hatmann e Lago (1973), com uso do padrão interno tricosanoato de metila.

A identificação dos EMAGs foi realizada por comparação do tempo de retenção dos padrões Sigma.

3.4 Obtenção do Biossurfactante

O biossurfactante (Figura 3.7) produzido pela levedura *Cândida lipolítica* UCP 0988 de acordo com Rufino *et al* (2008), foi gentilmente cedido pela Universidade Católica de Pernambuco.

Figura 3.7– Visualização do biossurfactante utilizado nos ensaios de tratabilidade do lixiviado do aterro de resíduos sólidos.



3.5 - Obtenção e preparação do extrato do Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench).

O Quiabo foi comprado fresco no comércio, a moagem foi feita em liquidificador. A concentração da solução de extrato aquoso do Quiabo usada foi de 37,5 g/L esta concentração foi utilizada considerando os resultados dos pré-testes que serão descritos no item 3.6. Foi utilizado 300 g de Quiabo na preparação do extrato. Para a obtenção do extrato do Quiabo (Figura 3.8 e 3.9) o qual foi preparado utilizando 300 g de Quiabos, foram triturados no liquidificador (Walita) e pesados obtendo o valor de 37,5 g do coagulante natural em triplicata, foi utilizado o seguinte procedimento: os Quiabos foram pesados, cortados e triturados no liquidificador com água destilada utilizando uma porcentagem de 5% do peso de pasta (a Condutividade do coagulante de Quiabo foi 11 $\mu\text{S}/\text{cm}$) de Quiabo sobre o volume de água, sendo adicionado ao lixiviado como solução coagulante.

Figura 3.8 - Fluxograma de coleta e preparo do extrato do fruto do Quiabo

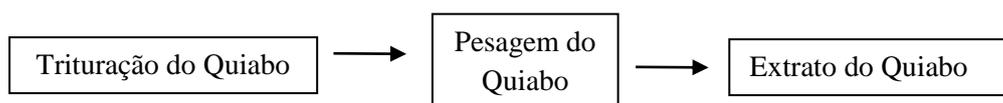
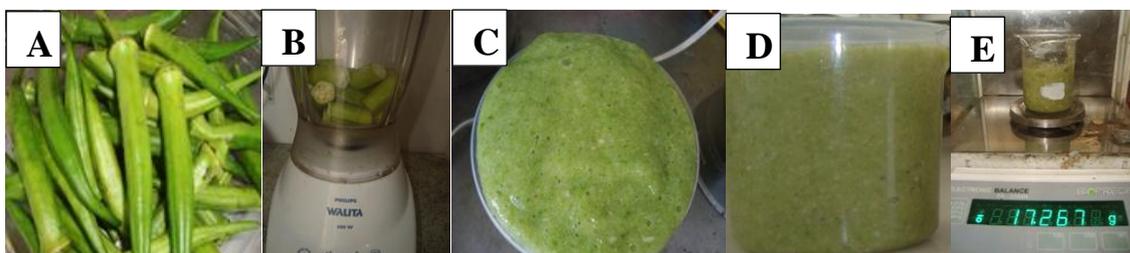


Figura 3.9– Visualização da Sequencia do preparo do extrato: frutos do Quiabo (A), Quiabo triturado no liquidificador (B), extrato do Quiabo (C e D), pesagem do extrato do Quiabo (E).



3.6 Descrição dos Experimentos

A Tabela 3.4 apresenta a descrição dos tratamentos utilizados nos ensaios do Jar-test, com bioensaios, Cone de Imhoff e filtro simplificado para tratar o lixiviado bruto.

Tabela 3.4 Descrição dos tratamentos utilizados nos ensaios do Jar-test, bioensaios, Cone de Imhoff e filtro simplificado para tratar o lixiviado bruto.

Tratamentos
LB – Lixiviado bruto- Referencia
LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca
LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca
LBOM - Lixiviado bruto+ Óleo da semente de Moringa
LBB - Lixiviado bruto+ Biossurfactante
LBEMB - Lixiviado bruto+ Extrato de Moringa + Biossurfactante
LBOMB - Lixiviado bruto+ Óleo da semente de Moringa + Biossurfactante
LBEMSQ - Lixiviado bruto+ Extrato de Moringa sem casca + Extrato de Quiabo
LBQ = lixiviado bruto+ Quiabo

(adaptado de Oliveira, 2010)

Tomando por base o Experimento realizado por Oliveira (2010) com a semente de *Moringa oleifera*, com a dosagem 37,5 g/L do coagulante da semente de Moringa, a presente pesquisa definiu como a melhor diluição a ser utilizada nos Experimentos em escala de laboratório a dosagem 37,5 g/L do extrato de semente de *Moringa oleifera*

Lam (comparando-se a redução nos parâmetros de tratamento selecionados e a dosagem mínima que atenda eficiência/economia). No Experimento 2 e 3, foi adicionado, além da dosagens de 37,5g/L, outra de 40g/L com e sem casca. Para se chegar a melhor dosagem deste coagulante para tratar o lixiviado, foi realizado Experimento em triplicata, aplicando-se testes estatísticos, o lixiviado bruto foi coletado em datas distintas (verão e inverno) isso pode influenciar nos resultados pois os parâmetros sofrem alterações. Na Tabela 3.5 são apresentadas as etapas e dosagens de coagulante da *Moringa oleifera* por Tratamento nos experimentos 1, 2, 3,4, bioensaios e filtro.

Tabela 3.5 - Etapas e Dosagens de Coagulante as dosagens dos extratos utilizados nos ensaios de tratabilidade do lixiviado do aterro de resíduos sólidos: o extrato (polpa) da semente de *Moringa oleifera* Lam com e sem casca, Óleo da semente de *Moringa oleifera* Lam e o Biossurfactante.

Dosagem de Coagulante por Ensaio						
.....g/L.....						
Experimento	Tratamento LB1	Tratamento LBEMC	Tratamento LBEMS	Tratamento LBEMS	Tratamento LBOM	Tratamento LBEMB LBOM
Experimento1	LB1	37g	37g	-	6 ml/L	0,6/ 6g/L
Experimento2	LB2	40g	40g	37,5g	*6 ml/L	*9 ml/L
Experimento3	LB2	40g	40g	37,5g	-	-
Experimento 4	LB3	LBEMC	LBEMS	LBEMCB	LBOM	LBOMB LBB
	0	37,5	37,5	37,5+06g	*6ml	*6ml+0,6g 0,6g
Experimento5 Filtro	LB4	LBEMC	LBEMS	LBQ	LBEMQ	-
	0	37,5	37,5	37,5	37,5+20g	-

LB=Lixiviado bruto; **LBEMC** = Lixiviado bruto com Moringa com casca; **LBEMS**=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; **LBOM**=lixiviado bruto e óleo de Moringa; **LBEMCB**= lixiviado bruto com Moringa e biossurfactante; **LBOMB**= lixiviado bruto com óleo de Moringa e biossurfactante; **LBB**=lixiviado bruto e biossurfactante. **LBQ**= lixiviado bruto com Quiabo; **LBEMQ**= lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo.(* óleo doado pelo Universidade Federal de Sergipe).

Para o tratamento do lixiviado nos experimentos com a semente de *Moringa oleifera* a dosagem selecionada foi de acordo com os resultados obtidos por Oliveira (2010), foi utilizada a dosagem de 37,5 g/L para o extrato aquoso de *Moringa oleifera* e para o Quiabo, 6 e 9 ml de óleo de semente *Moringa oleifera* , Já a dosagem 0,6 g de biossurfactante seguiu a metodologia da CMC (concentração micelar crítica).

3.7 Experimento de Laboratório - Ensaios de Jar test para os Experimentos

O aparelho utilizado para os ensaios de coagulação/floculação funciona como um reator estático, denominado Jar-Test. Este equipamento é constituído por um suporte metálico, coberto com uma lamina fina de PVC branco, que abriga duas lâmpadas fluorescentes. Acima deste suporte estão colocadas seis cubas em acrílico com capacidade de 2 litros cada com um coletor de amostra no centro da cuba. A agitação é promovida por um conjunto de polias e correia, acionando um eixo com pás.

Os experimentos foram realizados no Laboratório do Aterro Sanitário CTR-Candeias, utilizando o aparelho Jar - Test através dos Experimentos com lixiviado bruto (LB1, 2 e 3), e o extrato (polpa) da semente de *Moringa oleifera* com casca (LBEMC) e sem casca (LBEMS), óleo da semente (LBOM) de *Moringa* e biossurfactante (LBB). Foram realizados dois experimentos, de acordo com os resultados do Experimento 2 foi necessário uma pré-filtração com papel de filtro (micro filtro fibra de vidro diâmetro 47 mm) nos experimentos 2 e 3 para DQO e DBO₅. O tempo de sedimentação foi de 30,60 e 120 minutos. Após o término das etapas de coagulação/floculação/sedimentação, foi coletada uma amostra de cada cuba de aproximadamente 100 mL para análises.

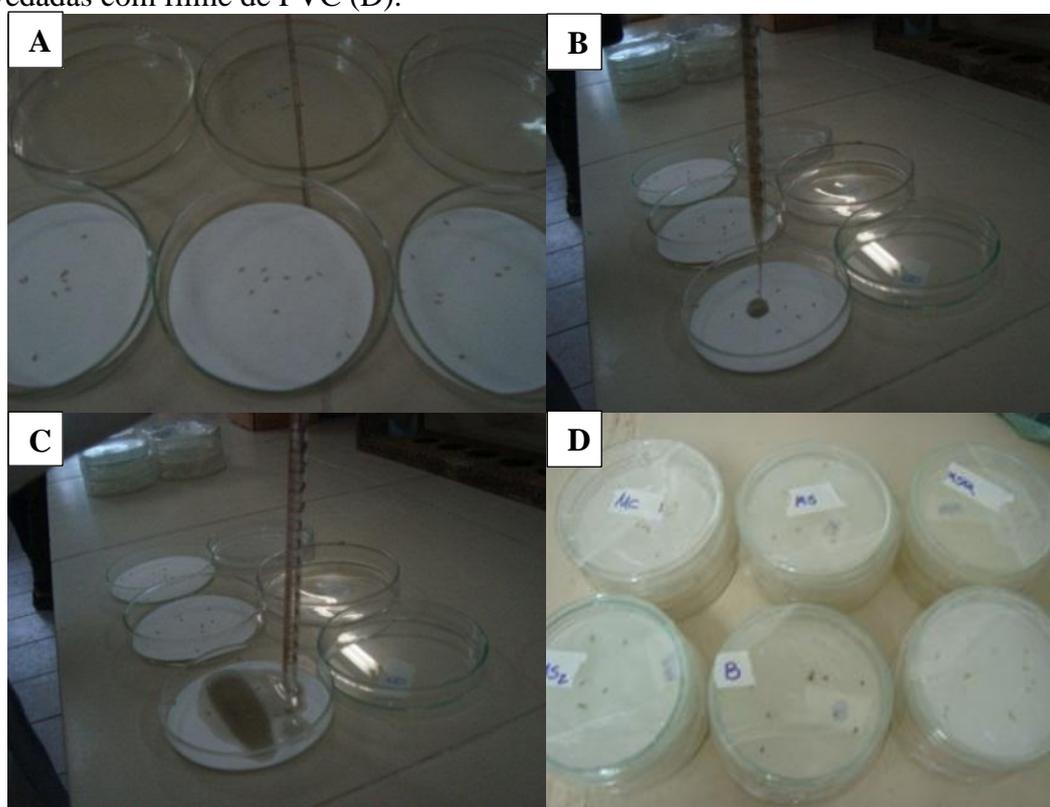
3.8 Bioensaios de toxicidade dos extratos de semente de *Moringa oleifera* e do lixiviado bruto (LB4) antes e após os ensaios com os extratos da *Moringa*

Essa etapa constituiu-se na preparação do material para o teste de toxicidade do lixiviado bruto antes e após tratamentos com os extratos de *Moringa oleifera*. Alface (*Lactuca sativa* L) foi escolhida porque está entre os organismos-Experimentomais utilizados para avaliar a fitotoxicidade de efluentes domésticos (ANDRADE *et al*, 2010). *Lactuca sativa* L. e espécie padrão recomendada para bioensaios pela U.S. Environmental Protection Agency, EPA (2014).

Para a realização dos testes de toxicidade foram utilizados lixiviado bruto antes e após tratamento com extrato de *Moringa*. Para cada solução submetida ao Experimento de toxicidade um disco de papel de filtro qualitativo foi colocado em uma placa de Petri com 9 cm de diâmetro (Figura 3.10 A), o qual foi embebido com 4 mL do lixiviado bruto e dos lixiviados com extrato de *Moringa* (Figura 3.10 B e 3.10 C) . Com o auxílio de uma pinça, dez sementes foram acomodadas sobre o papel de filtro, com espaço o

crescimento das radículas e das raízes (GARCIA, 2006; GARCIA *et al* 2009). As placas foram tampadas, (Figura 3.10 D) vedadas com filme de PVC para evitar a perda de umidade e incubadas durante 5 dias (120 h) dentro de uma caixa de isopor a 22 °C, sem luz (YERUSHALMI *et al* 2003). Ao final do período de exposição, quantificou-se o efeito na germinação e no crescimento das raízes. O comprimento da raiz foi medido com o auxílio de papel milimetrado. Para o teste-controle, sementes de Alface foram umedecidas apenas com água destilada. O ensaio foi realizado em triplicata.

Figura 3.10: Visão geral das etapas de desenvolvimento do bioensaio com semente de Alface no Experimento de toxicidade do lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de *Moringa* com e sem casca. Placa de Petri com sementes (A), adição dos lixiviados com e sem tratamento nas placas de Petri (B E C), as placas foram tampadas e vedadas com filme de PVC (D).



3.9 Experimento em modelos em Filtro em escala de bancada: Lixiviado bruto, *Moringa oleifera* Lam e quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench).

O experimento utilizando modelo de filtro em escala de bancada foi realizado no Laboratório de Química do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Federal de Pernambuco, para avaliar a eficiência da espécie *Moringa* e do Quiabo como

coagulante natural do lixiviado de aterro sanitário. O esquema do filtro está representado na Figura 3.11.

Sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa* e do Quiabo como coagulante/ floculante natural.

Os experimentos foram realizados em escala de bancada e compreendem duas etapas:

1 – estudo preliminar em testes de filtro de vidro de 3 litros utilizando extrato aquoso de *Moringa* e extrato aquoso de Quiabo, 2 – tratamento do lixiviado foi precedido de unidade de coagulação e floculação utilizando extrato da *Moringa*, extrato da *Moringa* em (solução mista) conjunto com o Quiabo. Para a montagem do sistema foram utilizadas, 5 filtros idênticos de 0,50m de altura e 0,35m de diâmetro, com capacidade de 3 L. Os filtros foram posicionados em um mesmo nível. O lixiviado bruto (LB4 = Lixiviado Bruto) foi colocado no Cone de Imhoff sendo adicionados os extratos e após o lixiviado ser tratado este era adicionado nos filtros para o processo de sedimentação seguido de filtração, com intervalos de 24h retirava-se 100 ml do LB4 e dos lixiviados tratados, para análises comparando com o bruto ficando o lodo na superfície do filtro.

Sistema Simplificado do Filtro Lento de Cascalhinho e Areia

Na Tabela 3.6 está apresentada a composição granulométrica do filtro em relação à espessura de cada camada do processo de filtração em areia e cascalhinho.

Tabela 3.6: Composição granulométrica do filtro em relação à espessura de cada camada

Composição granulométrica	Espessura (m)
Areia média (0,30 - 1,20 mm)	0,60
Cascalhinho (2,4 - 4,8 mm)	0,30
Espessura total (m)	0,90

A Figura 3.11 mostra a sequencia da montagem do sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa* e do quiabo como coagulante/ floculante natural.

Figura 3.11 – Visão geral da montagem do sistema simplificado de filtros



Etapa 1 – Montagem do sistema simplificado de filtros

Os filtros foram montados de uma mesma forma conduzidos em escala de bancada, para cada filtro foi adicionado 50 cm de algodão, o fundo do filtro foi preenchido com algodão para evitar que ocorresse entupimento da torneira. Nessa etapa os filtros foram divididos em cinco fases distintas. Na primeira fase, o primeiro filtro (LB4 sem adição de coagulante) serviu de Referência para posterior comparação com os testes acrescidos de coagulante. Do segundo ao quinto filtro foi acrescido ou adicionado o lixiviado bruto contendo o coagulante. E após 24h foram coletados para análises físico-químicas e microbiológicas.

Etapa 2 – Adição dos tratamentos no sistema simplificado de filtros

Nessa etapa foi feito o ensaio no Cone de Imhoff sem agitação para o processo de coagulação e floculação. Em cada cone, colocaram 2 litros de lixiviado sendo adicionado o extrato de Moringa bem como o extrato do Quiabo e na sequencia adicionados ao filtro. As dosagens foram pré-determinadas na diluição do extrato das sementes de *Moringa* e do Quiabo para tratamento do lixiviado conforme a Tabela 3.4. Para análise foi coletado 100 mL dos Cones de Imhoff.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão apresentados de forma a discutir em primeiro lugar a caracterização físico-química do lixiviado, da semente e do óleo de *Moringa oleifera* Lam, Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) utilizados, bem como os resultados das investigações dos experimentos em escala reduzida utilizando o tratamento. Em seguida, aborda-se a eficiência do biossurfactante e dos extratos provenientes de extração química e mecânica, preparados em óleo e aquoso com a semente da espécie florestal *Moringa* e do *Abelmoschus* como coadjuvante de coagulação, no tratamento de lixiviado de Aterro Sanitário em condições de laboratório. Finalmente, a avaliação do melhor tratamento para tratabilidade de lixiviado de aterros sanitários.

4.1 Caracterização físico-química do lixiviado

O resultado das características físicas e químicas das amostras do lixiviado de aterro sanitário utilizadas nos ensaios de tratabilidade com o óleo e o extrato da semente de *Moringa oleifera* Lam, Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) e biossurfactante são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 Características físicas e químicas das amostras do lixiviado utilizadas nos ensaios dos Experimentos e filtro simplificado.

Parâmetros		LB1	LB2	LB3	LB4	Padrões
		Experimento	Experimento	Experimento	Filtro	CONAMA
		1	2e 3	4		
cor	mgL ⁻¹	4000	5640	2610	1680	75
pH	-	8,2	8,2	8,2	8,2	5-9
Turbidez	NTU	186	182	360	208	100
Condutividade	µScm ⁻¹	20,82	11,30	11,84	9,43	
DQO	mgdeO ₂ /L	2729,2	4953,8	6430	18892	
DBO ₅	mgdeO ₂ /L	1036,2	44,1	1066	6270,6	60mg/L ⁻¹
Sólidos Totais	mg/L	-	8492,0	10721,7	7454,0	
Sólidos Voláteis	mg/L	-	988,0	2823,3	2102,0	
Sólidos Fixos	mg/L	-	7504,00	7898,3	5352,0	
Nitrogênio						
Amoniacal	mg/L	-	-	-	1249,5	
Metais (Fe)	mg/L	-	*8,82	*4,0	-	15

Janeiro de 2012 (amostra 1), e **Abril** (amostra 2), **Julho** (amostra 3) e **Agosto** (amostra 4) de 2015. ***Ferro** (Fe), **Zinco** (Zn) e **Chumbo** (Pb) foi feito apenas no **Experimento2** por apresentar valores abaixo da resolução do CONAMA357/05. O aterro CTR-Candeias recebe resíduos desde 2007.

A caracterização dos parâmetros como cor, pH, Turbidez, condutividade, DQO e DBO₅, entre outros, fornece informações dos principais poluentes do lixiviado de aterro sanitário. Esses resultados podem sugerir qual tratamento, seja biológico, físico-químico ou a combinação desses processos, poderá ser o mais eficiente (SILVA *et al*, 2007).

A cor do lixiviado se deve à presença dos sólidos dissolvidos; já a turbidez é associada aos sólidos suspensos. Os valores obtidos são característicos de lixiviados de aterros de resíduos sólidos urbanos (FAN *et al*, 2006; SANTANA-SILVA, 2008).

Os valores de pH estão condizente a aterros com idade mais avançada (SEGATTO e SILVA, 2000). A composição dos lixiviados de aterros resíduos sólidos urbanos pode variar consideravelmente de um local para outro, assim como em um mesmo local, entre uma e outra época do ano (período seco ou de chuva) (REINHART e GROSH, 1998 apud LINS, 2008). O valor da condutividade do lixiviado bruto encontrado na literatura é de 6,26 μScm^{-1} , segundo o IPT/CEMPRE (2000). Os resultados obtidos nas amostras de lixiviado para o Experimento não apresentaram alta condutividade. Segundo CETESB (2007), a condutividade elétrica representa a concentração de poluentes, sendo crítica em níveis superiores a 100 μScm^{-1} .

Os valores para DQO e DBO₅ são muito próximos dos resultados encontrados por Oliveira (2010) para o lixiviado do aterro CTR- Candeias da Muribeca. Portanto, a razão de DBO₅/DQO pode ser considerada como uma medida de biodegradabilidade da matéria orgânica e da maturidade tanto do lixiviado quanto do aterro, o qual diminui com o tempo (EL-FADEL *et al*, 2002; KARGI & PAMUKOGLU, 2003). Os resultados obtidos das análises dos sólidos totais estão dentro da faixa sugerida por Souto e Povinelli (2007) para Sólidos totais (3200 – 14400 mg/L) e Sólidos totais voláteis (630 – 20000 mg/L) e Sólidos totais fixos (2100 – 14500 mg/L). Quando se verifica um conteúdo de nitrogênio amoniacal muito elevado (ex: acima de 1.000 mg/L), do ponto de vista do tratamento biológico, a nitrificação pode ser inibida. Em virtude dessas condições, torna-se necessário reduzir a concentração de nitrogênio amoniacal, para valores mais aceitáveis, através de processos físico-químicos, antes da implementação de um tratamento biológico (IWAI, 2005). As concentrações do Ferro nos lixiviados são baixa, e estão de acordo com os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos na Resolução CONAMA N° 357/05.

A composição dos lixiviados de aterros resíduos sólidos urbanos pode variar consideravelmente de um local para outro, assim como em um mesmo local, entre uma

e outra época do ano (REINHART & GROSH, 1998). No entanto, nas amostras estudadas, verifica-se que a maioria dos parâmetros analisados não sofreu grandes variações ao longo dos meses, exceto a cor, DQO e DBO₅, no período chuvoso do mês de Julho/agosto. O parâmetro cor reduziu de 5.640 Hz para 1.680 Hz, e a DQO e DBO₅ aumentou consideravelmente.

4.2 Caracterização físico-química da semente e do óleo de *Moringa oleifera* Lam

As principais características físico-químicas da semente de *Moringa oleifera* Lam são apresentadas na Tabela 4.2. Notam-se os compostos mais abundantes são as proteínas e os lipídeos. A análise revelou um elevado teor de proteína, segundo Gidde *et al* (2012). A semente da *Moringa oleifera* é composta por carboidratos, lipídeos, e proteínas, sendo que estas últimas estão presentes em maior proporção, em torno de 40%. Estudo semelhante, favorecendo o emprego da torta resultante da extração aquosa como: fertilizantes, rações animais e fonte de produtos químicos para tratamento de água, o teor de fibras (18,84%) apresentou grande diferença, se comparado ao que Abdulkarim *et al* (2005), que obteve 4,5%. Essa variação observada na composição química das sementes, segundo Ayerza (2012), pode ocorrer devido à variedade da planta, as condições climáticas, tempo de maturação, época de colheita e o método de extração utilizado. A proteína das sementes de *Moringa* é o composto de maior importância no processo de clarificação encontrado em maior quantidade, aproximadamente 40%. A presença de uma proteína catiônica dimérica de alto peso molecular, que desestabiliza as partículas e através de um processo de neutralização e adsorção, floculam os colóides seguindo-se de sedimentação (NDABIGENGESERE *et al.*, 1995; PRITCHARD,2010).

Tabela 4.2 - Características físico-químicas das sementes de *Moringa oleifera* Lam de São Bento/PE e São Cristóvão/SE.

Análise	São Bento	São Cristóvão*
Umidade e substâncias voláteis (% m/m)	4,45	6,3
Cinzas (% m/m) ^a	3,33	3,14
Lipídeos (% m/m) ^a	39,85	36,15
Proteína bruta (% m/m) ^b	37,69	35,30
Carboidratos totais (% m/m) ^c	14,68	12,53

^aMédia ± desvio padrão. ^bProteína bruta = N(%) x 6,25. ^c Carboidratos totais obtidos por diferença. * dados do Professor Gabriel Francisco da Silva-UFS.

4.3 Caracterização do óleo extraído das sementes de *Moringa oleifera* Lam

Na extração do óleo da semente da *Moringa oleifera* Lam obteve-se um óleo claro e inodoro. As sementes de *Moringa* possuem teor lipídico entre 31- 47% (ANP, 2008), sendo 13% de ácidos graxos saturados (principalmente palmítico e behênico) e 82% de insaturados (essencialmente oléico) (FOIDL *et al* 2001; LALAS e TSAKINS, 2002). Resultado % do óleo, em cada 100g (402 sementes sem casca) de sementes de *Moringa* obteve-se 51% (18 ml; para se obter 1ml de óleo são necessários uma media de 22 sementes sem casca) de óleo, 44% de farelo, sendo os restantes 5% de perdas durante as operações. O teor de óleo obtido para as sementes de *Moringa* foi de 39 %, o que excede ao teor encontrado na literatura para outras oleaginosas como soja (18%) e algodão (15%). (BONATO *et al*, 2000).

Através da análise cromatográfica, foram identificados os seguintes ácidos graxos no óleo de *Moringa*, Palmítico (16:0), Palmitoleico (16:1) Esteárico (18:0), Oléico (18:1), (Tabela 4.3). Através da cromatografia gasosa constatou-se que o óleo de *Moringa* apresentou alta percentagem em ácidos graxos insaturados, com predominância do ácido oléico, conservando suas propriedades após a extração, sem ocorrência de oxidação significativa. O óleo da semente de *Moringa* contém em sua composição os seguintes ácidos graxos saturados: 7% de ácido palmítico, 2 % de palmitoléico, 4% de esteárico, e insaturado 78% de oléico, corroborando com os resultados de Christoff (2007).

Tabela 4.3 Composição dos ácidos graxos do Óleo da *Moringa oleifera* Lam extraído por prensa e hexano, por cromatografia gasosa

Ácido graxo	Composição (%)	
	Solvente	Prensa*
Palmítico (C 16:0)	7,0	6,0
Palmitoléico (C 16:1)	2,0	1,30
Esteárico (C 18:0)	4,0	3,40
Oléico (C 18:1)	78,00	78,77

*Dados do Professor Gabriel Francisco da Silva-UFS

Em virtude do óleo de *Moringa oleifera* apresentar um índice de iodo de 80,66 (Tabela 4.4) e uma predominância de ácidos graxos insaturados, sua constituição o torna capaz de sofrer polimerização. O elevado teor de ácido oleico, pela literatura, significa que esse óleo tem baixo teor de insaturação. Isso indica sua boa qualidade para sua

estabilidade oxidativa, facilitando o transporte e armazenamento (ANP, 2008). Observou-se que a composição do óleo da *Moringa* estudado apresenta uma composição dentro da faixa esperada para um óleo vegetal, se comparado com o Óleo de canola obtido de sementes de *Brassica campestris* L. e *Brassica napus* L. (canola) sua Composição de ácidos graxos como palmítico 2,5 - 6,5 C 16:1 palmitoléico < 0,6 C 18:0 esteárico 0,8 - 3,0 C 18:1 oléico 53,0 - 70,0 (ANVISA, 2015).

Na Tabela 4.4 são mostrados os resultados das análises físico-químicas feitas com o óleo da *Moringa oleifera* Lam proveniente da etapa de extração. O teor de óleo foi de 39% e o óleo bruto obtido apresentou viscosidade de 40,49 mm₂/s (40°C). O teor de óleo encontrado no resíduo da extração mecânica (Torta) é superior ao encontrado em outras sementes, como a soja, que contém um teor de óleo que pode variar entre 18 e 20% (BONATO *et al*, 2000).

Tabela 4.4 A análises físico-químicas feitas com o óleo da semente *Moringa oleifera* Lam proveniente da etapa de extração por prensa (mecânica) e por solvente (Soxhlet).

Análise	Unidade	Prensa	Soxhlet
Índice de acidez	mgKOH/kg	6,15	5,9
Índice de Iodo	g/100g	80,66	67,49
Teor de água	mg/kg	631,0	579,6
Viscosidade cinemática	mm ₂ /s	40,49	43,12
Índice de saponificação	mgKOH/kg	192,87	162,58

Dentro das análises de determinação das características físicas do óleo por prensa e por solvente apresentou: o Índice de Iodo obtido ficou próximo dos valores referentes ao trabalho de Santana *et al* (2010), que obteve 74,45 g/100g . O índice de iodo mede o grau de insaturações dos ácidos graxos (PEREIRA *et al* 2010). O Índice de acidez obtido assemelha-se ao encontrado por Santana *et al* (2010), que obteve 6,22 mgKOH/g de óleo. O índice de Acidez é importante na determinação do grau de deterioração do óleo. A água presente (0,58%) no óleo indica um resultado baixo, segundo Vasconcelos *et al* (2009), podendo identificar que o processo de extração utilizado foi eficiente conseguindo extrair quase que toda a água do óleo extraído. O índice de saponificação demonstra a presença de óleos e gorduras de alta proporção de ácidos graxos, de baixo peso molecular. O valor obtido de saponificação em prensa corrobora os resultados encontrados por Anwar (2003) com 186,67 mgKOH/kg. As variações dos valores obtidos na caracterização físico-química da semente e do óleo, podem ser atribuídas ao fato da composição química ser diretamente afetada pelas condições climáticas,

disponibilidade de nutrientes do solo, tempo de maturação da semente e o método de extração utilizado para obter o óleo.

4.4 Características físico-químicas da mucilagem do Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench).

Na Tabela 4.5 são mostrados os resultados das análises físico-químicas feitas da mucilagem do Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench).

Tabela 4.5 - Características físico-químicas da mucilagem do Quiabo -*Abelmoschus esculentus*

Análise	Valor obtido
Umidade e substâncias voláteis (% m/m)	90,6
Cinzas (% m/m)	0,8g
Lipídeos (% m/m)	0,3g
Proteína bruta (% m/m)	1,9g
Carboidratos totais (% m/m)	6,4g

Fonte: Silva *et al* 2005 e Dantas, 2015.

Com base nos resultados obtidos da caracterização do Quiabo - *Abelmoschus esculentus*, nota-se que os compostos mais abundantes são os carboidratos e uma elevada Umidade.

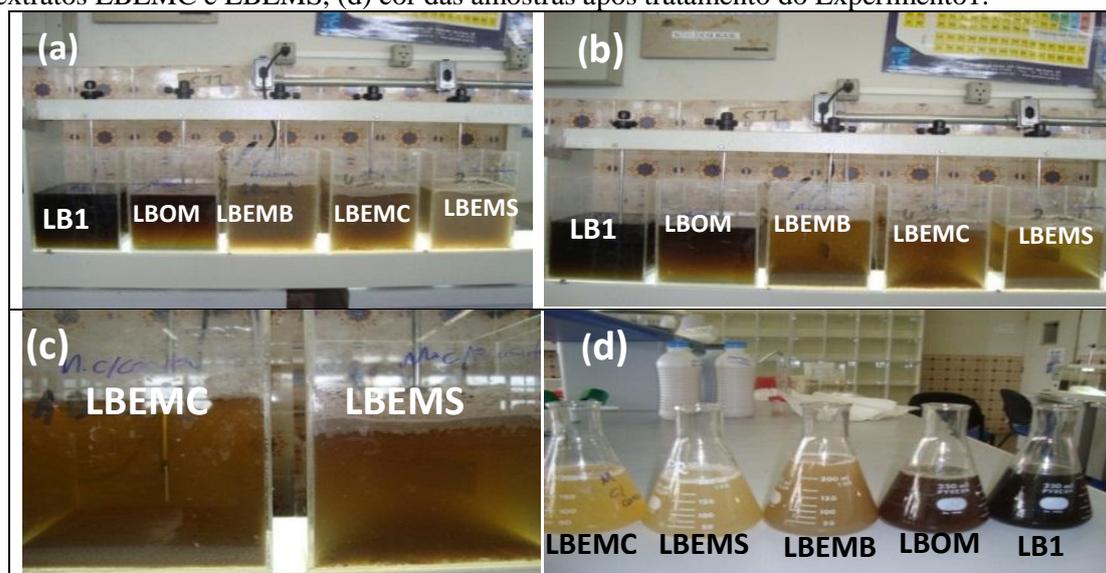
4.5 Eficiência de tratamento de lixiviado dos Experimentos 1 e 2

Uma alternativa para tratamento de efluentes é a utilização dos processos de coagulação/floculação, os quais são empregados para a remoção de compostos orgânicos não biodegradáveis encontrados no lixiviado de aterro sanitários. As sementes *Moringa oleifera* Lam estão sendo usadas como polímero natural. O objetivo foi avaliar em laboratório a eficiência do óleo e do extrato da semente da *Moringa* e biossurfactante no tratamento de lixiviado de aterro sanitário. Foram comparados extratos preparados com o óleo da semente (6 ml) e aquoso com casca e sem casca (37 g/L de pó de semente) e biossurfactante (0,6g), através dos ensaios Jartest. O tratamento com o óleo da semente de *Moringa* apresentou remoção da DBO₅ (65%), a mistura biossurfactante com extrato de *Moringa* reduziu à cor, mas aumentou turbidez, DQO e DBO₅ em relação ao lixiviado bruto (LB1); para coliformes o óleo da semente de *Moringa* removeu 98,82%. O extrato da semente de *Moringa* sem casca apresentou melhor eficiência para o pré-tratamento do lixiviado com remoção de Cor (90%) Turbidez (82%), metais Zn (45%) e Fe (90%) e a taxa de mortalidade de coliformes 99,8%, ocorreu aumento para DQO e DBO₅, sendo recomendada uma etapa de filtração após tratamento. A origem da semente de *Moringa* altera os resultados. Sementes de regiões salinas podem afeta a condutividade, DQO e DBO₅.

4.5.1 Tratamento do Lixiviado Em escala de Laboratório – Experimentos 1 e 2

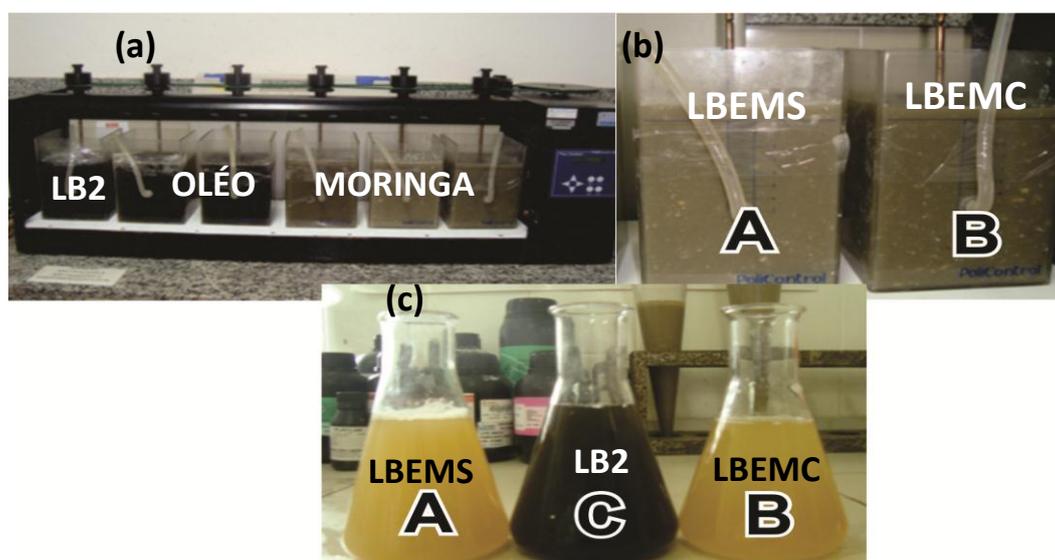
Na sequência de operações para realização dos ensaios de tratabilidade do lixiviado no Jar-test, conforme mostra as Figura 4.1 e 4.2, observa-se a mudança de cor, visualmente, para as dosagens compreendidas entre 37 g/L com e sem casca da semente de Moringa e 6g/L com 0,6g/L de biossurfactante.

Figura 4.1 Vista geral da Sequência de operações para realização dos ensaios de tratabilidade do lixiviado no Jar-test, (a) adição dos extratos nas quantidades pré-determinadas, (b) sedimentação do material floculado após repouso por 2 horas, (c) sedimentação do LB1 com os extratos LBEMC e LBEMS, (d) cor das amostras após tratamento do Experimento1.



LB 1 – Lixiviado bruto - **LBOM**- Lixiviado bruto + Óleo da semente de Moringa, **LBEMB** - Lixiviado bruto + Extrato de Moringa + Biossurfactante), **LBEMC** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, **LBEMS** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca.

Figura 4.2- Vista geral da sequência de operações para realização dos ensaios de tratabilidade do lixiviado no Jar-test, (a) adição dos extratos no LB2, (b) vista geral da coagulação do LB2 com os extratos LBEMS e LBEMC, (c) cor das amostras após tratamento do Experimento2.



LB2 – Lixiviado bruto - **LBEMS** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, **LBEMC** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, **LBOM**- Lixiviado Bruto + óleo da semente de Moringa.

Nos ensaios de tratabilidade avaliou-se a redução de turbidez, pH, odor, cor, DBO₅, DQO e condutividade para os diferentes tratamentos. As características das amostras do lixiviado após tratabilidade com óleo e extrato da semente de *Moringa oleifera* Lam, e biossurfactante nos Experimento1 e 2 estão apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 Características das amostras do lixiviado após tratabilidade do Experimento1 e 2

Parâmetros		Tratamentos						Padrões CONAMA
Experimento1		LB1	LBEMC 37g/L	LBEMS 37g/L	LBOM 6ml/L	LBEMB 0,6/ 6g/L		
cor	mgL ⁻¹	4000c	417ab	239a	758b	657,5b	75	
pH	-	8,1	8,1	7,9	8,2	7,8	5-9	
Turbidez	NTU	182a	246ab	77,2a	131ab	558,5b	100	
Condutividade	µScm ⁻¹	20,91a	10,13a	9,17a	11,02a	10,52a		
DQO	MgdeO ₂ /L	2729,2a	5120,8a	4609a	2759,4a	3714,2a		
DBO ₅	MgdeO ₂ /L	1036,2a	1340,3ab	1372,5ab	352,89ab	1911,4b	60mg/L ¹	
Experimento2		LB2	LBEMC 40g	LBEMS 40g	LBEMS 37,5g	LBOM 6ml	LBOM 9ml	
cor	mgL ⁻¹	5640c	417ab	320ab	160a	5510c	6840c	75
pH	-	8,2	8,0	8,1	8,1	8,30	8,1	5-9
Turbidez	NTU	182ab	192ab	143,4ab	72,4a	417c	463c	100
Condutividade	µScm ⁻¹	11,30a	11,8a	11,17a	11,17a	11,30a	11,40a	
DQO	MgLde O ₂ /L	4953,8	6891,4	5869	5741,3	5166,3	5616,3	
DQO (filtrada)	MgLde O ₂ /L	4691	6403,8	4678	4816	-	-	
DBO ₅	MgLde O ₂ /L	44,1	264	234,6	205,3	176,5	352,67	60mg/L ⁻¹
DBO ₅ (Filtrada)	MgLde O ₂ /L	-	88,2	88,2	88,0	-	-	60mg/L ⁻¹

*Os resultados referem-se às médias, dos ensaios realizados após tratabilidade. Médias unidades pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Experimentode Tukey ao nível de 5% de probabilidades. Os parâmetros pH e Condutividade não foram avaliados estatisticamente por não apresentarem variações em suas repetições. (LB1 e 2- Lixiviado bruto - , LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, LBOM- Lixiviado bruto + Óleo da semente de Moringa, LBEMB - Lixiviado bruto + Extrato de Moringa + Biossurfactante). O aterro CTR-Candeias recebe resíduos desde 2007.

As características das amostras do lixiviado do Experimento2 foram semelhantes às encontradas no Experimento1. Pode-se observar que as características do lixiviado variaram bastante nas duas coletas. Os valores do Experimento1 são consideravelmente menores que os encontrados na caracterização do Experimento 2, vale ressaltar que o lixiviado utilizado nesta pesquisa foi coletado em duas datas distintas (verão e inverno) e isso pode ter influenciado nos resultados.

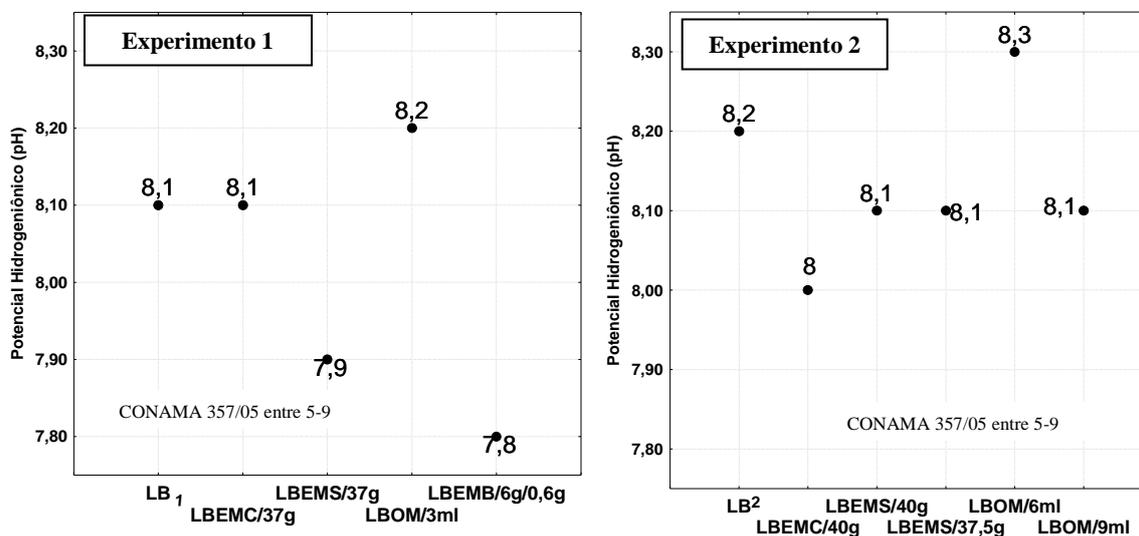
Resultados encontrados para os parâmetros analisados nos Experimentos 1 e 2.

a) Análise do Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os resultados referentes ao parâmetro pH são mostrados na Figura 4.3. Os resultados para o pH do Experimento 1 após tratamento com a *Moringa* não apresentaram alterações significativas. Inicialmente o pH do lixiviado bruto (LB1) é

alcalino (8,1); com os tratamentos, os valores de pH ficaram entre 7,8 e 8,2, também alcalinos.

Figura 4.3 - Variação do pH do lixiviado bruto e após tratamento com diferentes dosagens de óleo e extrato de sementes de *Moringa oleifera* e biossurfactante para Experimento 1 e 2



LB1 e 2 – Lixiviado bruto, LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, LBOM- Lixiviado bruto + Óleo da semente de Moringa, LBEMB - Lixiviado bruto + Extrato de Moringa + Biossurfactante).

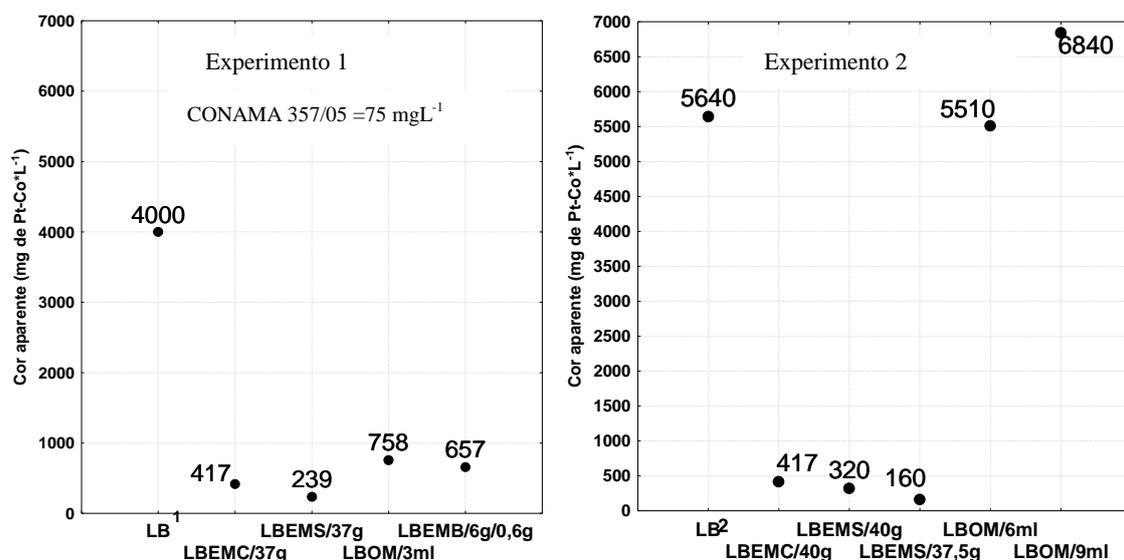
Os resultados para o pH do Experimento 2 após tratamento também não apresentaram alterações significativas, ficando compreendido entre 8,0 a 8,3. Oliveira (2010) encontrou resultados semelhantes em relação ao pH utilizando sementes de *Moringa* para tratabilidade de chorume. Segundo Ndabigengesere & Narasiah (1996), as sementes de *Moringa* são uma alternativa viável de agente coagulante em substituição aos sais de alumínio, que são utilizados no tratamento de água em todo o mundo. Comparada com o alumínio, as sementes de *Moringa* não alteraram significativamente o pH e a alcalinidade da água após o tratamento e não causam problemas de corrosão. Estes resultados corroboram com os encontrados por Bernardo (2009), que utilizou 600 g/L do extrato de sementes da *Moringa* no tratamento de efluente doméstico, não observando alterações significativas no pH. Braga (2009), também concluiu que a adição dos coagulantes da *Moringa* não alteraram significativamente os valores de pH em experimento conduzido em reator tipo UASB, para tratamento de esgoto doméstico.

b) Análise de Cor aparente

Os resultados referentes ao parâmetro Cor, mostrados na Figura 4.4 para o Experimento 1, apresentaram uma remoção significativa em todas as dosagens

estudadas, porém o melhor resultado obtido foi para dosagem de 37 g/L, com uma remoção em torno de 95,52 %, quando comparado com 4000 g/L de cor para o lixiviado sem adição de extrato de *Moringa oleifera*.

Figura 4.4 - Variação da cor do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de *Moringa oleifera* e biossurfactante para Experimento 1 e 2



LB¹ e 2 – Lixiviado bruto -, LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, LBOM- Lixiviado bruto + Óleo da semente de Moringa, LBEMB - Lixiviado bruto + Extrato de Moringa + Biossurfactante).

No Experimento 2, a cor apresentou remoção em todas as dosagens do extrato de *Moringa oleifera* embora o melhor resultado obtido tenha sido para as dosagens de 37,5 g/L, sem casca, com uma remoção em torno de 96 % comparando-se com o valor de 5640 g/L da amostra do lixiviado bruto. Já as dosagens com o óleo de Moringa (LBOM) sobem. A redução da cor não foi suficiente para atender a resolução do CONAMA357/05, que é de 75 mgL⁻¹.

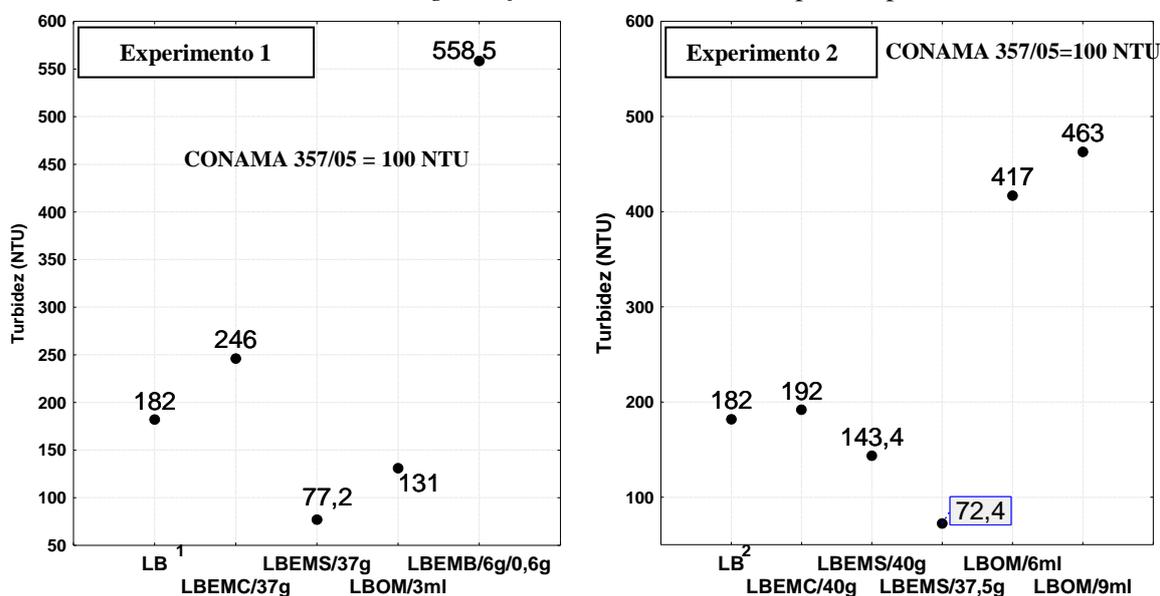
Bernardo (2009) verificou que a aplicação da dosagem de 600 g/L do extrato da *Moringa oleifera* proporcionou a redução da cor em porcentual igual a 57,50 %, quando comparada com o efluente bruto. Carvalho (2005), avaliando o uso do extrato de semente de Moringa na clarificação de águas turvas ricas em partículas de óxidos de ferro acumuladas em cava de Mineração, com uma dosagem de 1000 g/L de extrato, obteve 99 % de redução de cor. Oliveira (2010) avaliou o coagulante natural da semente de *Moringa*, a qual promoveu remoção do parâmetro cor no lixiviado de 96,65%.

c) Turbidez

Os resultados referentes ao parâmetro Turbidez são mostrados na Figura 4.5. A turbidez obtida no Experimento 1 evidenciou remoção apenas para as dosagens de extrato de sementes de *Moringa* e óleo de *Moringa* estudadas, se comparado com 182 g/L, valor este referente ao lixiviado sem adição do extrato de semente e óleo de *Moringa oleifera* Lam. Para as condições deste lixiviado, a dosagem melhor foi a de 37 g/L, com remoção de turbidez em torno de 82,19 %, atendendo a resolução do CONAMA 357/05.

No Experimento 2 ocorreu remoção para as dosagens 40g/L e 37,5g/L sem casca, porém a que se destacou, em remoção, foi novamente a de 37,5 g/L, que obteve uma média de 90,64 % se comparado com o valor inicial de 182 g/L, valor este referente ao lixiviado sem adição de extrato de *Moringa oleifera* Lam. As médias apresentadas na Figura 4.6 destacam a dosagem de 37,5 g/L como a que obteve melhor redução para turbidez utilizando o extrato aquoso da semente da *Moringa* atendendo a resolução do CONAMA 357/05 (Turbidez até 100 mg /L).

Figura 4.5 - Variação da turbidez do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de *Moringa oleifera* e o biossurfactante para Experimento 1 e 2



LB1 e 2 – Lixiviado bruto -, LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, LBOM- Lixiviado bruto + Óleo da semente de Moringa, LBEMB - Lixiviado bruto + Extrato de Moringa + Biossurfactante).

Bernardo (2009) verificou que a dosagem de 600g/L do extrato da Moringa reduziu a turbidez em 85,03 % quando comparada com o efluente bruto. Carvalho

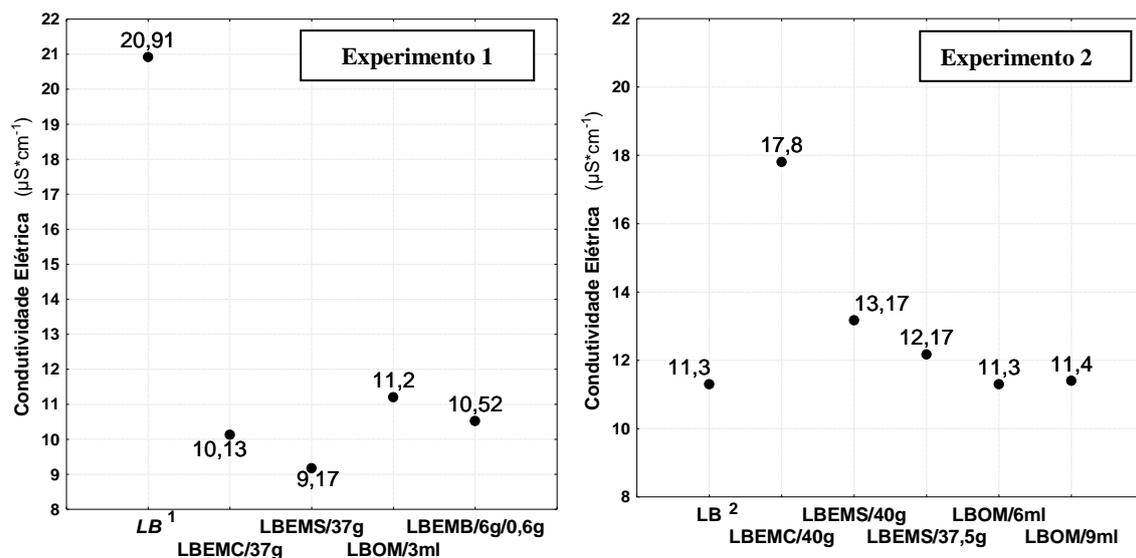
(2005), avaliando o uso do extrato de semente de *Moringa* em águas com partículas de óxidos de ferro, com uma dosagem de 1000 g/L de extrato, obteve 99 % de redução de turbidez.

Oliveira (2010) também obteve com coagulante natural da semente de *Moringa oleifera* Lam remoção da turbidez em torno de 82,19 %. Madrona (2010) destacou que o extrato aquoso das sementes de *Moringa* perde seu poder de coagular com o tempo, diminuindo a eficiência na remoção de cor e turbidez. Além disso, produtos naturais são normalmente afetados, como todos os materiais biológicos, à umidade e temperatura.

d) Condutividade Elétrica

Os resultados referentes ao parâmetro Condutividade são mostrados na Figura 4.6. O valor da condutividade do lixiviado bruto encontrado na literatura é de 6,26 μScm^{-1} , segundo o IPT/CEMPRE (2000). Os resultados foram satisfatórios, visto que o lixiviado apresentava alta condutividade, de acordo com a literatura, demonstrando que o processo de floculação foi eficiente em todos os tratamentos.

Figura 4.6 - Variação da condutividade do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de *Moringa oleifera* e biossurfactante para Experimento 1 e 2



LB1 e 2 – Lixiviado bruto - , LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, LBOM- Lixiviado bruto + Óleo da semente de Moringa, LBEMB - Lixiviado bruto + Extrato de Moringa + Biossurfactante).

Segundo a CETESB (2007), a condutividade elétrica representa a concentração de poluentes, sendo crítico em níveis superiores a $100 \mu\text{Scm}^{-1}$. O Experimento1 evidenciou remoção para todas as dosagens de extrato de óleo e sementes de *Moringa oleifera* Lam e biossurfactante com extrato de Moringa estudadas. Os resultados obtidos no Experimento2 apresentam aumento na condutividade utilizando o extrato da semente da *Moringa* se comparado com valor de inicial de $11,30 \mu\text{Scm}^{-1}$, valor este referente ao lixiviado sem adição de extrato de *Moringa*.

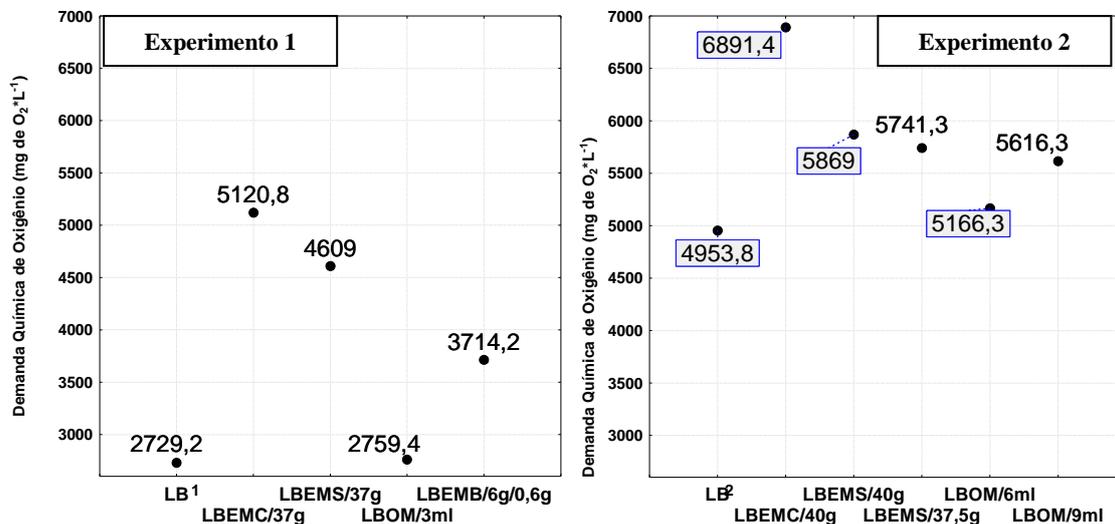
e) DQO – Demanda química de Oxigênio do lixiviado em função dos tratamentos de extrato de sementes e óleo de *Moringa oleifera* Lam e biossurfactante.

Os resultados referentes ao parâmetro DQO são mostrados na Figura 4.7. Para DQO do Experimento1, não houve remoção em nenhuma das dosagens testadas. O efeito do coagulante da semente da *Moringa oleifera* na DQO do lixiviado tratado mostra que a concentração de matéria orgânica aumentou. A DQO inicial sem o tratamento com a Moringa foi de 2729,2 mg/L, e com a adição do polímero catiônico, variando as dosagens a DQO, teve médias entre 2759,4 e 5120,8 mg/L, um aumento bastante significativo.

A DQO do Experimento2 não apresenta remoção com a adição das dosagens do extrato da Moringa, mostrando que a concentração de matéria orgânica pode influenciar no tratamento. A DQO inicial, sem o tratamento com a Moringa, foi de 4953,8 mg/L. Com a adição do polímero catiônico, a DQO teve médias entre 5166,3 e 6891,4 mg/L, não ocorrendo remoção. O tratamento com LBOM praticamente não modifica a DQO do lixiviado bruto.

Bernardo (2009) avaliou a influencia do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam, como coagulante natural de partículas suspensas, na estação de tratamento de efluentes do Curado – PE, concluindo que, apesar da aplicação do extrato ter sido positiva nos aspectos de redução do tempo de decantação e diminuição de cor, turbidez e NMP/100 mL, ocorreu um aumento na DBO₅ e DQO.

Figura 4.7 - Variação da DQO do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam, e o biossurfactante para Experimento1 e 2



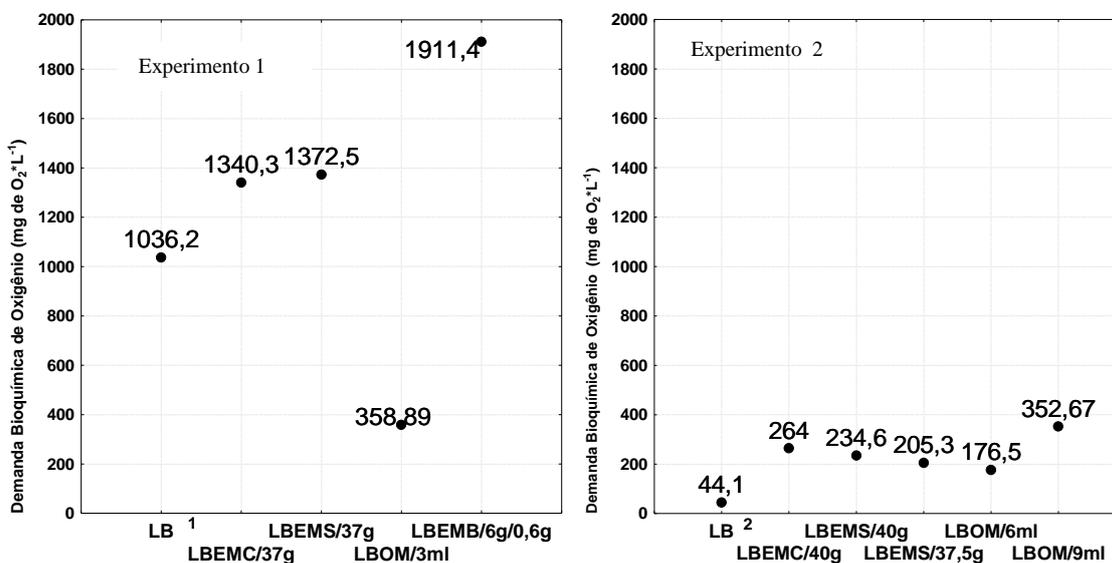
LB¹ e 2 – Lixiviado bruto - , LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, LBOM- Lixiviado bruto + Óleo da semente de Moringa, LBEMB - Lixiviado bruto + Extrato de Moringa + Biossurfactante).

f) **DBO₅** - Demanda Bioquímica de Oxigênio do lixiviado em função dos tratamentos do óleo e extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam.

Os resultados referentes ao parâmetro DBO₅ são mostrados na Figura 4.8. Para DBO₅ do Experimento1, não houve remoção destaca-se a dosagem de 3ml de óleo Moringa (LBOM) como a que obteve melhor redução na DBO₅, se comparado com valor de 1036,2 mg/L da amostra do lixiviado sem adição de *Moringa oleifera* Lam.

O resultado do Experimento 2 para DBO₅ não apresentou remoção. As médias apresentadas estão bastante alteradas para o parâmetro DBO₅. Na maioria das pesquisas esse fato está associado às substâncias dissolvidas no afluente, principalmente quando provenientes da matéria orgânica da semente (GHEBREMICHAEL, 2004). A relação DBO₅/DQO, também é influenciada pela idade do aterro, possibilitando a interpretação sobre a fase de degradação e a idade dos aterros. Percolados de aterros jovens contêm alta carga orgânica e valores altos de DQO, com biodegradabilidade média. Percolados de aterros estabilizados possuem baixa carga orgânica e DQO menores a 2000 mg/L, e biodegradabilidade muito fraca (FERNÁNDEZ-VIÑA,2000). Oliveira (2010) encontrou resultados semelhantes devido às sementes de moringa ser ricas em matéria orgânica, ocorrendo acréscimo da DQO e DBO₅.

Figura 4.8 - Variação da DBO_5 do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do óleo e extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam e o biossurfactante para Experimento 1 e 2.



LB1 e 2 – Lixiviado bruto - , **LBEMC** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, **LBEMS** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, **LBOM**- Lixiviado bruto + Óleo da semente de Moringa, **LBEMB** - Lixiviado bruto + Extrato de Moringa + Biossurfactante).

g) Resultados dos parâmetros no Experimento1

Todos os tratamentos promoveram a redução de Cor em relação ao lixiviado bruto. No caso da Turbidez, a redução só ocorreu no tratamento com óleo e extrato sem casca, sendo elevada nos tratamentos com casca e biossurfactante quando comparado com o lixiviado bruto. Já a DBO_5 só reduziu no tratamento com óleo por não ter adição de matéria orgânica e a DQO ficou próxima ao lixiviado bruto. Em contrapartida, verifica-se que a DQO aumentou em todos os outros tratamentos devido à adição de matéria orgânica.

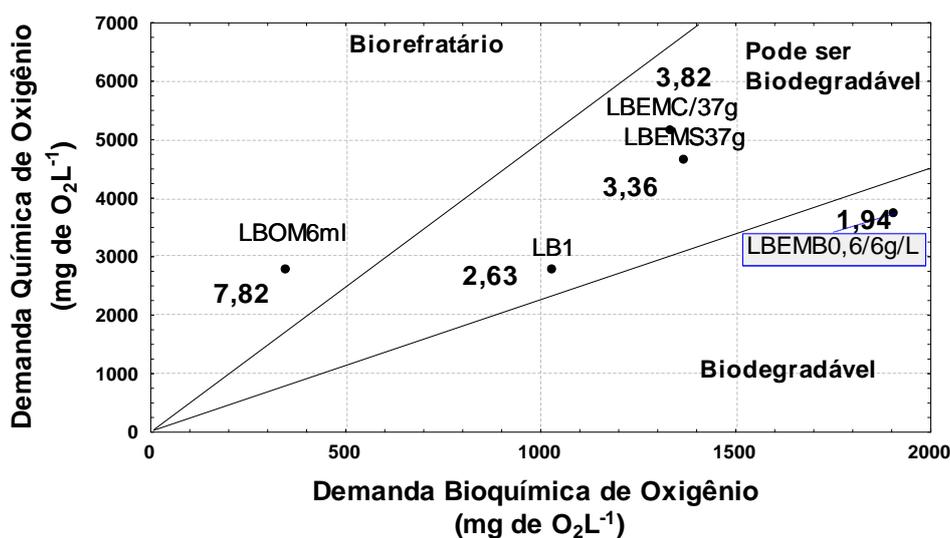
O Experimento1 apresentou redução de cor para todos os tratamentos (LBEMC 90%, LBEMS 94%, e LBEMS com 40 g 83%). No entanto, o extrato da semente de Moringa sem casca na dosagem de 37,5g foi mais eficiente na redução da turbidez (57,7%) e cor aparente (94%), apresentando os melhores resultados em relação à cor (160 mgL^{-1}) e turbidez (72,4 NTU). Os valores de pH praticamente não foram alterados. Ocorreu aumento da turbidez em todos os tratamentos, reduzindo apenas nos tratamentos LBEMS (57,7%). Para o parâmetro odor, as amostras analisadas não apresentaram cheiro de gás sulfídrico (H_2S). Após tratamento com a semente de

moringa, o resultado foi satisfatório em todas as amostras tratadas, ficando estas classificadas com Odor Não objetável.

As Características dos lixiviados (LB1) do pré-teste1 após tratamento com extrato de *Moringa* na dosagem de 37g/L com casca e sem casca indicam o melhor ou os melhores processo de pós-tratamentos por apresentar uma relação DQO/DBO de 3,38 e 3,36 pode ser biodegradável, (Figura 4.9) indicando um tratamento Biológico (aeróbio ou anaeróbio) e o tratamento com LBEMB na dosagem de 0,6/6g/L indicou ser biodegradável podendo ser utilizado o Físico-químico - $DBO_5/DQO < 0,1$. Ferreira (2003) descreve que a DBO/DQO entre 0,21 e 0,39, apresenta média biodegradabilidade indicando o tratamento biológico.

Segundo Von Sperling (2005), a relação DQO/DBO menor do que 2,5 indica que o efluente pode ser tratado por processos biológicos. Para Sant'Anna (2010), esta relação para efluente doméstico é de 1,5 a 1,9. Para Jardim e Canela (2004) $DQO/DBO < 2,5$ facilmente biodegradável e a o valor de $2,5 < DQO/DBO < 5$ e preciso cuidado na escolha do processo biológico/ $DQO/DBO > 5$ indica pouca chance de sucesso no tratamento fato ocorrido no tratamento LBOM na dosagem de 6 mL apresentou como biorefratário.

Figura 4.9 – Relação da DQO/DBO do lixiviado bruto1 antes e após tratamento com dosagens do extrato e óleo de sementes de *Moringa oleifera* Lam e biossurfactante.



LB1- Lixiviado bruto, LBOM = Lixiviado Bruto com óleo de moringa- LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMB = Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa+biossurfactante.

(Adaptado de JARDIM e CANELA, 2004).

Diante do exposto sobre o comportamento dos ensaios do Experimento2 apresentarem aumento para DQO e DBO₅ ao utilizar os tratamentos com a semente e devido a adição de matéria orgânica e que esse aumento se deva ao fato da concentração dos parâmetros com valores diferenciados, é necessário uma pré – filtração para redução da matéria orgânica e conseqüentemente da redução da DQO e DBO₅. Do mesmo modo, o alto percentual de sólidos e da condutividade podem estar relacionados às características físico químicas da semente de *Moringa oleifera*.

4.5.2 Tratamento do Lixiviado – Em escala de laboratório – Experimento3

Utilizando o lixiviado da segunda coleta (LB2) com extrato aquoso da semente de *Moringa oleifera* Lam com as dosagens de 40g/L e 37,5g/L com e sem casca foi inserido uma pré-filtração com papel de filtro apenas para DQO e DBO₅, como descrito no item 3.6.

A Tabela 4.7 apresenta os resultados das características das amostras do lixiviado antes e pós - tratamento do lixiviado do Experimento 2 e 3.

Tabela 4.7 Características das amostras do lixiviado antes e pós - tratamento do Experimento 2 e 3 e dos coagulantes de semente de *Moringa oleifera* com e sem casca

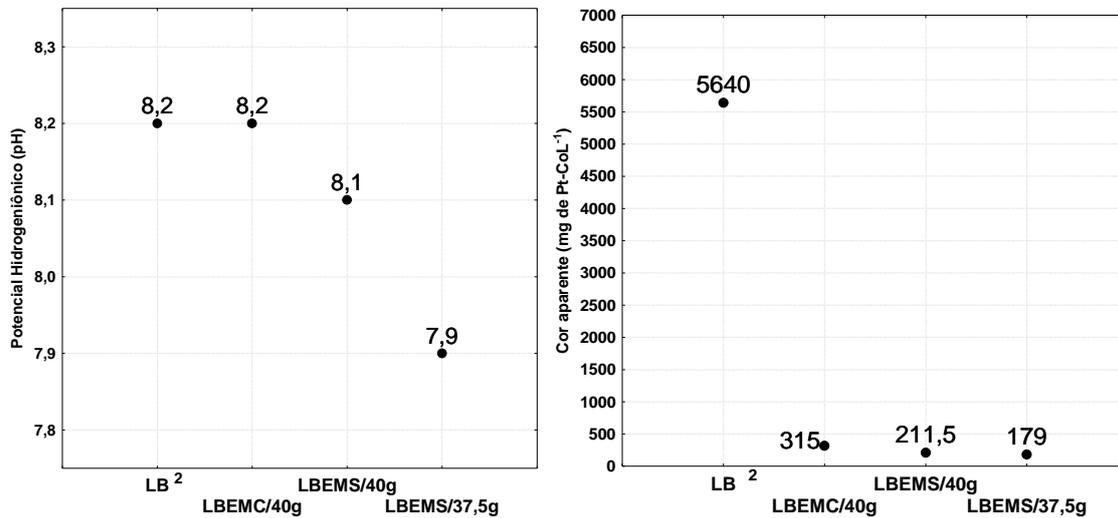
Parâmetros			Tratamentos				Padrões CONAMA		
			EXTMOS	EXTMOC	LB2	LBEMC 40g			LBEMS 40g
Pré- Exp erim ento 3	{	*Condutividade	4,82	4,74					
		cor	mgL ⁻¹		5640	315	211,5	179	75
		pH	-		8,2	8,2	8,1	7,9	5-9
		Turbidez	NTU		182	127	86,8	63,3	100
		°Condutividade	µScm ⁻¹	*3,13	*3,67	11,30	6,14	4,61	4,22
Pré- Exp erim ento 2	{	DQO	MgLde O ₂ /L		4953, 8	6891,4	5869	5741,3	
		DQO (filtrada)	MgLde O ₂ /L		4691	6403,8	4678	4816	
		DBO ₅	MgLde O ₂ /L		44,1	264	234,6	205,3	60
Pré- Exp erim ento 3	{	DBO₅ (Filtrada)	MgLde O ₂ /L		-	88,2	88,2	88,0	60
		DQO	MgLde O ₂ /L		4953	6628,8	5853,8	4291,3	
		DQO (filtrada)	MgLde O ₂ /L		4691	5241,3	4778,8	4166,3	
		DBO ₅	MgLde O ₂ /L		44,1	1974,7	4778,8	475	60
		DBO₅ (Filtrada)	MgLde O ₂ /L		-	1175,7	1271,7	382,7	60

Extrato de *Moringa oleifera* Lam sem casca (EXTMOS), extrato de *Moringa oleifera* Lam com casca (EXTMOC), *região salina – semente de São Bento do Uma/PE e região da zona da Mata em Sergipe/SE. LB2 – Lixiviado bruto, LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca.

Resultados encontrados para os parâmetros analisados nos Experimento 3.

a) Cor aparente e Potencial Hidrogeniônico (pH)

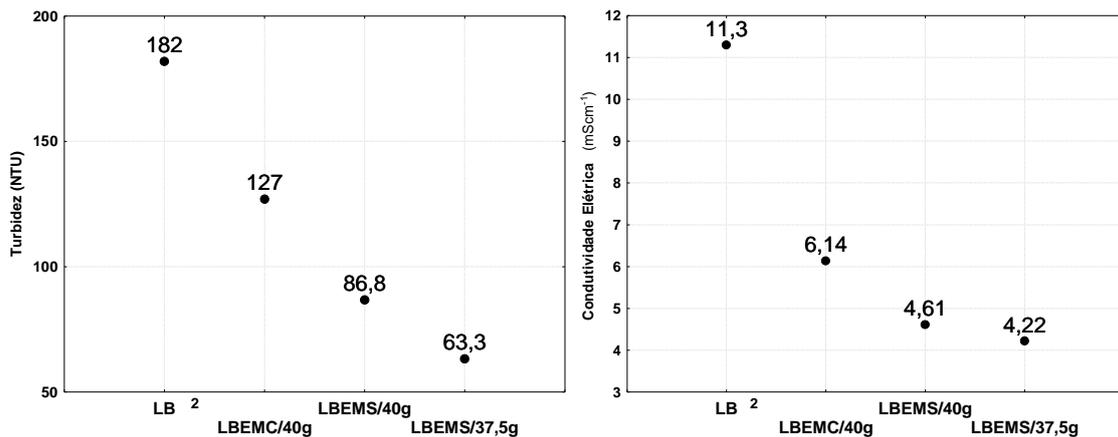
Figura 4.10. Resultados para Cor e pH do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam para Experimento3



LB² – Lixiviado bruto , LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca

b) Turbidez e condutividade elétrica

Figura 4.11 - Resultados para turbidez e condutividade do lixiviado bruto após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam para Experimento3



LB² – Lixiviado bruto - , LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca

Os resultados para cor foram satisfatórios em todas as dosagens utilizadas, sendo que a melhor eficiência de remoção foi obtida na concentração de 37,5g/L de extrato aquoso

da *Moringa oleifera* Lam em relação ao lixiviado sem tratamento, porém ainda superior a recomendação da resolução do CONAMA 357/05.

O pH do lixiviado tratado não sofreu alterações nas condições estudadas de concentração do coagulante da *Moringa*. Resultados semelhantes foram obtidos por Bhatia *et al* (2007) em sua pesquisa, verificando que a *Moringa* não afetou o pH.

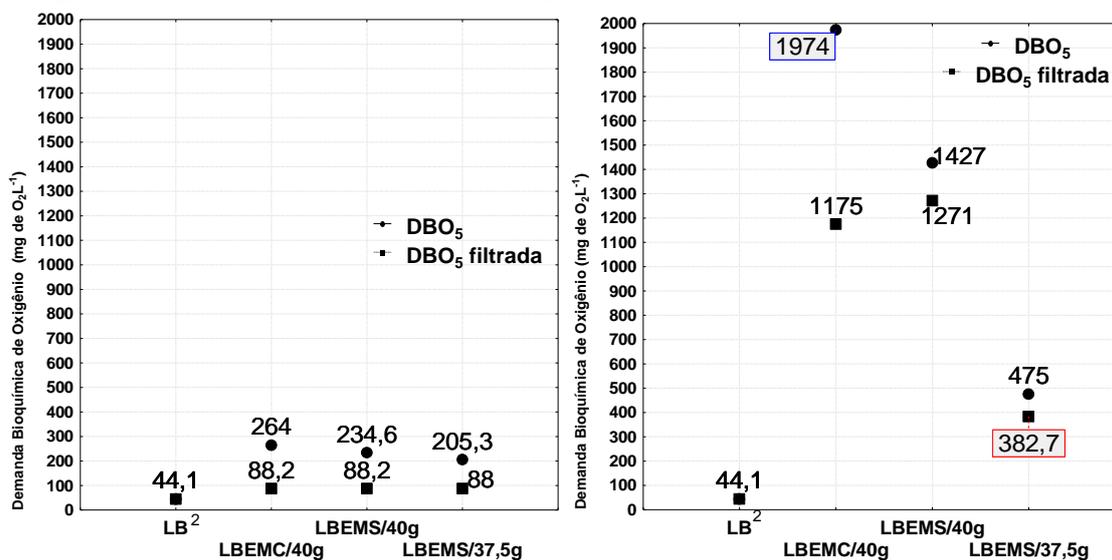
O comportamento da condutividade elétrica (Figura 4.11) indicou diferentes graus de estabilização da matéria orgânica, sendo mais pronunciada no Experimento3.

A taxa de remoção da turbidez das amostras de lixiviado variou em função da dosagem do extrato de *Moringa*, considerada significativa. Vale ressaltar que o lixiviado utilizado nesta pesquisa foi coletado em duas datas distintas e isso pode ter influenciado nos resultados. Segundo Vaz (2009), o processo de coagulação/floculação com posterior sedimentação propicia a remoção de cor e turbidez.

Resultados da pré – filtração (Figuras 4.12 e 4.13) do lixiviado para DBO₅ e DQO após tratamento com dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam.

c) Demanda bioquímica de oxigênio – DBO₅ em função dos tratamentos de extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam, após pré – filtração do lixiviado.

Figura 4.12 - Pré – filtração da DBO₅ do lixiviado após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam .



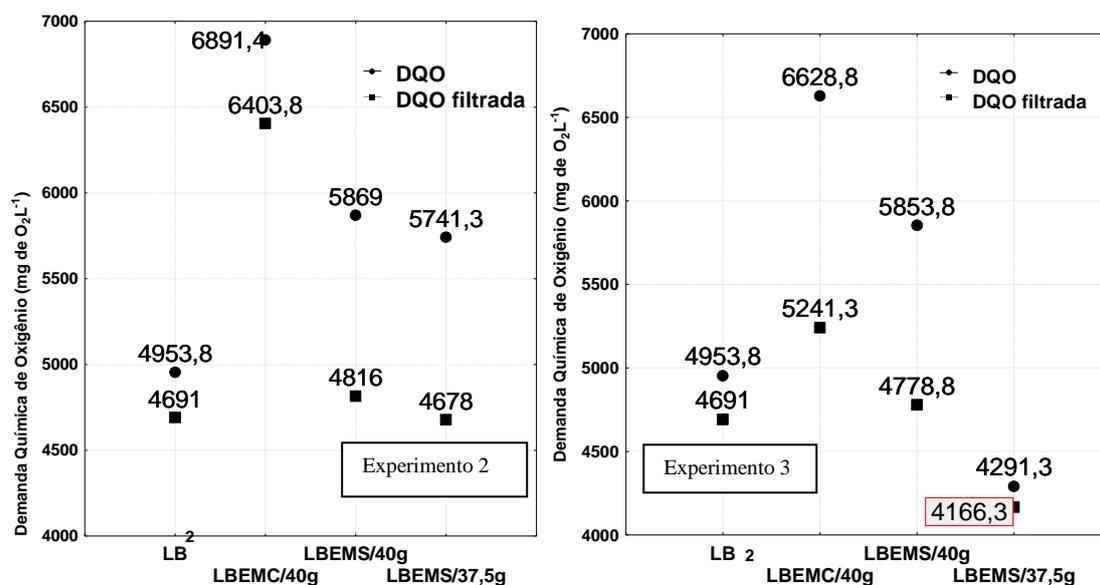
LB² – Lixiviado bruto - , LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de *Moringa* com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de *Moringa* sem casca

Os valores de DBO₅ aumentaram com a adição do agente coagulante ao invés de remover. O processo de filtração foi uma etapa subsequente, que teve por objetivo reduzir a matéria orgânica produzida pelo extrato da semente. Os resultados

demonstraram uma remoção bastante significativa. A relação DBO/DQO também é influenciada pela idade do aterro, possibilitando a interpretação sobre a fase de degradação e a idade dos aterros. Percolados de aterros jovens contêm alta carga orgânica e valores altos de DQO, com biodegradabilidade média. Percolados de aterros estabilizados possuem baixa carga orgânica e DQO menores a 2000 mg/L, biodegradabilidade muito fraca (FERNÁNDEZ-VIÑA, 2000). Após filtração, as amostras apresentaram melhora significativa na DBO₅.

d) DQO - Demanda química de Oxigênio do lixiviado em função dos tratamentos de extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam, pré - filtração (Figura 4.13) do lixiviado após tratamento com dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam.

Figura 4.13 – Pré - filtração da DQO do lixiviado após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam.



LB2 – Lixiviado bruto - , LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca

Para os resultados da pré-filtração para o parâmetro DQO/DBO₅, é possível verificar uma remoção de 5% e 10%, demonstrando que houve uma redução considerável, especialmente quando comparado ao tratamento sem filtração; entretanto, segundo o CONAMA 357/05, que limita a DBO₅ em 60 mg/L⁻¹ como padrão de lançamento de efluentes tratados em corpo receptor, o tratamento natural ocasionado pelo extrato da semente da *Moringa* não foi satisfatório no atendimento a este parâmetro do Lixiviado.

4.5.3 Comportamento da DQO e DBO₅ no Experimentos 2 e 3

O comportamento da DQO e DBO₅ indicou os diferentes graus de estabilização da matéria orgânica. A razão DBO/DQO reflete o grau de degradação dos lixiviados no aterro sanitário. Segundo a CETESB (2006), valores muito elevados da relação DQO/DBO indicam grandes possibilidades de insucesso na escolha do tratamento. Uma vez que a fração biodegradável se torna pequena, o tratamento biológico é prejudicado pelo efeito tóxico sobre os micro-organismos exercido pela fração não biodegradável. Pelo fato de a DBO₅ somente medir a quantidade de oxigênio consumido num Experimento padronizado, não indica a presença de matéria não biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana. Segundo Jardim e Canela (2004), efluentes com relação DQO/DBO menores que 2,5 são facilmente degradados biologicamente. Valores entre 2,5 e 5,0 são pouco biodegradáveis e para valores acima de 5 os processos biológicos têm poucas chances de sucesso. Segundo Morais (2005) o valor de 0,1 para razão DBO/DQO apresenta substâncias orgânicas que possuem dificuldades para continuar sua degradação. Uma razão DBO/DQO igual a 0,3 é considerada um tratamento biológico.

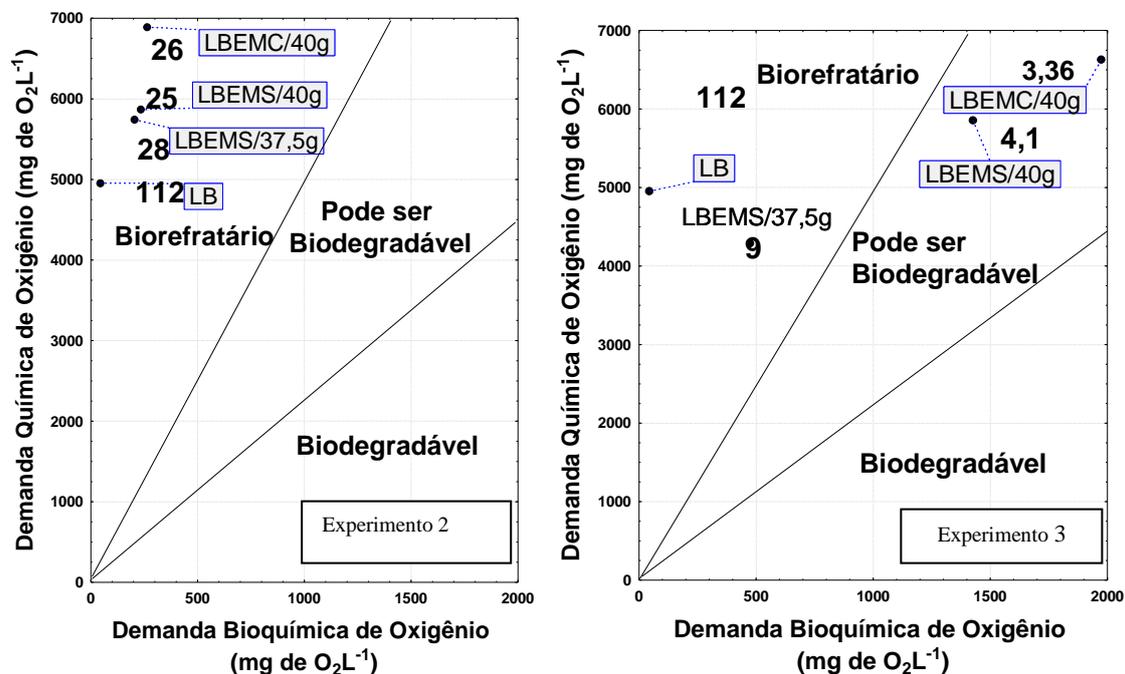
Na remoção de DBO₅ foram obtidos resultados negativos após tratamento com os extratos de *Moringa oleifera* Lam, ou seja, a demanda bioquímica de oxigênio aumentou após o tratamento. A partir desses resultados pode-se deduzir que ocorreu quebra de parte das substâncias não biodegradáveis em substâncias biodegradáveis. Em outras palavras, parte das substâncias que dificilmente seriam degradadas por micro-organismos, após o tratamento passam a ser facilmente oxidadas biologicamente. Os micro-organismos desempenham um importante papel no tratamento dos compostos orgânicos biodegradáveis, sendo transformados em produtos finais estáveis ou mineralizados.

Lo Monaco *et al* (2014) avaliou o fato dos valores de DBO₅ e DQO efluente serem maiores que o afluente, evidenciou que o esgoto sanitário em percolação foi capaz de solubilizar e transportar grande quantidade de sólidos e solutos que podem ser oxidados por micro-organismos, no caso da DBO₅, e pelo dicromato de potássio, forte agente oxidante, no caso da DQO. Matos *et al* (2007) observaram que o efeito da concentração de coagulantes com a presença dos sais (NaCl e KCl) em solução diminuiu o efeito coagulante das sementes de *Moringa oleifera* Lam. Zaidan (2010) avaliou a produção

de biodiesel a partir da mamona e pinhão manso fertirrigados com efluentes sanitários o qual obteve maior concentração de sólidos suspensos totais, fixos, voláteis, DBO₅ e DQO utilizando o solo do município de Pesqueira e Ibimirim-Pe. O solo salino sódico apresenta, normalmente, reação alcalina, com valores de pH superiores a 8,5, elevada concentração de cátions de sódio e alta presença de sais solúveis. Carvalho (2005) obteve aumento da condutividade ao usar extrato de Moringa + cloreto de sódio.

As Características dos lixiviados (LB2) do Experimento2 após tratamento com extrato de *Moringa oleifera* Lam na dosagem de 37,5 g/L com casca e sem casca apresentou-se como biorefratário (Figura 4.14) indicando uma relação DQO/DBO > 5, indicando pouca chance de sucesso no tratamento. Este fato ocorrido no tratamento pode estar relacionado às características físico químicas da semente de *Moringa oleifera*, que apresentou condutividade do extrato da semente com casca (474 µS/cm) e sem casca (482 µS/cm). A origem da semente de *Moringa* pode alterar os resultados. As sementes foram de regiões salina e pode ter alterado a condutividade e consequentemente a DQO e DBO₅, dificultando o tratamento ou remoção da DBO₅

Figura 4.14 Relação da DQO/DBO do lixiviado bruto 2 nos Experimento 2 e 3 antes e após tratamento com dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam.



LB 2- Lixiviado bruto - LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca

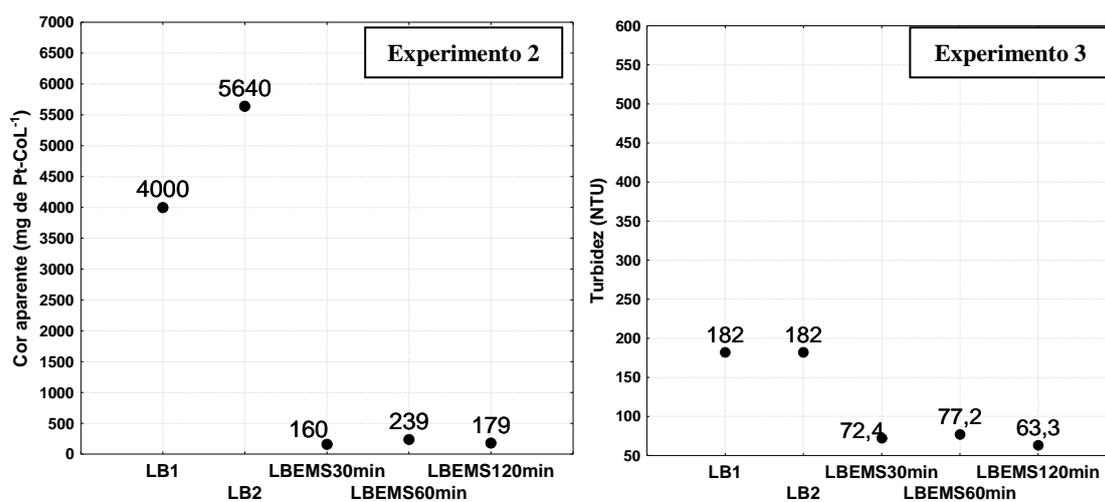
Adaptado de JARDIM e CANELA, 2004.

As Características dos lixiviados (LB2) do Experimento 3 após tratamento com extrato de *Moringa oleifera* Lam na dosagem de 37,5 g/L com casca e sem casca apresentou-se como podendo ser biodegradável (Figura 4.14) indicando uma relação DQO/DBO < 2,5 _facilmente biodegradável. O extrato utilizado da semente de *Moringa* não foi de origem salina, apresentou condutividade com casca (367 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e sem casca (3,13 $\mu\text{S}/\text{cm}$) apresentou valores mais baixos em relação aos valores da condutividade dos extratos do Experimento2, não alterou os resultados da DQO e DBO₅.

a) Influência do tempo de decantação para Cor aparente e Turbidez

O tempo de decantação influenciou na remoção da turbidez e da cor. As reduções são observadas quando o tempo de decantação é maior, a cor e a turbidez diminuem consideravelmente, chegando a maior remoção (90%) no tempo máximo estudado, (120 min), com a dosagem de 37,5g/L das sementes sem casca (Figura 4,15). Cardoso *et al* (2008), estudando a otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa*, encontrou o tempo de 90 min como o ideal obtendo uma redução de 95,6%. Vaz *et al* (2010) com extrato de *Moringa* obteve remoção de cor (90%) e turbidez (92%) em efluente de galvanoplastia com 20 min de decantação.

Figura 4.15 - Tempo de decantação para Cor e Turbidez do lixiviado após tratamento com a dosagem de 37,5g/L do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam.



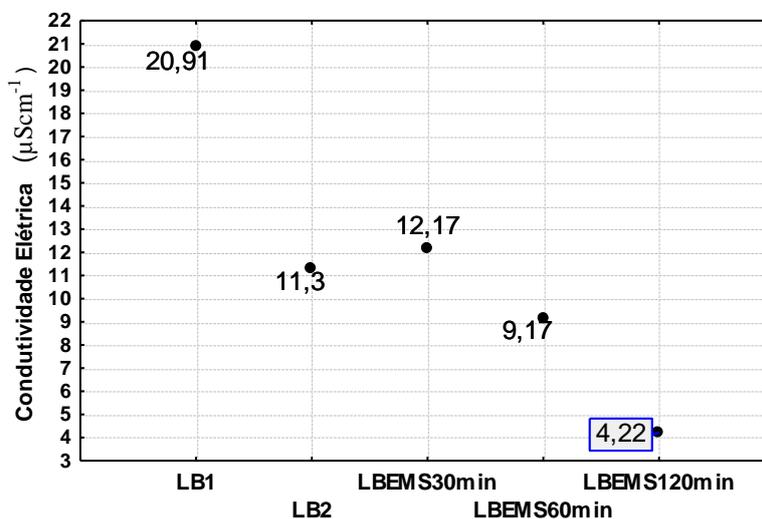
LB 1 e 2 – Lixiviado bruto - , LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de *Moringa* com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de *Moringa* sem casca

b) Tempo de Decantação da condutividade elétrica

Na Figura 4,16 apresentam-se os resultados da condutividade elétrica, onde é possível constatar que a mesma diminuiu ao longo do tempo de decantação, sugerindo que pode ter ocorrido a remoção de outros íons presentes no Lixiviado (LB1). Estes resultados demonstram que o tratamento com a Moringa em 60 e 120 min, embora tenha reduzido a condutividade, não promoveu redução para a determinação de DBO₅ e DQO.

De um modo geral, as condutividades estimadas com base nas concentrações médias de sólidos totais dissolvidos foram maiores no experimento LB2, caracterizado pelas maiores cargas orgânicas. Essa superioridade foi da ordem de 20% para todas as amostras e, no Experimento3, diminuiu progressivamente. No experimento LB1, caracterizado por parâmetros operacionais mais favoráveis à mineralização da matéria orgânica, diminuiu gradualmente, indicando uma forte tendência de ter transcorrido o tempo de detenção de 120 min.

Figura 4.16- Tempo de decantação para condutividade elétrica do lixiviado após tratamento com a dosagem de 37,5 g/L do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam.



LB1 e 2 – Lixiviado bruto -, LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca

Análises de Coliformes Totais e fecais

As análises microbiológicas realizadas após cada ensaio apresentaram resultados bastante satisfatórios (Tabela 4.8 e Figura 4.17). Quanto à morte de coliformes totais, houve diferença relevante em todas as amostras, bem como para a morte de coliformes

fecais, que mostrou uma grande redução com a adição dos coagulantes (óleo de Moringa e Extrato de Moringa com e sem casca), quando comparada com o lixiviado bruto (LB2)). Os resultados estão de acordo com a Classificação CONAMA 357/05.

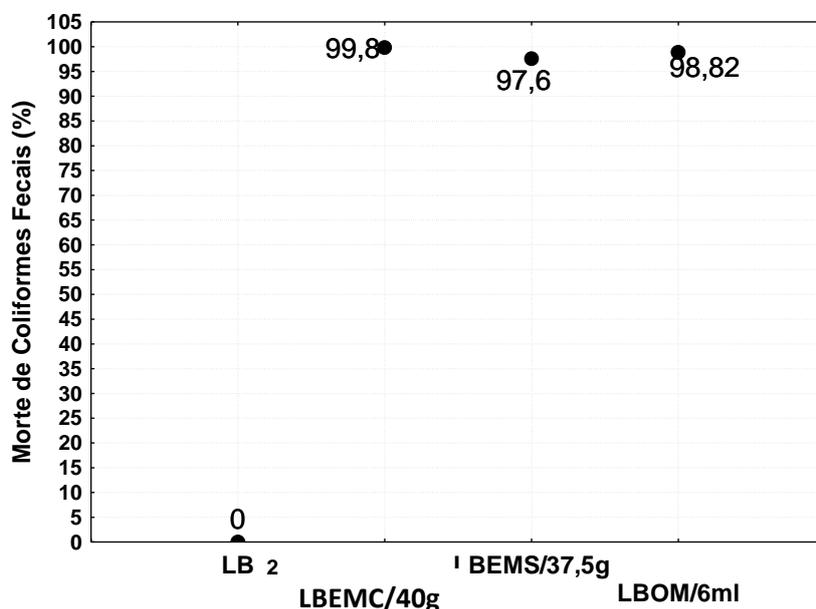
Tabela 4.8 - Resultados das análises laboratoriais do afluente tratado com extrato de *Moringa oleifera* Lam para efeitos microbiológico de Coliformes totais (A) e Coliformes fecais (B).

Dosagens do extrato	Coliformes Totais (A) (NMP/100 ml)	Coliformes Fecais (B) (NMP/100 ml)	Características
LB2	$2,2 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$	Pútrido/marrom /pH 8,0
LBOM6,0m/L	$8,4 \times 10^3$	$2,6 \times 10^3$	Pútrido /marrom /pH 9,0
LBEMS37,50g/L	$5,4 \times 10^3$	$5,4 \times 10^3$	Levemente pútrido/amarelada /pH 8,0
LBEMC40,00g/L	$4,9 \times 10^2$	$4,9 \times 10^2$	Levemente pútrido/ amarelada/pH 8,0

LB 2- Lixiviado bruto - ,LBOM = Lixiviado Bruto com óleo de moringa- LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca, LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca

a) Coliformes Totais e fecais

Figura 4.17 Percentual da morte de coliformes totais e fecais no lixiviado após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam.



LB 2- Lixiviado bruto - , LBEMC - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, LBEMS - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca- LBOM = Lixiviado Bruto com óleo de moringa

Os coliformes termotolerantes (fecais) e totais foram eliminados em todas as dosagens empregados na tratabilidade do Afluente. Na maioria dos testes, os coliformes foram mortos em 97 %, ocorrendo mudança de cor e odor apenas nos tratamentos com

extrato aquoso da semente de *Moringa oleifera* Lam diferentemente do extrato com óleo da Moringa (dosagem 6 ml). O extrato de LBEMC alcançou remoções para atender a Classificação do CONAMA 357/05.

De acordo com Kalogo *et al* (2001), extratos de Moringa diminuem o barro e bactérias contidas em água não tratada. O efeito do tratamento biológico da Moringa se deve a dois fatores: primeiro, uma grande parte dos micro-organismos fisicamente ligados às partículas em suspensão na água são eliminados junto com o lodo retido. A eliminação dos microorganismos se dá por arraste mecânico dos patógenos em solução pelos agregados de partículas que sedimentam, e pelo efeito bactericida de um agente ativo antimicrobiano, 4α Lramnosloxi- benzil isotiocianato (Muyibi & Evison, 1995).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), os Coliformes Totais e Termotolerantes atuam como indicadores de lançamentos orgânicos, sendo expresso em densidade, como o "número mais provável (NMP) em cada 100 ml". As características do grupo coliforme incluem os bacilos aeróbios, anaeróbios ou facultativos, gram negativos, não esporulados. Eles apontam a presença de poluição fecal, enquadrando-se como risco em águas dos agentes biológicos, (bactérias, vírus, protozoários e vermes).

A Tabela 4.9 apresenta o número máximo de bactéria do grupo coliforme que pode ser lançado no corpo receptor, de acordo com a Classificação Estadual, conforme Lei nº 8361 de 26 de Janeiro de 1980, regulamentada pelo Decreto nº 7.269 de 05 de janeiro de 1981, bem como o número máximo de bactérias coliformes termotolerantes que é permitido no corpo receptor, segundo a resolução do CONAMA 357/05(2005).

Tabela 4.9 - Número máximo de bactéria do grupo coliforme termotolerantes permitido para lançamento nos rios.

Classificação do rio	Número máximo de Coliformes Termotolerantes permitido no corpo receptor NMP/100 ml	
	Lei Estadual nº 8.361/1981	Resolução CONAMA 357/05
1	1×10^4	2×10^2
2	1×10^5	1×10^3
3	1×10^6	$4,0 \times 10^3$

Na Tabela 4.10 são apresentados os resultados do Experimento 2 e 3 dos sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e sólidos fixos (SF) para o lixiviado bruto e para as diferentes dosagens do extrato da *Moringa oleifera* Lam usados no tratamento do lixiviado do Aterro CTR-CANDEIAS.

b) Sólidos Suspensos, Voláteis e Fixos

Tabela 4.10 Experimento2 e 3 dos sólidos totais(ST), sólidos voláteis(SV), sólidos fixos (SF) para o lixiviado bruto e para as diferentes dosagens do extrato da *Moringa oleifera* Lam usada no tratamento do lixiviado do Aterro CTR-CANDEIAS.

Dosagem Experimento2	ST mg/L	S V mg/L	S F mg/L
LB2	8492,0	988,0	7504,00
37,50m/Ls	8693,0	3850,0	5443,00
40,00g/Ls	8913,0	2098,5	6814,50
40,00g/Lc	172550	2589,0	14666,00
Experimento3			
LB2	8492,0	988,0	7504,00
37,50m/Ls	2777,5	706,0	2071,5
40,00g/Ls	3655,0	1267,0	2388,0
40,00g/Lc	4983,5	1787,5	3196,00

(Ls – sem casca e /Lc- com casca) **LB2** – Lixiviado bruto - , **LBEMC** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, **LBEMS** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca. Sólidos totais (ST); sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF).

Os resultados apresentaram aumento para os sólidos totais e voláteis. Para os sólidos fixos houve redução nos tratamentos de 37,50g/L sem casca e para a de 40,00g/L sem casca. Este aumento dos sólidos totais (ST) e voláteis (SV) pode ter ocorrido por conta da presença da matéria orgânica da semente, indicando a presença de elevada matéria orgânica a ser degradada.

Os resultados obtidos das análises dos sólidos totais estão dentro da faixa (Sólidos totais 3200 – 14400 (mg/L) e Sólidos totais voláteis 630 - 20000(mg/L) e Sólidos totais fixos 2100 – 14500 (mg/L)) sugerida por Souto e Povinelli (2007). Segundo Iwai (2005) os lixiviados apresentam, elevados conteúdo de sólidos totais dissolvidos (cloretos, sulfatos, sódio). O aumento e diminuição dos sólidos em relação à composição da *Moringa oleifera* é um dos aspectos negativos da utilização de polímeros orgânicos. Segundo Mallevalle (1984), a adição de coagulantes orgânicos gera produtos finais indesejáveis devido à incorporação do material orgânico adicional da semente de Moringa, havendo um aumento da carga orgânica, o que pode explicar o aumento causado aos sólidos voláteis. Oliveira (2010) obteve resultados semelhantes aos parâmetros desta pesquisa.

Na Tabela 4.11 Experimento 2 e 3 para os sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF), para o lixiviado bruto e para as diferentes dosagens do extrato da *Moringa oleifera* usada no tratamento do lixiviado.

Tabela 4.11 Experimento 2 e 3 dos os sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF) para o lixiviado bruto e para as diferentes dosagens do extrato da *Moringa oleifera* Lam usada no tratamento do lixiviado.

Dosagem	SST	SS V	SS F
Experimento2	mg/L	mg/L	mg/L
LB2	190,0	153,30	36,67
37,50g/Ls	260,0	104,0	156,0
40,00g/L/s	333,3	186,7	146,7
40,00g/L/c	740,00	683,30	56,67
Experimento3			
LB2	190,0	153,30	36,67
37,50g/Ls	196	110	86
40,00g/L/s	270	260	10
40,00g/L/c	116	102	14,0

(Ls – sem casca e /Lc- com casca) **LB2** – Lixiviado bruto - , **LBEMC** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, **LBEMS** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca. sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF)

A concentração de SST no lixiviado, após o processo de coagulação com o extrato da *Moringa* aumentou no Experimento2 e reduziu apenas na dosagem de 40g/L, no Experimento3, indicando geração de lodo após a etapa de tratamento.

Na avaliação dos valores de sólidos suspensos totais (SST) o Experimento2 apresenta grandes concentrações em relação ao Experimento3. Já os valores de SST foram reduzidos para concentrações com o coagulante da *Moringa* na dosagem de 37,5g/L. Os valores de sólidos suspensos totais (SST) no Experimento2 encontrados neste estudo foram superiores aos que Oliveira (2010) encontrou, e pode ser explicado pelo tipo de tratabilidade utilizado com sementes no qual ocorre aumento de material orgânico, elevando o volume de matéria orgânica já existente no lixiviado

Já para os SSV ocorreu redução nas dosagens de 37,5 e 40g/L sem casca , elevando sólidos suspensos voláteis na dosagem de 40g/L com casca no Experimento2 e no Experimento3 também reduziu o SSV nas dosagem de 37,5 e 40g/L com sem casca. Com base nestes resultados, diferentemente do esperado, pode-se inferir que mesmo após o tratamento ainda persistem substâncias de natureza orgânica com incorporação do material orgânico adicional. As concentrações dos sólidos foram elevadas após o tratamento com o extrato da semente de Moringa para o SSF em todas

as dosagens de coagulantes da Moringa no Experimento2 diferentemente do que ocorreu no Experimento3, que reduziu os SSF nas dosagens de concentração mais elevada (40g/L).

Na Tabela 4.12 são apresentados os resultados das análises de remoção de metais do lixiviado bruto e após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera*.

c) Remoção de metais

Tabela 4.12 Resultados das análises de metais do lixiviado bruto e após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera*.

Tratamento	Zn	Fe	Pb
Dosagem	---(mg/L)----		
LB2	0,18	8,82	0,02
LBMC (40g/L)	0,15	0,84	ND
LBMS (40g/L)	0,10	0,79	ND
LBMS (37,5g/L)	0,10	0,58	ND

*Média de duas repetições. (Ls – sem casca e /Lc- com casca) **LB** – Lixiviado bruto - , **LBEMC** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, **LBEMS** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca

Em lixiviados de aterros de resíduos sólidos normalmente são encontrados metais pesados como Zinco, Cromo, Ferro e Manganês. Porém, as concentrações destes metais nas amostras dos lixiviados do aterro CTR- Candeias da Muribeca apresentaram-se baixas, correspondendo aos padrões da resolução do CONAMA 357/2005.

Na Tabela 4.13 estão apresentadas as concentrações máximas dos metais pesados exigidas na Resolução CONAMA N° 357/05 para o lançamento de efluentes em corpos hídricos.

Tabela 4.13 Concentrações de metais pesados de acordo com os padrões de lançamento de efluentes do CONAMA 357/05 (mg/L).

Metais pesados	Fe	Mn	Zn	Cr	Cd	Cu	Pb	Ni
Concentrações (mg/L)	15	1,0	5,0	0,5	0,2	1,0	0,5	2,0

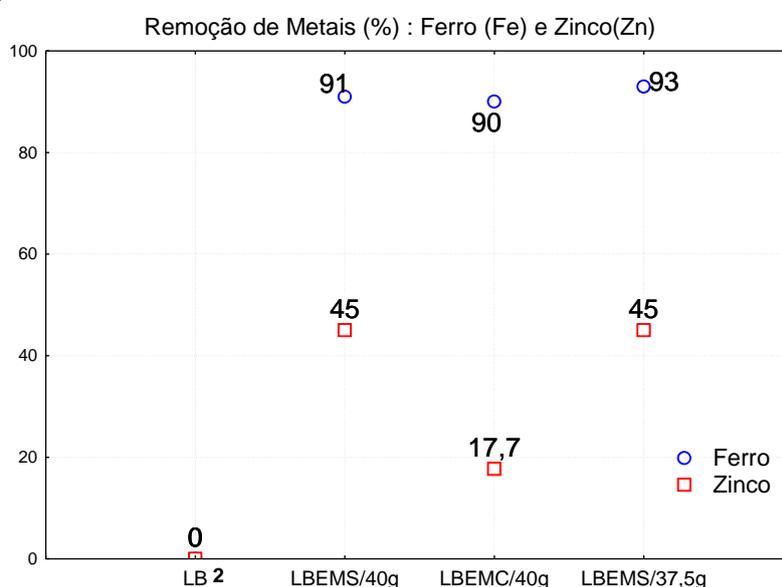
O Ferro, mesmo estando em concentrações reduzidas, foi o que apresentou maior concentração nas amostras do lixiviado bruto estudado, com concentrações de 8,82

mg/L. Tal fato pode estar relacionado à lixiviação do solo de cobertura das células pela permeação da água de chuva (OLIVEIRA e JUCÁ, 2004).

Com base nos resultados, pode-se afirmar que a remoção dos níveis de metais presentes nos líquidos percolados na medida em que o lixiviado é submetido ao tratamento com o extrato de semente *Moringa* apresenta redução, em relação ao afluente bruto, para o Zn (45 %), Fe (93 %) e Pb (ND) pelo extrato de semente de *Moringa* no lixiviado, na dosagem de 37,5 g/L do extrato. Carvalho (2005) obteve resultados semelhantes ao analisar a utilização do extrato de semente de *Moringa* no tratamento de águas turvas avermelhadas ricas em partículas de óxidos de ferro obtendo diminuição das concentrações de ferro e manganês na água. Araujo *et al.*(2009), obteve remoção de prata com extrato moringa sendo eficiente na adsorção de íons Ag(I).

Na Figura 4.18 é apresentada a eficiência de remoção de metais do resultado das análises de metais do lixiviado bruto e após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera*.

Figura 4.18 - Eficiência de remoção de metais do resultado das análises de metais do lixiviado bruto e após tratamento com diferentes dosagens do extrato de sementes de *Moringa oleifera*



LB2 – Lixiviado bruto - **LBEMC** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa com casca, **LBEMS** - Lixiviado Bruto + Extrato de Moringa sem casca

Para o Ferro, o extrato da *Moringa oleifera* obteve percentual de remoção de 90% e 93% para o LBMS (40g/L e 37,5g/L) sem casca e 17,7%, LBMC (40g/L) com casca.

O extrato de *Moringa* com LBEMS (40g/L e 37,5g/L) obteve remoções 45% para o Zinco, o extrato LBEMC (37,5g/L) a remoção de Zn foi 17,7%. Alves (2012) obteve remoções de 84,30% para o Zn, utilizando semente de *Moringa* em solução salina 1M. As concentrações do lixiviado bruto e o resultado final dos tratamentos para Zinco e Ferro também ficaram dentro da faixa de lançamento nos corpos receptores, sendo seus valores abaixo dos padrões máximos de lançamento, de 5 mg/L e 15 mg/L, respectivamente.

Considerações

Foram comparados extratos preparados com a semente de *Moringa oleifera* com o óleo da semente (6 ml) e aquoso com casca e sem casca (37 g/L de pó de semente), biossurfactante (0,6g), através dos ensaios Jarrest. O extrato da semente de *Moringa* sem casca apresentou eficiência para o pré-tratamento do lixiviado com remoção de Cor (90%) Turbidez (82%). Os testes de tratabilidade do lixiviado foram eficazes na remoção de cor e turbidez, mas não para DQO e DBO₅ devido à adição de matéria orgânica. A maior porcentagem de remoção (65%) da DBO₅ foi obtida no tratamento com o óleo da semente de *Moringa* por não apresentar matéria orgânica, porém não reduz condutividade, cor, turbidez e DQO.

Os resultados apresentados da mistura biossurfactante com extrato de *Moringa* reduziu à cor, mas ocorreu aumento para turbidez, DQO e DBO₅ em relação aos valores iniciais do lixiviado bruto (LB1), sendo este acréscimo mais acentuado se comparado o extrato de *Moringa* sem biossurfactante, porém não foi avaliado o biossurfactante sem adição de *Moringa* a avaliação consistiu apenas em um Experimento1, devendo haver mais testes para se ter dados mais conclusivos. Na maioria dos testes, os coliformes teve morte de 97 a 99,8%. Ocorreu mudança de cor e odor apenas nos tratamentos com extrato aquoso da semente de *Moringa* diferentemente do extrato com óleo da *Moringa* (dosagem 6ml). Houve remoção dos níveis de metais presentes nos líquidos percolados à medida que é submetido ao tratamento com o extrato de semente *Moringa* sem casca, apresentando redução, em relação ao afluente bruto para o Zn (45%) e Fe (90%). O extrato da *Moringa* favorece o aumento da DQO e DBO, sendo recomendado uma etapa de filtração, para o tratamento do lixiviado. A origem da semente de *Moringa* altera os resultados, sementes de regiões salinas afeta a condutividade, DQO e DBO₅

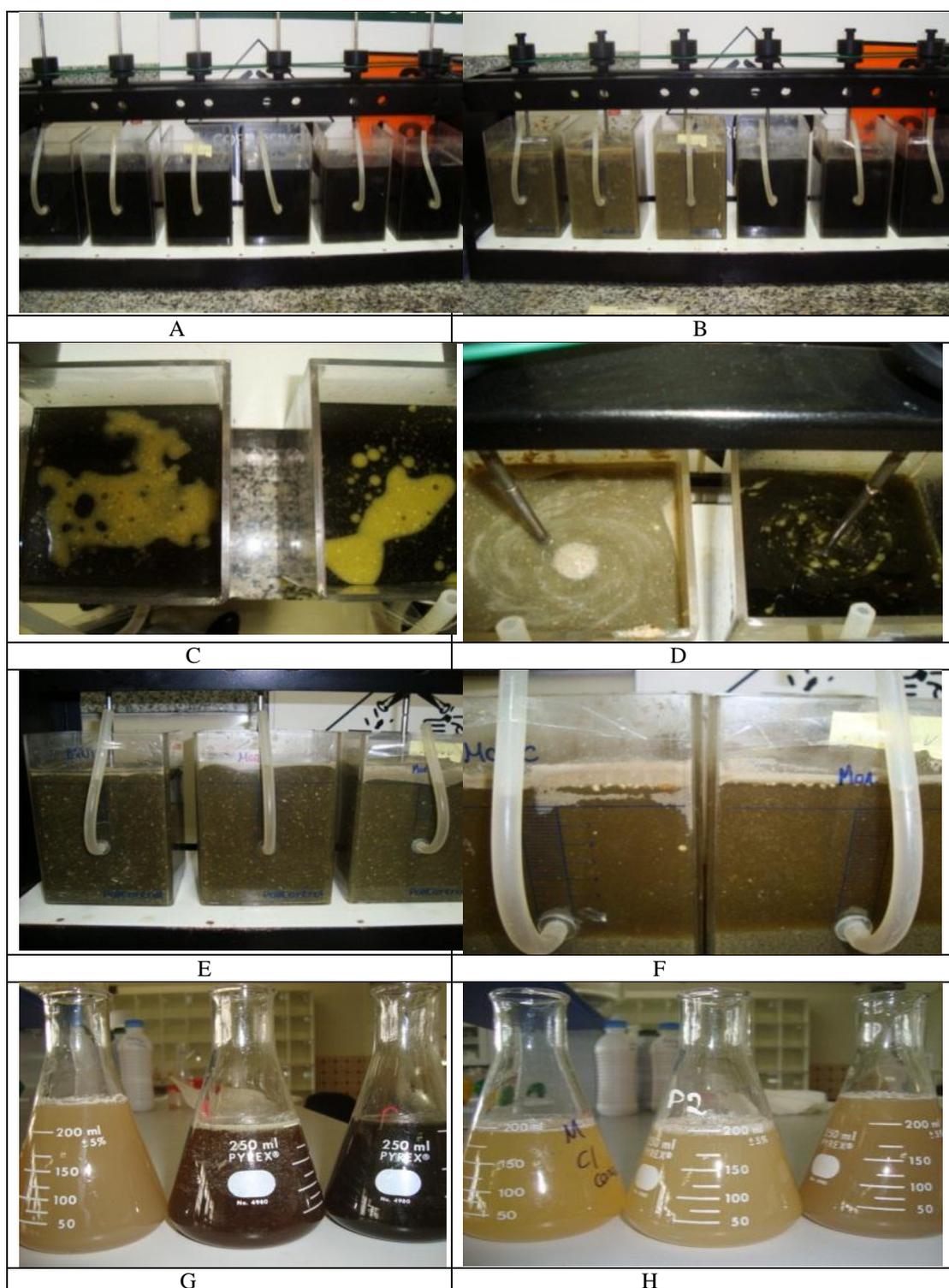
4.6 Eficiências de tratamento de lixiviado de aterro sanitário com diferentes extratos de *Moringa oleifera* e biossurfactante

Foram comparados extratos preparados com o óleo da semente (6 ml) e aquoso com casca e sem casca (37,5 g/L de pó de semente), biossurfactante (0,6g), através dos ensaios Jarrest. O tratamento usando o extrato da semente de *Moringa* (LBEMS 37,5g/L) obteve maior eficiência para o pré-tratamento do lixiviado, não alterou o pH e apresentou remoção dos parâmetros cor (84%), turbidez(68%), DQO(41%), DBO₅ (33%), e condutividade (50%). Ocorreu aumento nos demais tratamentos para DQO, e no caso da DBO₅ houve remoções apenas nos tratamentos com LBEMS, LBEMC e LBEOM, Para os coliformes fecais e totais apresentou mortalidade para todos os tratamentos, diferentemente ocorreu com o tratamento com extrato de semente de *Moringa* sem casca (LBEMS) apresentando-se com o mesmo valor do lixiviado bruto inicial, porém o odor fétido foi eliminado. O biossurfactante demonstrou eficiência de remoção de coliformes totais e fecais em 99%, turbidez 13% mas ocorreu aumento de DQO e DBO₅, e os resultados da mistura biossurfactante com óleo de moringa não reduziu cor, turbidez, DQO, DBO₅ e condutividade em relação ao valor inicial do lixiviado bruto; O extrato da semente de *Moringa oleifera* (LBEMS 37,5 g/L) obteve maior eficiência para o pré-tratamento do lixiviado, não alterou o pH e apresentou remoção dos parâmetros cor, turbidez, sólidos, DQO, DBO₅ e condutividade; Os resultados demonstram a eficiência dos extratos provenientes da semente da espécie florestal *Moringa* podendo ser utilizado no tratamento de lixiviado de Aterro Sanitário.

4.6.1 Tratamento do Lixiviado em escala de Laboratório – Experimento 4

A Figura 4.19 mostra o resultado visual da sequência de operações realizadas nos ensaios de tratabilidade do lixiviado de aterro sanitário no jar-test com uso de óleo e extrato de semente de *Moringa* e biossurfactante.

Figura 4.19 Resultado visual da Sequência de operações realizadas nos ensaios de tratabilidade no Jar- test: Jar-test antes da adição dos tratamentos (A); Jar-test após adição dos tratamentos com óleo e extrato de semente de *Moringa* e biossurfactante em mistura rápida a 120 rpm (B); cubas com óleo de semente de *Moringa* (C) cubas com agitação (D e E); sedimentação do material floculado (F); após repouso por 2 horas coleta das amostras do tratamento para análises (G e H).



Inicialmente foi adicionado a cada cuba 2 litro de lixiviado bruto (LB3) a ser tratado (Figura 4.19A) após a adição dos coagulantes, nas dosagens indicadas para cada tratamento e durante a sequência de operações realizadas nos ensaios de tratabilidade do lixiviado no Jar-test o experimento com uso de óleo e extrato de semente de *Moringa* e biossurfactante como mostra nas Figuras 19D e 19H. Observa-se a mudança de cor, visualmente das amostras após tratabilidade, para as dosagens dos extratos com 37,5 g/L com e sem casca da semente de *Moringa* e a dosagem de 37,5g/L+0,6 /L de extrato de *Moringa* mais biossurfactante. Após o término das etapas dos ensaios de coagulação/floculação/sedimentação, foi coletada uma amostra de cada cuba de aproximadamente 500 mL e avaliou-se a redução de turbidez, pH, odor, cor, DBO₅, DQO e Condutividade para os diferentes tratamentos.

Os resultados das características das amostras do lixiviado de aterro sanitário utilizadas nos ensaios de tratabilidade com o óleo e o extrato da semente de *Moringa* e biossurfactante são apresentados na Tabela 4.14. Os resultados dos parâmetros pH, Cor, turbidez, condutividade, DQO e DBO₅, analisados após tratamento do lixiviado nos ensaios de tratabilidade com o óleo e o extrato da semente de *Moringa* e biossurfactante são apresentados nas Figuras 4.20, 4.21 e 4.22 em forma de gráficos.

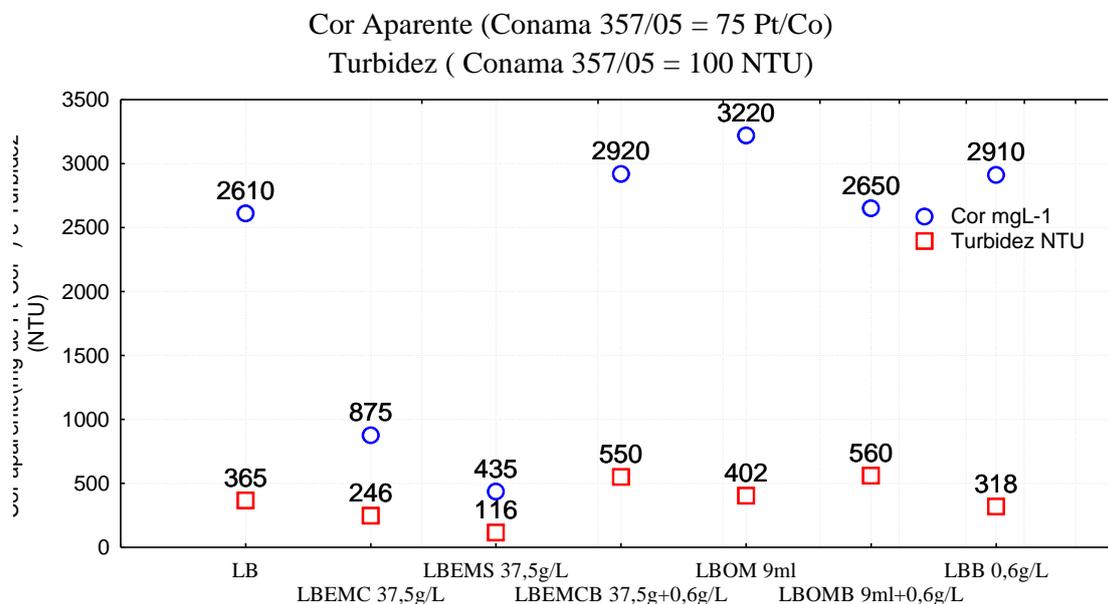
Tabela 4.14-Resultados das Características das amostras do lixiviado antes e pós-tratamento com uso do óleo e extrato de semente de *Moringa oleifera* e biossurfactante.

Parâmetros	Tratamentos							Padrões do CONAMA
	LB3	LBEMC	LBEMS	LBEMCB	LBOM	LBOMB	LBB	
Cor mgL ⁻¹	2610	706	435	730	3220	2650	2910	75
pH	8,2	8,1	8,0	8,0	8,3	8,5	8,4	5-9
Turbidez NTU	365	246	116	550	402	560	318	100
Condutividade µScm ⁻¹	11,84	12,6	5,5	12,42	13,69	14,06	14,0	
DQO (MgdeO ₂ /L)	6430	8017	3805	7617	7667	6592,5	6442	
DBO ₅ (MgdeO ₂ /L)	1066	704,9	477,1	5350	478,8	1020,2	1441	60mg/L ⁻¹
SólidosTotais	10721,7	10359	8993	10667	10858	11250	10403	
SólidosVolateis	2823,3	3600	3089	4368	1688	1682	2048	
Sólidos Fixos	7898,3	6759	6184	6299	9170	9568	8355	
CT (NMP/100ml)	1,6 x 10 ⁸	2,1x10 ⁶	1,6x10 ⁸	3,5 x 10 ⁶	9,2 x 10 ⁷	2,2 x 10 ⁵	2,1 x 10 ⁵	4,0 x 10 ³
CF (NMP/100ml)	1,6 x 10 ⁸	2,1x10 ⁶	1,6x10 ⁸	2,2 x 10 ⁶	7,8 x 10 ⁶	2,2 x 10 ⁵	2,1 x 10 ⁵	4,0 x 10 ³

LB3=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com *Moringa* com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com *Moringa* sem casca; LBEMCB= lixiviado bruto com *Moringa* e biossurfactante; LBOMB= lixiviado bruto com óleo de *Moringa* e biossurfactante; LBOM=lixiviado bruto e óleo de *Moringa*; LBB=lixiviado bruto e biossurfactante.. CT – Coliformes Totais; CF – Coliformes Fecais.

a) Cor aparente e Turbidez

Figura 4.20 - Variação da cor aparente e da turbidez do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da *Moringa oleifera* com e sem casca e o biossurfactante.



LB3=Lixiviado bruto; **LBEMC** = Lixiviado bruto com Moringa com casca; **LBEMS**=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; **LBEMCB**= lixiviado bruto com Moringa e biossurfactante; **LBOMB**= lixiviado bruto com óleo de Moringa e biossurfactante; **LBOM**=lixiviado bruto e óleo de Moringa; **LBB**=lixiviado bruto e biossurfactante.

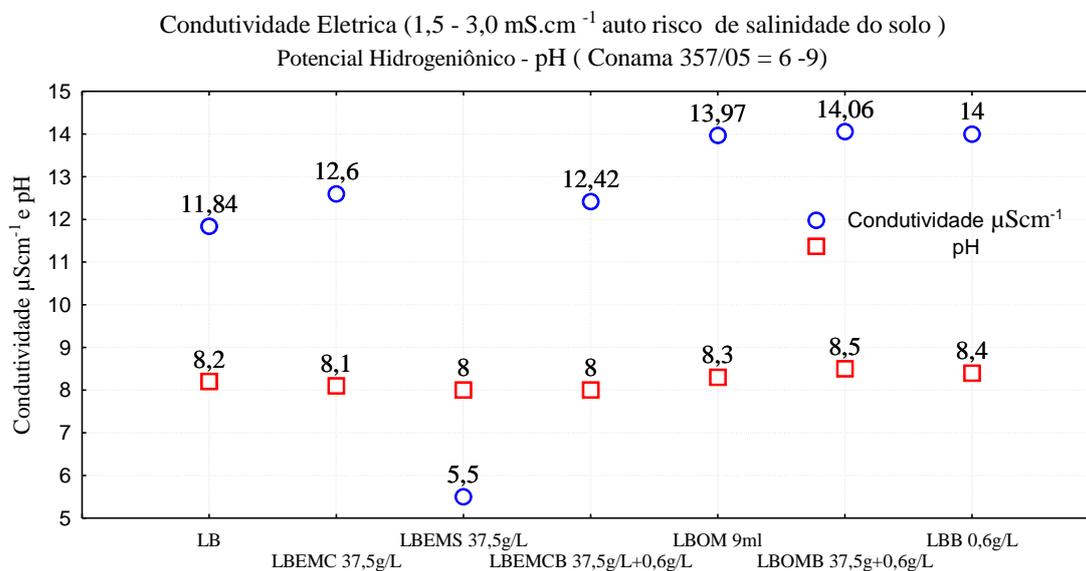
Houve redução de cor apenas nos tratamentos (LBEMC 67% e LBEMS 84%), no entanto o extrato da semente de *Moringa oleifera* Lam sem casca foi mais eficiente na redução da cor aparente (94%), apresentando o melhor resultado em relação à cor (435 mgL⁻¹) Mesmo não alcançando os padrões da resolução CONAMA 357/05 (cor=75).

Ocorreu aumento da turbidez em varios tratamentos reduzindo apenas nos tratamentos com LBEMC (33%), LBEMS (68%) e LBB (13%), conforme mostra a Figura 4.19. O extrato da semente de *Moringa oleifera* Lam sem casca também apresentou o melhor resultado para turbidez (116 NTU) próximo aos padrões do CONAMA (100 NTU).

Oliveira (2010) avaliou o coagulante natural da semente de *Moringa oleifera* Lam a qual apresentou remoção dos parâmetros Cor e turbidez, no lixiviado, com média entre 96,65 %, e 82,19 %. Em lixiviado bruto do aterro sanitário da Muribeca.PE.

b) Análise do Potencial Hidrogeniônico (pH) e Condutividade Elétrica

Figura 4.21 - apresenta o comportamento da condutividade e do pH do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da *Moringa oleifera* com e sem casca e biossurfactante.



LB3=Lixiviado bruto; **LBEMC** = Lixiviado bruto com Moringa com casca; **LBEMS**=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; **LBEMCB**=lixiviado bruto com Moringa e biossurfactante; **LBOMB**= lixiviado bruto com óleo de Moringa e biossurfactante; **LBOM**=lixiviado bruto e óleo de Moringa; **LBB**=lixiviado bruto e biossurfactante.

O valor da condutividade do lixiviado bruto encontrado na literatura é de 6,26 μScm^{-1} , segundo o IPT/CEMPRE (2000). Os resultados foram satisfatórios visto que o lixiviado apresentava alta condutividade de acordo com a literatura às condições testadas o processo de floculação foi eficiente apenas para o tratamento com LBEMS 37,5g/L. Segundo CETESB (2007), a condutividade elétrica representa a concentração de poluentes sendo críticos níveis superiores a 100 μScm^{-1} .

Os resultados para o pH após tratamento com os extratos da *Moringa* não apresentaram alterações significativas. Inicialmente o pH do lixiviado bruto se encontrava próximo do alcalino em torno de 8,0. Com os tratamentos permaneceu.

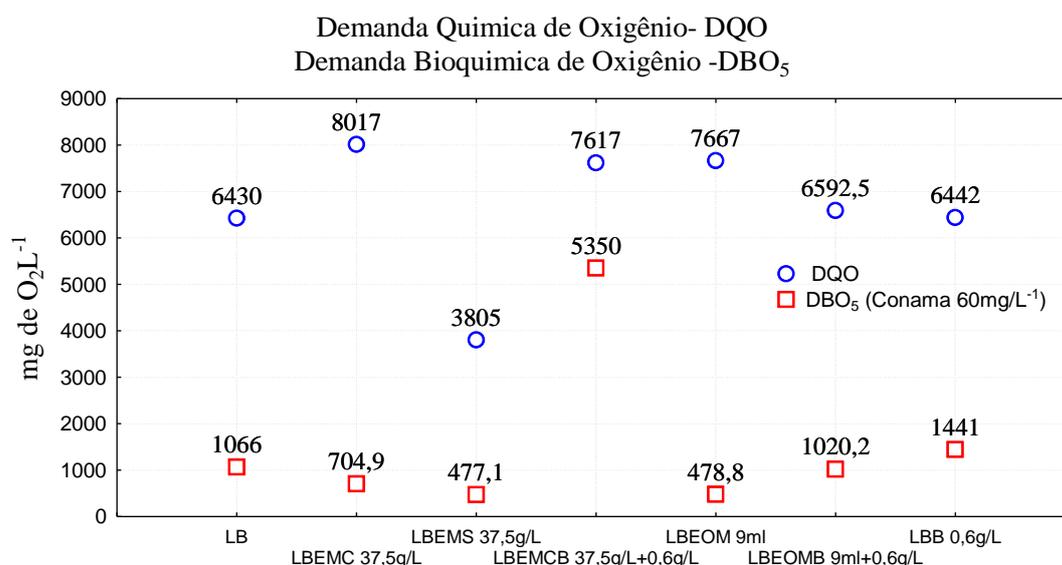
Oliveira (2010) obteve resultados semelhantes ao estudar o coagulante da semente de *Moringa oleifera* em que os valores de pH não foram alterados. Bernardo (2009), que utilizou 600g/L do extrato de sementes da *Moringa oleifera* no tratamento de efluente doméstico, não observando alterações significativas no pH.

Segundo Ndabigengesere & Narasiah (1996), as sementes de *Moringa oleifera* são uma alternativa viável de agente coagulante não alteraram significativamente o pH.

c) Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO₅

A Figura 4.22 mostra a variação de DQO e DBO₅, ocorreu aumento em praticamente todos os tratamentos para DQO, reduzindo apenas no LBEMS 37,5g/L, (41%) com *Moringa oleifera* sem casca e no caso da DBO₅ reduziu no LBEMS 37,5g/L com 55% de remoção, LBEMC 37,5g/L (33%) e LBEOM 9ml/L (55%). Em contrapartida, verifica-se que a DQO aumentou nos demais tratamentos. Oliveira (2010) e Bassani (2010) encontraram resultados semelhantes devido às sementes de *Moringa oleifera* ser ricas em matéria orgânica, ocorrendo acréscimo da DQO e DBO₅, sendo este acréscimo mais acentuado devido à adição de matéria orgânica presente no extrato da semente de *Moringa*. Estes resultados corroboram com os valores da presente pesquisa. Porém divergem quando se trata do óleo da semente de *Moringa oleifera* e o Biossurfactante.

Figura 4.22 - Resultados da DQO e DBO₅ do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da *Moringa oleifera* com e sem casca e biossurfactante.



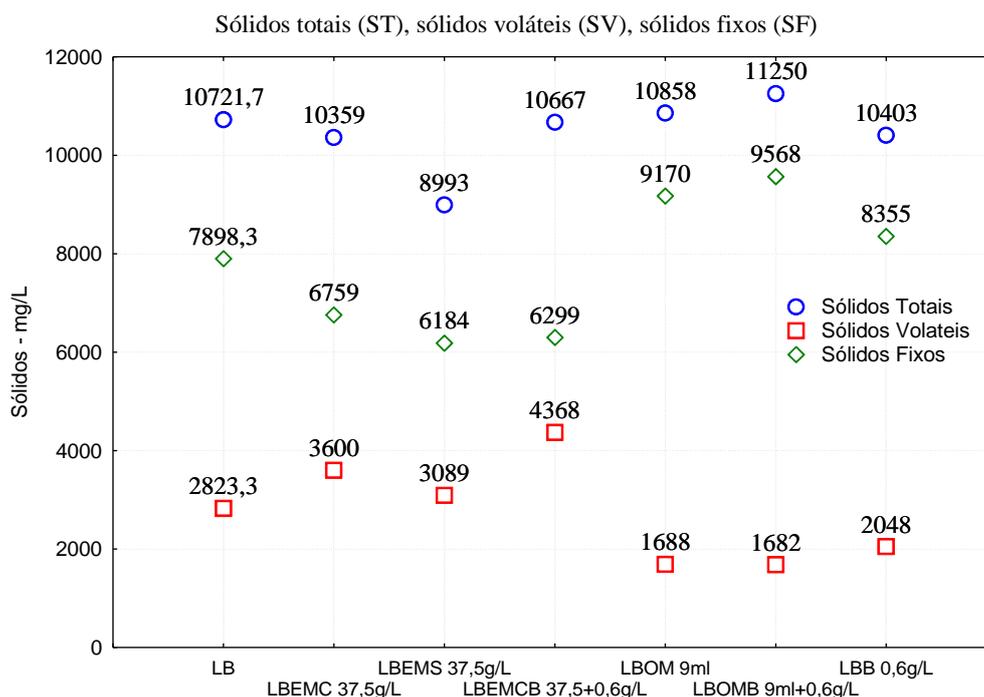
LB3=Lixiviado bruto; **LBEMC** = Lixiviado bruto com Moringa com casca; **LBEMS**=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; **LBEMCB**= lixiviado bruto com Moringa e biossurfactante; **LBOMB**= lixiviado bruto com óleo de Moringa e biossurfactante; **LBOM**=lixiviado bruto e óleo de Moringa; **LBB**=lixiviado bruto e biossurfactante.

Bernardo (2009) verificou que a dosagem de 600g/L do extrato da *Moringa oleifera*, reduziu a cor em 57,50 %, quando comparada com o efluente bruto. A turbidez foi reduzida 85,03 %. Carvalho (2005) avaliando o uso do extrato de semente de *Moringa oleifera* em águas em partículas de óxidos de ferro, com uma dosagem de 1000 g/L de extrato obteve 99 % de redução de turbidez e cor.

d) Sólidos Totais, Voláteis e Fixos.

Na Figura 4.23 é apresentado os resultados dos para remoção dos sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF) do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da semente da *Moringa oleifera* com e sem casca e biossurfactante.

Figura 4.23 - Resultados para sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF) do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da *Moringa* com e sem casca e biossurfactante.



LB3=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBEMCB=lixiviado bruto com Moringa e biossurfactante; LBOMB= lixiviado bruto com óleo de Moringa e biossurfactante; LBOM=lixiviado bruto e óleo de Moringa; LBB=lixiviado bruto e biossurfactante.

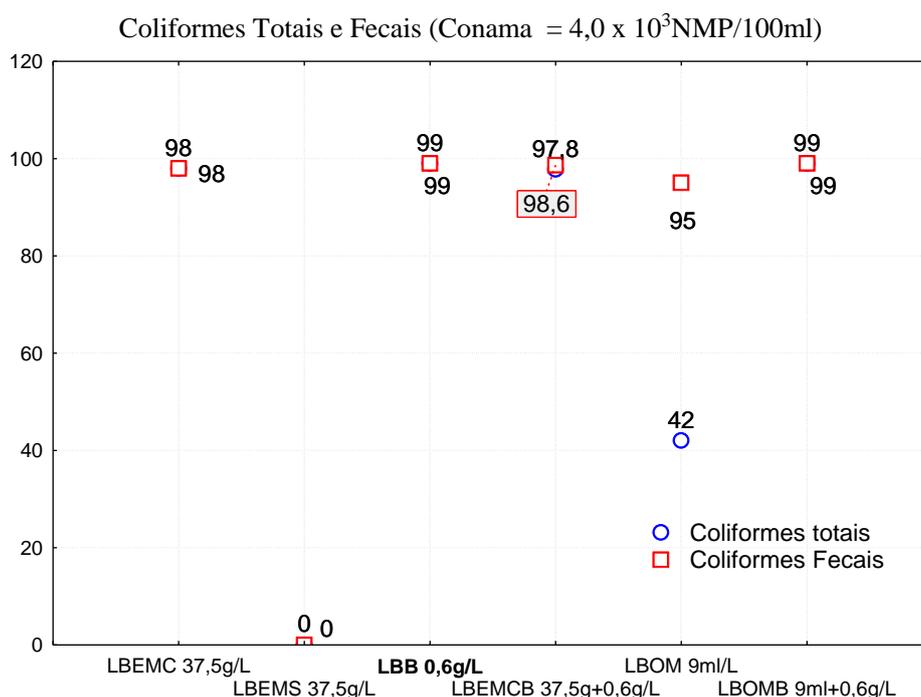
Ocorreu remoção para os sólidos totais, apenas para os tratamentos: LBEMC 33%, LBEMS 43%, sólidos voláteis: LBEMC 10%, LBMS 63%, LBMCB 23%. Já nos sólidos fixos ocorreu um aumento para: LBEMC, LBEMS, LBMCB e redução LBOM (30%), LBOMB (34,75%), LBB (27%) nos ensaios de tratabilidade. Matos *et al* (2007)

ao fazerem comparação entre sementes de *Moringa oleifera* e diferentes coagulantes químicos, dentre eles o sulfato de alumínio, verificaram maior eficiência de remoção de sólidos quando utilizaram extrato de sementes de *Moringa*.

e) Análises de Coliformes Totais e fecais

As análises microbiológicas realizadas após cada ensaio apresentaram resultados bastante satisfatórios (Figura 4.24). Quanto à mortalidade de coliformes totais, houve diferença relevante em todas as amostras, bem como a morte de Coliformes termotolerantes (fecais) que mostrou tratabilidade do lixiviado com a adição dos coagulantes, quando comparada com o lixiviado bruto. Os resultados estão de acordo com a Classificação CONAMA 357/05.

Figura 4.24 - Resultado de mortalidade em porcentagem (%) para CT – Coliformes Totais; CF – Coliformes Fecais do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade utilizando o óleo e os extratos da sementes da *Moringa* com e sem casca e biossurfactante.



LB3=Lixiviado bruto; **LBEMC** = Lixiviado bruto com Moringa com casca; **LBEMS**=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; **LBEMCB**=lixiviado bruto com Moringa e biossurfactante; **LBOMB**= lixiviado bruto com óleo de Moringa e biossurfactante; **LBOM**=lixiviado bruto e óleo de Moringa; **LBB**=lixiviado bruto e biossurfactante. **CT** – Coliformes Totais; **CF** – Coliformes Fecais.

Os coliformes fecais e totais apresentou mortalidade em todos os tratamentos, já o tratamento com extrato de semente de *Moringa* sem casca (LBEMS) em vez de reduzir apresentou o mesmo valor do lixiviado bruto inicial porem o odor fétido foi

eliminado. De acordo com Madrona (2010), o extrato aquoso das sementes de *Moringa oleifera* perde seu poder coagulante com o tempo, devendo ser utilizado em até três dias para garantir a eficiência do coagulante. Além disso, produtos naturais são normalmente afetados, como todos os materiais biológicos, à umidade e temperatura.

Os extratos da *Moringa* sem casca (LBEMS) utilizada na presente pesquisa já tinham quatro dias de preparado. O efeito do tratamento biológico da *Moringa* se deve a dois fatores: primeiro, uma grande parte dos micro-organismos fisicamente ligados às partículas em suspensão na água junto com o lodo retido. Os cotilédones da semente de *Moringa* contêm uma substância (4(LRhamnosyloxybenzylisothiocyanate (RI)) antimicrobiana que aumenta o tratamento biológico da água (JAHN, 1998; SILVA; KERR, 1996). Vale destacar que para o parâmetro odor das amostras analisadas não apresentaram cheiro de gás sulfídrico (H_2S) após tratamento com a semente de *Moringa* com e sem casca o resultado foi satisfatório em todas as amostras tratadas ficando estas classificadas com Odor Não objetável (não apresenta odor fétido). Para os tratamentos com os extratos *Moringa* em conjunto com Biossurfactante reduzi-o o odor, diferentemente ocorreu nos demais tratamento com óleo e Biossurfactante o odor fétido permaneceu durante e após tratabilidade.

Considerações do Experimento 4

O óleo da semente de *Moringa* removeu cor, turbidez, condutividade e DBO_5 , mas aumentou DQO. A utilização do óleo das sementes de *Moringa* pode apresentar como vantagem a redução da carga orgânica a partir das sementes com a finalidade de usar o extrato como coagulante, mas não foram capazes de atender as recomendações da resolução do CONAMA 357/05.

Os tratamentos adotados, com as dosagens do coagulante natural da semente de *Moringa oleifera* Lam, mesmo apresentando capacidade de remoção dos parâmetros cor, turbidez, DQO, DBO_5 não foram satisfatórios segundo a resolução do CONAMA 357/05.

O tratamento usando o extrato da semente de *Moringa* (LBEMS 37,5g/L) obteve maior eficiência para o pré-tratamento do lixiviado, não alterou o pH e apresentou remoção dos parâmetros cor, turbidez, DQO, DBO_5 , Fe e condutividade;

Para os coliformes fecais e totais teve mortalidade em todos os tratamentos, já o tratamento com extrato de semente de *Moringa oleifera* Lam sem casca (LBEMS) em

vez de reduzir apresentou o mesmo valor do lixiviado bruto inicial porém o odor fétido foi eliminado. Referente a não ter ocorrido morte de coliformes fecais e totais, extrato aquoso das sementes de *Moringa* sem casca (LBEMS) utilizada no experimento, já tinham quatro dias de preparado. Perdendo seu poder coagulante com o tempo, devendo ser utilizado em até três dias para garantir a eficiência do coagulante.

O presente estudo mostrou que a ação dos coagulantes oriundos da extração química e da extração aquosa foram eficientes na remoção da turbidez do lixiviado, sendo que, os extratos produzidos em meio aquoso apresentaram um maior percentual de remoção.

4.6 Avaliação da toxicidade de lixiviado do aterro sanitário CTR- Candeias antes e após tratamento com extratos de *Moringa oleifera* Lam em bioensaio com Alface - *Lactuca sativa* L.

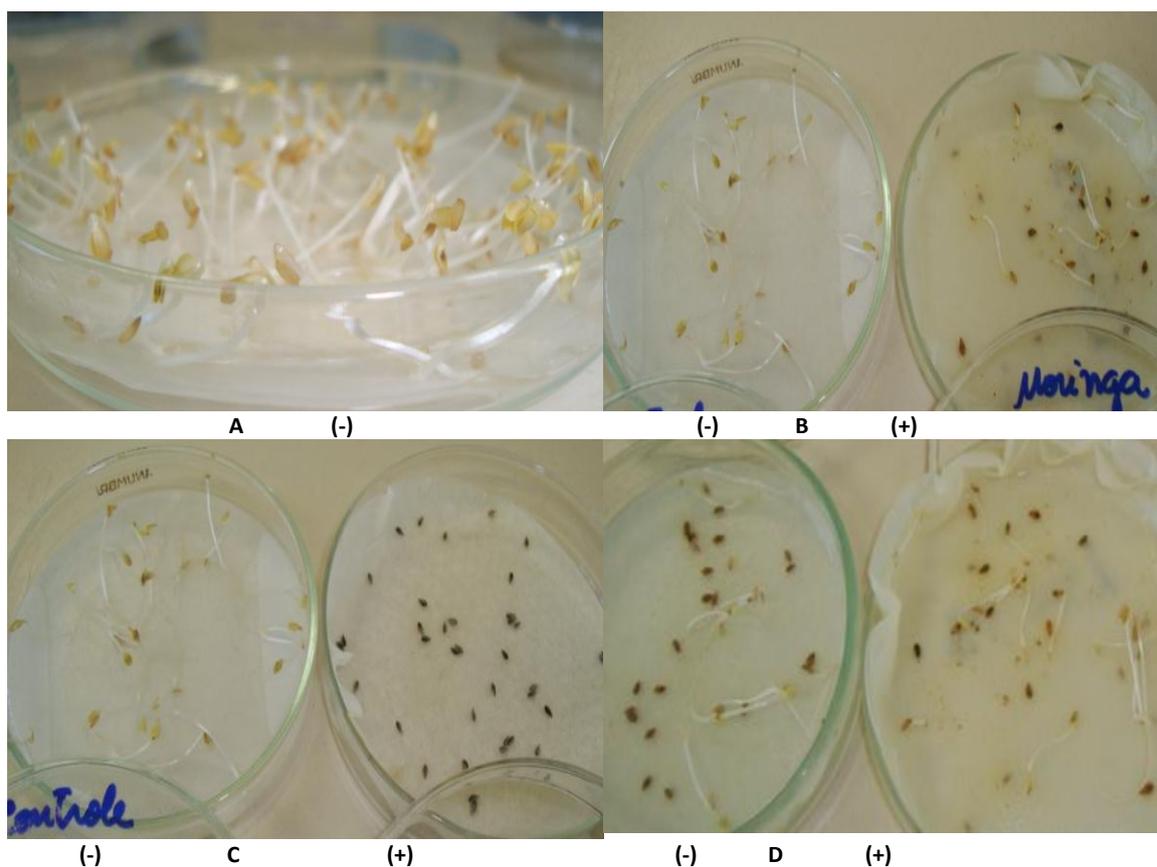
Avaliou-se a toxicidade do lixiviado antes e após tratamento com extrato de semente de *Moringa oleifera*, utilizando bioensaios em sementes de Alface - *Lactuca sativa* L. Os resultados indicam toxicidade do lixiviado bruto em *Lactuca sativa* L. a exposição das sementes ao lixiviado bruto causou toxidade evidenciada por não ter ocorrido germinação quando comparado ao controle negativo. O Lixiviado tratado com os extratos da semente de *Moringa oleifera*, apresentou média de 30 a 35% de germinação de sementes de Alface. tanto na fração extrato de *Moringa* (EXTMO), quanto no lixiviado com adição dos extratos de *Moringa* (LBEMC/LBEMS), indicando que a toxicidade é reduzida após o processo de coagulação/floculação. Quanto aos coliformes totais e fecais, as remoções foram de 98% e 99% do lixiviado tratado com o extrato de *Moringa oleifera* demonstrando eficiência do tratamento biológico na inativação de bactérias como coliformes totais e fecais do lixiviado bruto.

4.7.1 Bioensaios de toxicidade dos extratos de *Moringa oleifera* Lam

Serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de germinação com sementes de Alface - *Lactuca sativa* L. realizados para avaliar a toxicidade do lixiviado bruto antes e após tratamento com extrato de semente de *Moringa oleifera* e os resultados do lixiviado tratado microbiologicamente.

O bioensaio, após cinco dias foi avaliado a germinação da semente de Alface -. e o efeito da toxicidade do lixiviado bruto antes e após tratamentos com os extratos de *Moringa* representado na Figura 4.25.

Figura 4.25 – Placas de Petri com os controles negativo (A) e controle negativo (Alface) e positivo (EXTMO) (B), mostra visualmente a germinação do controle negativo a inibição da germinação das sementes de Alface com lixiviado bruto 4 (C), placas de Petri com a germinação da Alface em LBEMC, LBEMS (D).



LB4=Lixiviado bruto; **LBEMC** = Lixiviado bruto com Moringa com casca; **LBEMS**=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; (-) controle com Alface, (+) EXTMO = Extrato de Moringa

Quanto menor a porcentagem de sementes de *Lactuca sativa* L. germinada, mais tóxica é a solução estudada. Assim, considerando os resultados visuais da Figura 4.25 pode se observado que o lixiviado bruto é o mais tóxico, pois visualmente teve inibição de germinação. Diferentemente ocorreu aos extratos de *Moringa* com e sem casca e do lixiviado bruto após tratamento, o comprimento relativo da radícula e da raiz para as sementes germinadas no lixiviado bruto com extrato de *Moringa* foram menores do que para as sementes germinadas na solução controle.

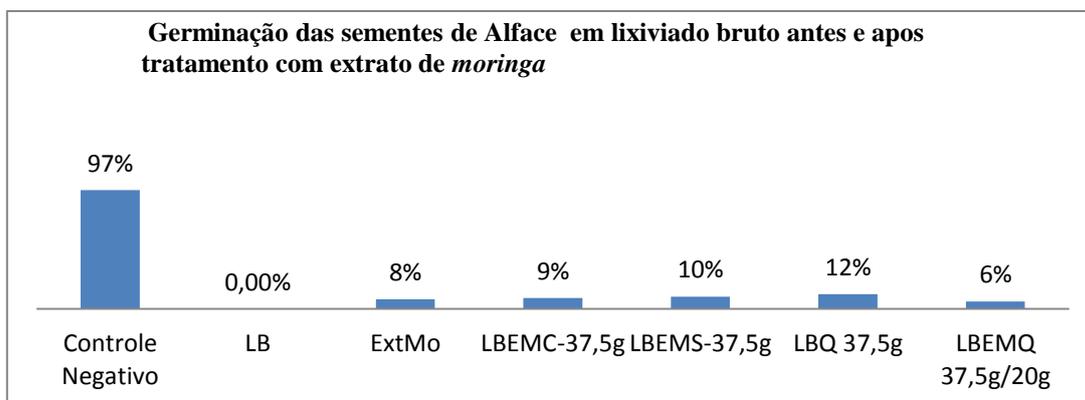
Resultados do controle negativo composto por água destilada apresentou 96% de germinação com crescimento de 3,8 cm da raiz confirmando a autenticidade do método comparada ao controle positivo com extrato de *Moringa* apresentou 8% de germinação e 0,0% com lixiviado bruto antes da tratabilidade e 10 % após tratamento com extratos de *Moringa* com e sem casca (CRUZ *et al* 2013), representados na Tabela 4.15 e na Figura 4.26.

Tabela 4.15- Resultados do controle negativo e positivo do bioensaio com Alface - *Lactuca sativa* L. e *Moringa oleifera*.

% de	Inibição	da	Germinação	das	Sementes	de Alface
Controle Negativo	LB4	ExtMo-37,5g	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ -37,5g	LBEMQ 37,5g/20g
97%	0,0%	8%	9%	10%	12,0%	6,0%

LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBQ= lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ= lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo.

Figura 4.26 – Germinação das Sementes de Alface *Lactuca sativa* L. com lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de *Moringa* com e sem casca.



LB4=Lixiviado bruto; EXTMO= Extrato de Moringa ;LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBQ= lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ= lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo.

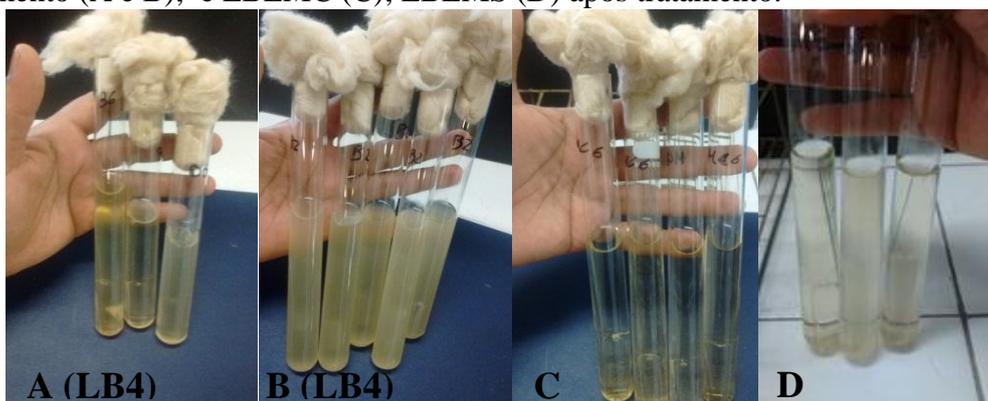
Na Figura 4.26 são apresentados os resultados que expressam a porcentagem de inibição e germinação das sementes de Alface - *Lactuca sativa* L. com lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de *Moringa* com e sem casca. A porcentagem das sementes de Alface germinadas no controle e no tratamento. O comprimento da raiz foi medido desde o nó até o ápice radicular, comprimento relativo à raiz para as sementes germinadas. A Porcentagem 0,0% de germinação com lixiviado bruto antes do tratamento em comparação com a média do número de sementes germinadas em água destilada (controle), os resultados apresentam toxicidade para o lixiviado bruto, já o

lixiviado bruto após tratamento com extrato de *Moringa* apresentaram germinação da Alface demonstrando que os extratos de *Moringa* com e sem casca reduzem a toxicidade do lixiviado bruto, mesmo apresentado um percentual (10%) inferior ao das sementes Alface germinadas em água destilada (controle – 97%), se for comparado com os resultados obtidos com lixiviado bruto antes da tratabilidade (0,0%).

Análise bacteriológica de Coliformes Totais e Fecais

Grande parte dos micro-organismos presentes no lixiviado está ligada às partículas em suspensão. No grupo de coliformes totais podem estar presentes agentes patogênicos, como bactérias do gênero *Klebsiella*, *Escherichia* e *Enterobactérias* (BAUMGARTEN E POZZA, 2001). A Figura 4.27 apresenta visualmente os ensaios das análises microbiológicas do lixiviado bruto antes e após tratamento com extrato de *Moringa*.

Figura 4.27 Resultado visual das análises microbiológicas do lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de *Moringa oleifera* com e sem casca. LB4 antes do tratamento (A e B); e LBEMC (C); LBEMS (D) após tratamento.



LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com *Moringa* com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com *Moringa* sem casca;

Na Tabela 4.16 são apresentados os resultados das análises microbiológicas do lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de *Moringa oleifera* com e sem casca.

Tabela 4.16- Resultados das análises microbiológicas do lixiviado bruto antes e após tratamento com extratos de *Moringa oleifera* com e sem casca.

Dosagem do extrato	CT (NMP/100ml)	Mortalidade %	CF (NMP/100ml)	Mortalidade %	Características
LB4	$3,1 \times 10^6$		$7,8 \times 10^5$		Pútrido/ Escuro com partículas em suspensão/pH 8,0
LBEMC 37,5g/L	$1,6 \times 10^4$	99,48%	$1,6 \times 10^4$	97,94%	Turvo amarelado com partículas em suspensão/ pH 8,0
LBEMS 37,5g/L	$9,2 \times 10^3$	99,70%	$9,2 \times 10^3$	98,82%	Turvo amarelado com partículas em suspensão /pH 8.0

LB4 = Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com *Moringa* com casca; LBEMS = Lixiviado bruto com *Moringa* sem casca; CT – Coliformes Totais; CF – Coliformes Fecais.

Para os parâmetros coliformes totais e fecais, o extrato da semente da *Moringa oleifera* foi eficaz na morte (eliminação) de coliformes fecais e totais no lixiviado bruto e tratado, houve redução de 98 e 99%, conforme Tabela 4.15. Coliformes fecais são decorrentes de poluição por efluentes domésticos, Os indicadores microbianos servem para avaliar as condições sanitárias e também são indicadores de que pode haver outros tipos agentes patogênicos no lixiviado. A *Escherichia Coli* é o subgrupo mais importante, sendo escolhido como microrganismo indicador (PALHA *et al* 2004), devendo ser avaliadas sempre que este for descartado em um manancial. Verifica-se que houve significativa eficiência de eliminação dos teores de coliformes fecais e totais do lixiviado de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos. A eficiência foi maximizada utilizando-se concentração 37,5g/L no tempo de 120 min de contato.

Considerações da avaliação de toxicidade

O Lixiviado tratado com os extratos da semente de *Moringa* apresentou germinação de sementes de Alface. tanto na fração extrato de *Moringa* puro (EXTMO), quanto no lixiviado com adição dos extratos de *Moringa* com e sem casca (LBEMC/LBEMS); Os resultados indicam que o lixiviado bruto apresenta toxicidade e após o tratamento biológico com extrato de *Moringa* pelo processo de coagulação/floculação/sedimentação essa toxicidade é reduzida;

Percebe-se que a Alface de fácil aplicação, apresentando sensibilidade a uma diversidade de aspectos, tendo permitido obter resultados em estudos para avaliação dos efeitos toxicológicos de lixiviado bruto de aterro sanitário; Foi observada uma eficiência média de 99% de remoção de Coliformes Totais, Coliformes Fecais com a concentração da semente de *Moringa* que se mostrou eficiente foi a de 37,5g/L.

4.8 Eficiência de tratamento de lixiviado de aterro sanitário com o uso de coagulantes naturais a base de sementes de *Moringa oleifera* e quiabo – (*Abelmoschus esculentus* L. moench).

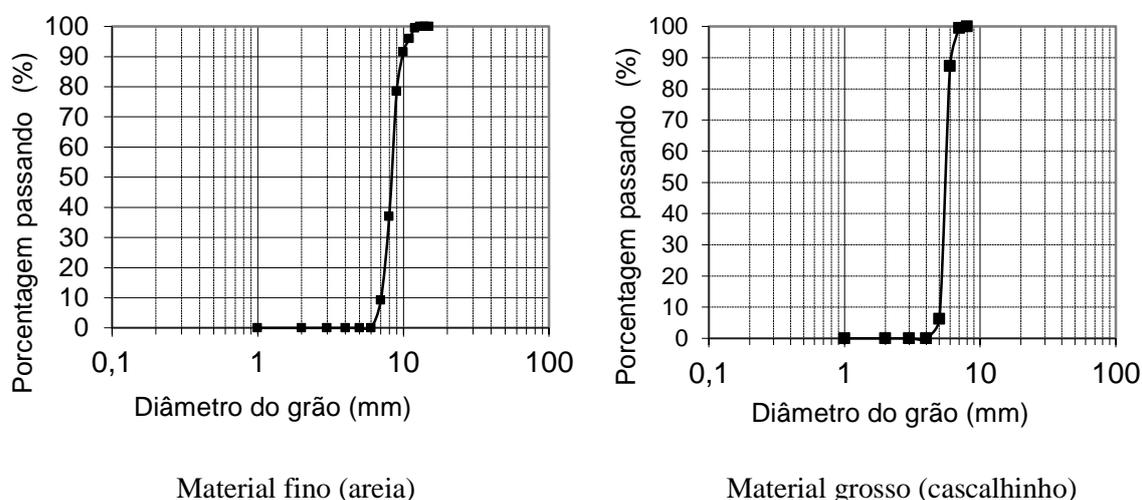
A presente etapa do estudo teve por objetivo promover a remoção de cor, turbidez, condutividade, coliformes fecais e totais, pH, DQO, DBO₅ de lixiviados por meio dos processos de coagulação/floculação/sedimentação/filtração utilizando coagulantes naturais: *Moringa oleifera* Lam e Quiabo, no pré-tratamento de lixiviado de Aterro Sanitário em condições de laboratório, com o uso de filtro simplificado com

areia e cascalhinho, visando aumentar a eficácia do tratamento. O extrato da Moringa (LBMS 37,5g/L) obteve resultados de remoção no terceiro dia para: pH, cor, turbidez, condutividade, DQO e DBO₅ atingindo-se 12%, 92%, 61%, 64%, 79% e 80%, respectivamente, o Quiabo (LBQ37,5g/L), também obteve-se remoção para os parâmetros: pH, cor, turbidez, condutividade, DQO e DBO₅, 2%, 72%, 35%, 20%, 78% e 72%, o emprego em conjunto com Quiabo e Moringa (LBEMQ 37g/L+20g/L), obteve-se 22%, 78%, 46%, 52% e 88% de remoção para os mesmos parâmetros. Os dois coagulantes apresentaram eficiência na remoção dos parâmetros avaliados. Porém os resultados obtidos indicou o uso do coagulante natural das sementes da *Moringa* no tratamento de lixiviados de aterro sanitário como uma alternativa promissora.

4.8.1 Experimento de Laboratório ensaios no Cone de Imhoff e filtros no pós-tratamento

Os resultados estão apresentados de forma a analisar em primeiro o material filtrante (Figura 4.28) que apresenta um solo de granulometria arenoso uniforme e na sequência a caracterização do lixiviado, bem como os resultados das investigações dos experimentos em escala reduzida utilizando filtros no pós-tratamento, em seguida, aborda-se a eficiência dos extratos provenientes da semente da espécie florestal *Moringa oleifera* e do quiabo (*Abelmoschus esculentus L. Moench*), no tratamento de lixiviado de Aterro Sanitário em condições de laboratório.

Figura 4.28 Curva granulométrica do material fino (areia), material grosso (cascalhinho) utilizado no sistema simplificado de filtro lento para o tratamento de lixiviado utilizando as sementes da *Moringa* e quiabo.



a) Resultados do Experimento de Laboratório – Ensaio no Cone de Imhoff

Na Figura 4.29 é apresentado o resultado visual do ensaio no ensaio no Cone de Imhoff de coagulação/floculação: à direita o efluente bruto (A) como foi coletado e à esquerda o efluente após ser submetido a tratamento com o extrato da *Moringa* sem agitação (B1 e B2). A Figura 4.30 apresenta visualmente a variação de cor após tratamento visual. A Tabela 4.17 apresenta os resultados da caracterização das amostras do lixiviado Bruto (LB4) do aterro CTR- Candeias e o lixiviado tratado com extrato da semente de *Moringa oleifera* e do Quiabo.

Figura 4.29 – Resultado visual do ensaio no Cone de Imhoff de coagulação/floculação: à direita o efluente bruto(A) como foi coletado e à esquerda o efluente após ser submetido ao tratamento com o extrato da *Moringa* (B1) e o Quiabo (B2) sem agitação (a), decantação após tratamento com o extrato da *Moringa* e o Quiabo (b e c).

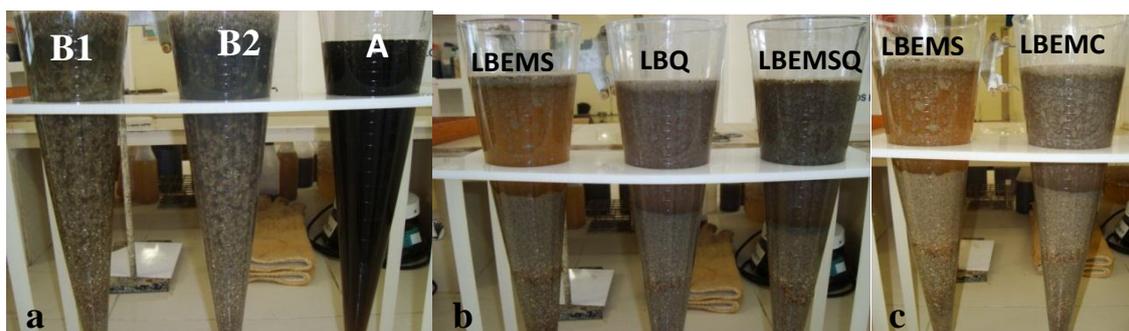
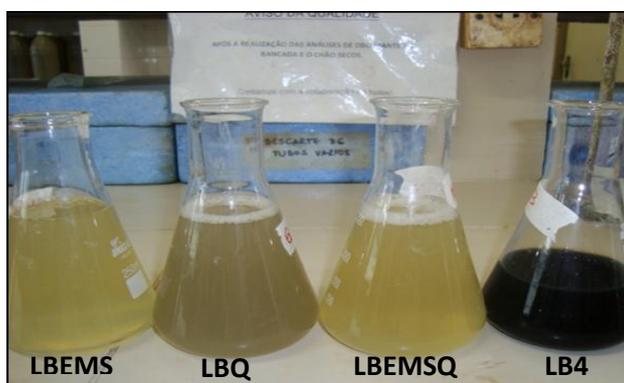


Figura 4.30 – Resultado da Cor visual das amostras antes e após tratamento no Cone de Imhoff com diferentes extratos de sementes de *Moringa* e Quiabo sem agitação.



A Figura 4.31 apresenta a sequência de operações para realização dos ensaios de tratabilidade do lixiviado com diferentes extratos de sementes de *Moringa oleifera* e Quiabo nos filtros após o terceiro dia e os Filtros com os tratamentos após 5 dias.

Figura 4.31. Sequência de operações da realização dos ensaios de tratabilidade do lixiviado com diferentes extratos de sementes de *Moringa oleifera* e Quiabo, na sequência dos filtros. (A, B, C, D) filtros com os tratamentos após terceiro dia (E,F,G,H) Filtros com os tratamentos após 5 dias.

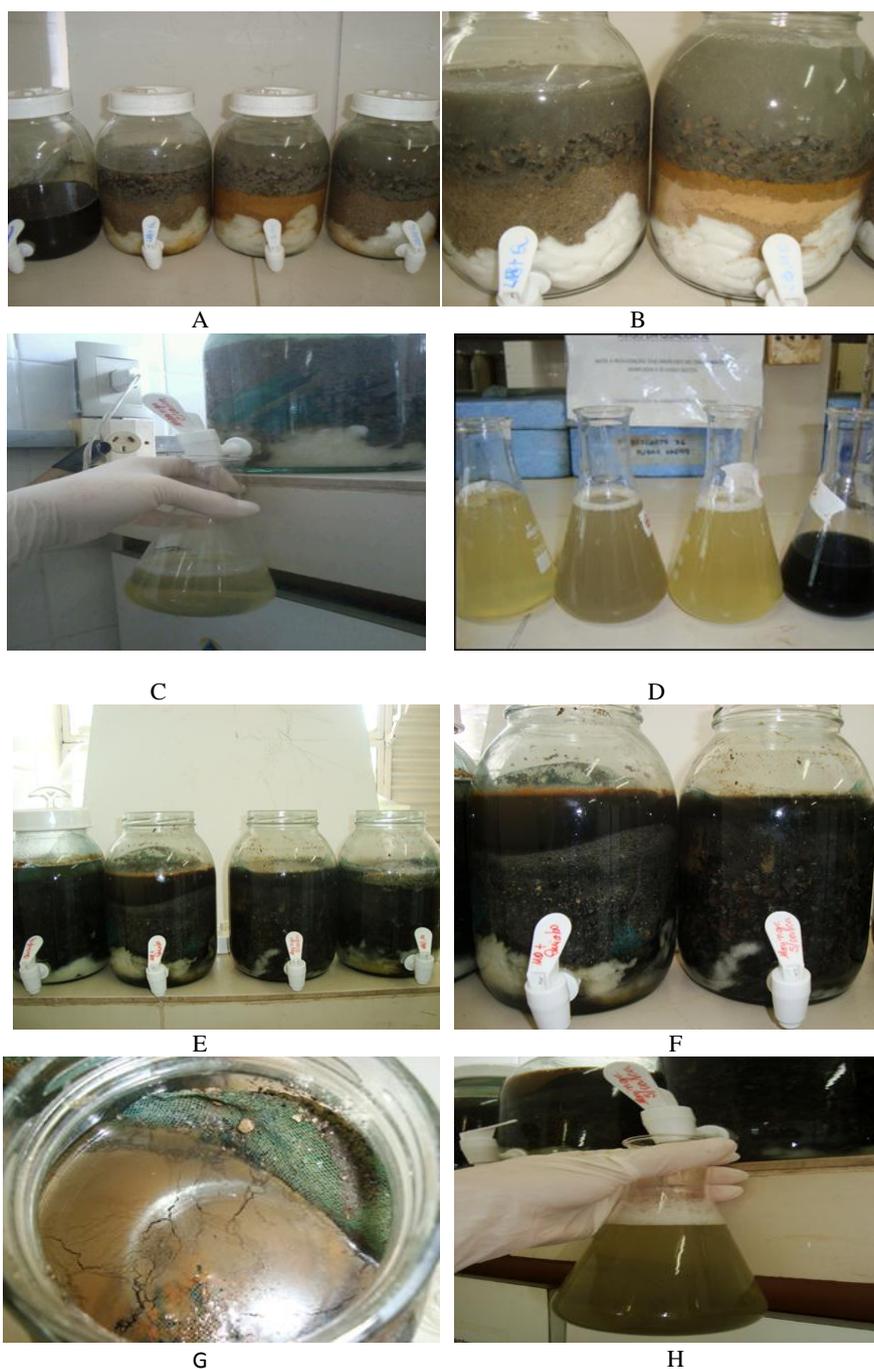


Tabela 4.17 caracterização das amostras do lixiviado Bruto do aterro CTR- Candeias e o lixiviado tratado com extrato da semente de *Moringa oleifera* Lam e do Quiabo – (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) com e sem filtração.

Parâmetros	Testemunha	Tratamento1	Tratamento2	Tratamento3	Tratamento4
pH (CONAMA 5-7)	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
Filtração 0 dias	7,98	7,89	7,82	7,68	7,07
filtração no 3 dia	7,95	7,30	6,96	7,80	6,17
filtração no 5 dia	7,60	6,30	7,0	7,15	5,60
filtração no 8 dia	7,33	5,96	5,94	6,25	6,45
Turbidez (CONAMA 100NTU)	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	208	225	213	190	255
filtração no 3 dia	220	98,3	85,7	136	112
filtração no 5 dia	236	206	200	278	172
filtração no 8 dia	260	282	206	446	272
Cor Aparente (CONAMA 75Pt/Co)	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	1680	432	302	840	525
Com filtração no 3 dia	2000	370	203	550	432
Com filtração no 5 dia	2240	411	177	531	461
Com filtração no 8 dia	2740	500	350	640	498
Condutividade μScm^{-1}	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	9,43	3,63	2,65	6,39	2,56
Com filtração no 3 dia	8,93	4,85	3,43	7,52	4,08
Com filtração no 5 dia	9,22	6,79	6,38	8,29	7,0
Com filtração no 8 dia	8,0	6,66	7,10	3,68	2,69
DBO₅(60 mgL⁻¹)	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	6270,6	1527	1270,08	1760	848
Com filtração no 3 dia	-	1084	636,36	1150	706,5
Com filtração no 5 dia	-	1554	1293	1780	1110
DQO	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	18892,0	9755,4	4030,0	4142	8892,0
Com filtração no 3 dia	-	7658,5	3658,0	3317	5092,5
Com filtração no 5 dia	-	7942,5	5267,5	4258	6905,0
Sólidos Totais	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	7454,0	4999,0	4257,00	3522	6834
Com filtração no 3 dia	-	3438	684	907,0	3522
Sólidos Voláteis	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	2102,0	1890	765,00	869	1608
Com filtração no 3 dia	-	1269	319,4	325	1220
Sólidos Fixos	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	5352,0	3730,0	3492,00	3714,0	5226
Com filtração no 3 dia	-	2175	365	582,0	2302
Sólidos Totais-SST	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	1020	561,7	190,0	450	530,0
Com filtração no 3 dia	-	258	71	366,7	506
Sólidos Voláteis-SSV	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	585	495,0	153	275	443
Com filtração no 3 dia	-	157	69	258	295
Sólidos Fixos-SSF	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	435	116	36,3	175	235,0
Com filtração no 3 dia	-	101	2	108	63,3
CT (4,0 x 10³)	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	3,1 x 10 ⁶	1,6 x 10 ⁴	9,2 x 10 ³	1,6 x 10 ⁸	9,2 x 10 ⁷
Com filtração no 5 dia	2,8 x 10 ⁷	1,6 x 10 ⁴	9,2 x 10 ⁵	1,6 x 10 ⁸	2,8 x 10 ⁷
CF(4,0 x 10³)	LB4	LBEMC-37,5g	LBEMS-37,5g	LBQ 37,5g	LBEMSQ 37,5g/20g
filtração com 0 dias	7,8 x 10 ⁵	1,6 x 10 ⁴	9,2 x 10 ³	1,6 x 10 ⁸	2,4 x 10 ⁶
Com filtração no 5 dia	7 x 10 ⁴	2,4 x 10 ³	3,5 x 10 ⁵	1,7 x 10 ³	4,8 x 10 ³

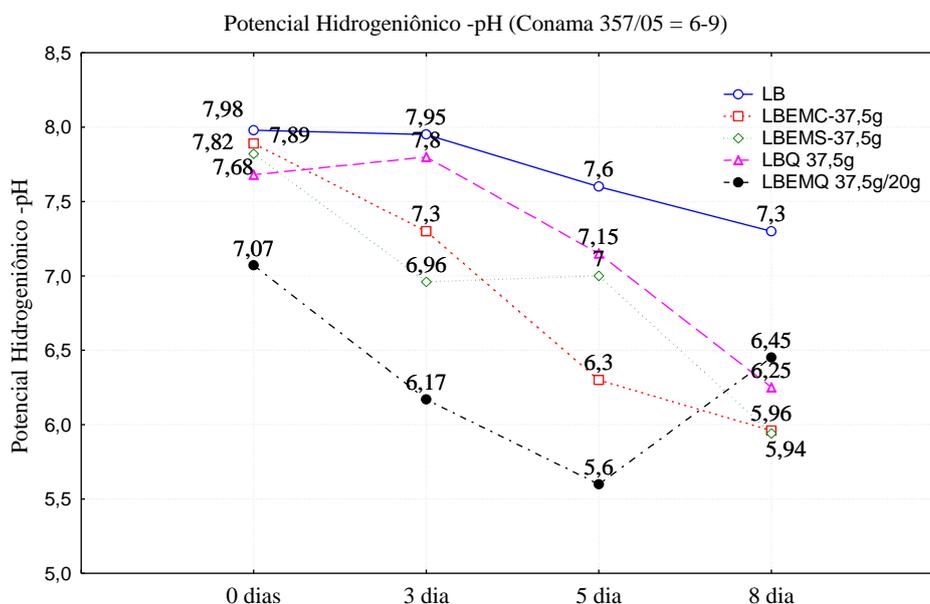
LB4 =Lixiviado bruto; **LBEMC** = Lixiviado bruto com Moringa com casca; **LBEMS** =Lixiviado bruto com Moringa sem casca; **LBQ** = lixiviado bruto com Quiabo; **LBEMQ** = lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo. **CT** – Coliformes Totais; **CF** – Coliformes Fecais,

São apresentados os resultados dos parâmetros de pH, Cor, turbidez, condutividade, DQO, DBO₅ e sólidos analisados nos ensaios nos Cone de Imhoff e nos filtros em forma de gráfico do monitoramento dos ensaios do sistema de filtração utilizando sementes da *Moringa* e do Quiabo como auxiliar de floculação e coagulação.

b) Análise do Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os resultados para o pH (Figura 4.32) nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff após tratamento com os extratos da *Moringa* e do Quiabo não apresentaram alterações significativas. Inicialmente o pH do lixiviado bruto (LB4) se encontrava próximo do alcalino em torno de 7,98. Com os tratamentos utilizando a *Moringa* e o Quiabo os valores de pH ficaram neutro entre 7,07 e 7,89 alcalino. Já os resultados para o pH no sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo apresentaram alterações significativas após o quinto dia o pH se tornou ácido ficando compreendido entre 6,45 a 5,94 e para o lixiviado bruto (Referencia) 7,3 neutro.

Figura 4.32 Valores médios do comportamento de pH do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa* e do Quiabo como coagulante/ floculante natural.



LB4=Lixiviado bruto; **LBEMC** = Lixiviado bruto com *Moringa* com casca; **LBEMS**=Lixiviado bruto com *Moringa* sem casca; **LBQ**= lixiviado bruto com Quiabo; **LBEMQ**= lixiviado bruto com Extrato de *Moringa* e Quiabo.

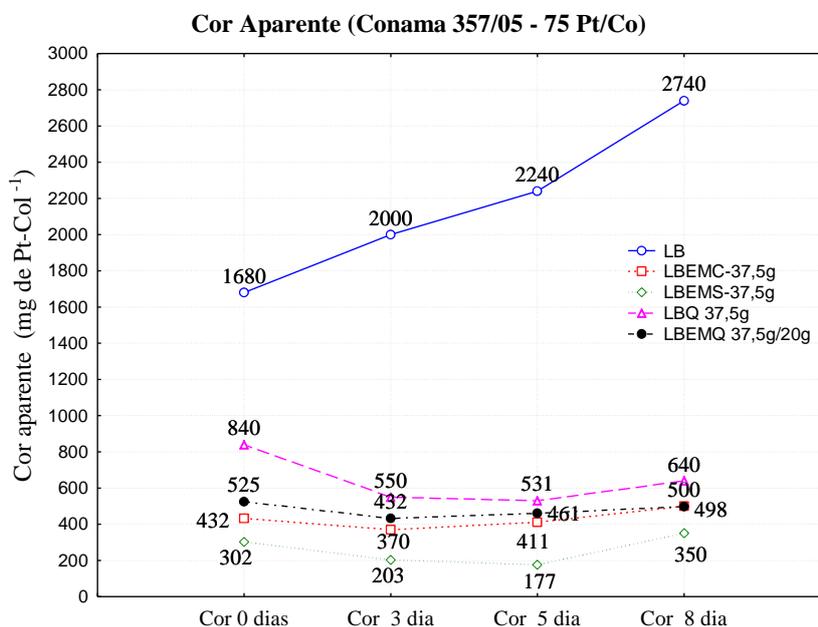
Segundo Ndabigengesere & Narasiah (1996), as sementes de *Moringa oleifera* são uma alternativa viável de agente coagulante em substituição aos sais de alumínio,

que são utilizados no tratamento de água em todo o mundo. Comparada ou equivalente ao sulfato de alumínio, as sementes de *Moringa* não alteraram significativamente o pH, (FRIGHETTO, 2007; GUEDES, 2004). Estes resultados corroboram com os encontrados por Bernardo (2009), que utilizou 600g/L do extrato de sementes da *Moringa* no tratamento de efluente doméstico, não observando alterações significativas no pH. Porém diverge quando comparado com o sistema de filtros após o quinto dia.

c) Cor aparente do lixiviado antes e após tratamento

A cor aparente apresentou remoção para todas as dosagens nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff após tratamento com os extratos da *Moringa* e do Quiabo se comparado ao lixiviado bruto, mesmo assim não alcançou remoções para que fica-se de acordo com a resolução do CONAMA 75 Pt/Co (Figura 4.33).

Figura 4.33 – Variação da cor do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa oleifera* e do Quiabo como coagulante/ floculante natural.



LB4=Lixiviado bruto; **LBEMC** = Lixiviado bruto com Moringa com casca; **LBEMS**=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; **LBQ**= lixiviado bruto com Quiabo; **LBEMQ**= lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo

As melhores porcentagens de remoção de cor com e sem filtração uso do extrato de Quiabo e Moringa combinados (LBMSQ 37,5+20g/L) foram de 68,75% e 78%, enquanto que com o uso apenas de (LBQ) Quiabo, obteve-se, com a dosagem de 37,5g/L medias 50% e 72 % de remoção de cor, com o (LBEMS e LBEMC) extrato de Moringa com a mesma dosagem 82% e 87,91%, 74% e 81% na remoção de cor respectivamente, com isso, observa-se que o uso combinado apresentou resultados de remoção inferiores ao uso individual do extrato de *Moringa* com casca e sem casca.

No sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo - apresentaram alterações significativas no monitoramento do terceiro e quinto dia destacando-se o extrato de *Moringa* (LBMS de 37,5 g/l) que obteve uma média de 87,91% e 92 % (203 e 177) se comparado com o valor do (LB = 2000 e 2240) lixiviado sem tratabilidade.

Observa-se que a cor do lixiviado bruto e tratado aumentou após a filtração do quinto dia, este aumento pode ter acontecido devido ao arraste de substâncias recalcitrantes ocorrendo oxidação, conforme pôde ser observado visualmente durante o ensaio. Na maioria das pesquisas esse fato esta associado às substâncias dissolvidas no afluente, principalmente quando provenientes da matéria orgânica da semente. (GHEBREMICHAEL, 2004).

Bernardo (2009) verificou que a aplicação da dosagem de 600g/L do extrato da *Moringa oleifera* proporcionou a redução da cor em porcentual igual a 57,50 %, quando comparada com o efluente bruto. Rocha *et al*, (2012), avaliou um processo adsorptivo utilizando mesocarpo de coco verde para remoção do corante cinza reativo BF-2R, o mesocarpo de coco verde apresentou-se como uma alternativa viável para remoção do corante Cinza Reativo BF- 2R.

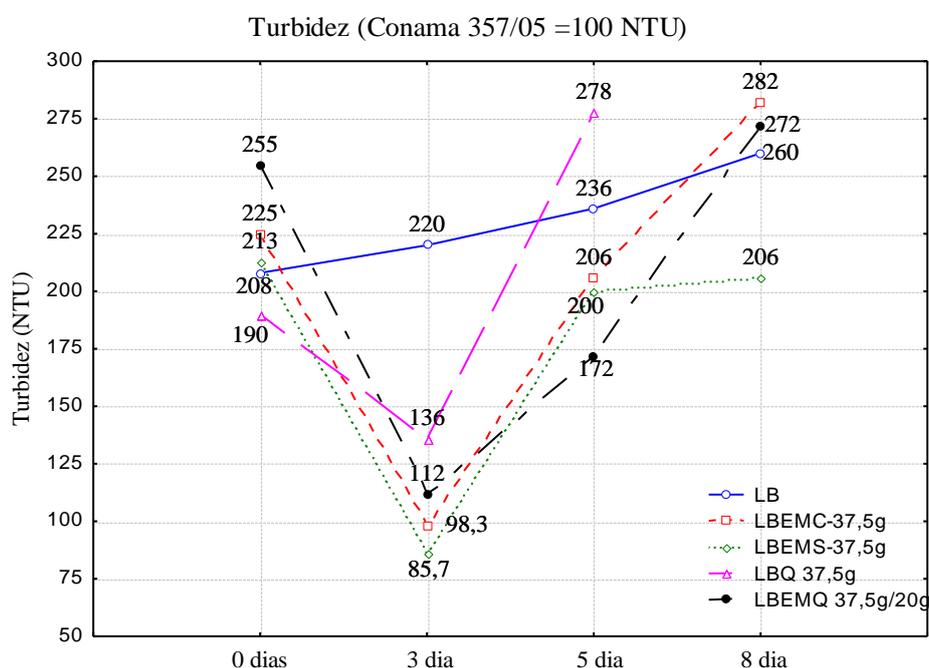
Carvalho (2005) avaliando o uso do extrato de semente de Moringa na clarificação de águas turvas ricas em partículas de óxidos de ferro acumuladas em cava de Mineração, com uma dosagem de 1000 g/L de extrato obteve 99 % de redução de cor.

Os ensaios no sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo mostra que, com a aplicação do filtro a remoção e maior em comparação com a redução obtida com o uso apenas do Cone de Imhoff sem filtração.

d) Turbidez do lixiviado antes e após tratamento

A Turbidez apresentou aumento para todos os tratamentos com exceção do tratamento do extrato de Quiabo com lixiviado bruto (LBQ com 8,6%) nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff após tratamento com os extratos da *Moringa* e do Quiabo. Não alcançou remoções para ficar de acordo com a resolução do CONAMA 100 NTU, Figura 4.34.

Figura 4.34 – Variação da turbidez do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa oleifera* e do Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) como coagulante/floculante natural.



LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBQ= lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ= lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo

Já no sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo apresentaram alterações significativas no monitoramento do terceiro dia se comparado ao lixiviado bruto, mas destacou-se os extratos da *Moringa* com e sem casca os quais alcançou remoções para que fica-se de acordo com a resolução do CONAMA 100NTU. O extrato de *Moringa oleifera* (LBMS de 37,5 g/L) foi a que obteve uma média de 61 % (85,79) se comparado com o valor do (LB4 = 208) lixiviado bruto (Referencia).

A aplicação do extrato de polímero natural do Quiabo no lixiviado bruto mostrou remoção da turbidez de 34%, e com a dosagem do conjunto coagulante natural Quiabo mais Moringa (LBMSQ 37,5+20g/L) apresentou remoção de 46 %, enquanto, que com a dosagem apenas do coagulante da *Moringa* a remoção da turbidez foi de 61% para

LBEMS e 55,31% para LBEMC, a remoção da turbidez do conjunto coagulante Quiabo e Moringa não são significativas quando comparada com a remoção da turbidez com uso apenas do coagulante da *Moringa* sem casca (LBEMS). Abreu Lima (2007) utilizou quiabo, como auxiliar de floculação no tratamento de esgoto, a turbidez reduziu significativamente. Nogueira *et al* (2010) utilizaram o coagulante de Moringa e quiabo no tratamento de efluente doméstico, com 10 minutos de decantação, a turbidez foi reduzida em 88,3 %.

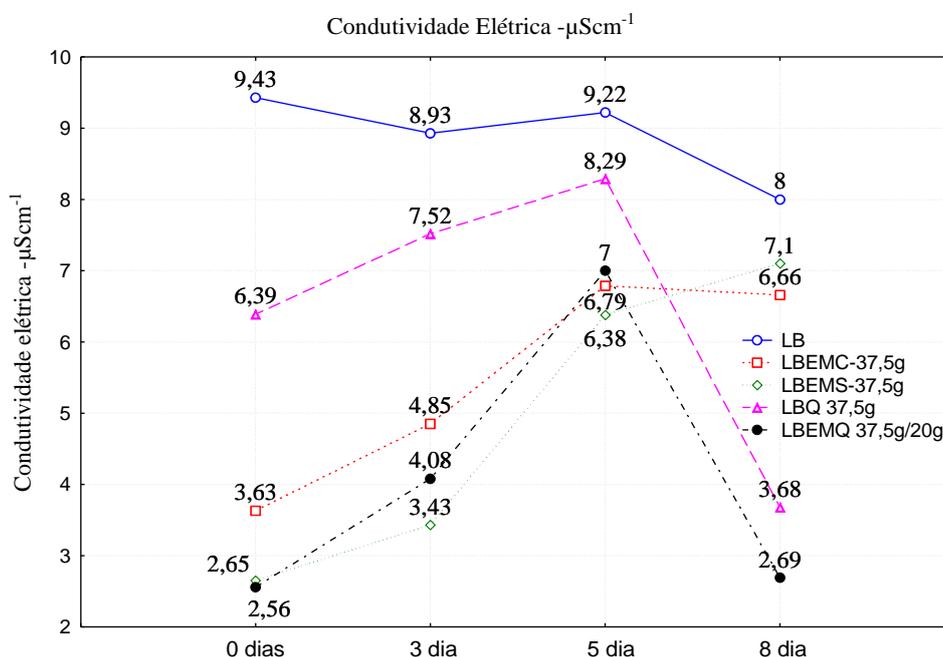
A Turbidez apresentou aumento após o terceiro dia do mesmo modo que ocorreu com a cor do lixiviado bruto e tratado que aumentou após a filtração do quinto dia, este aumento pode ter acontecido devido ao arraste de substâncias recalcitrantes ocorrendo oxidação, conforme pôde ser observado visualmente durante o ensaio. Na maioria das pesquisas esse fato está associado às substâncias dissolvidas no afluente, principalmente quando provenientes da matéria orgânica da semente. (GHEBREMICHAEL, 2004). Katayon *et al.* (2006) destacam que a elevação do tempo de armazenamento da *Moringa* tende a aumentar a turbidez .

Estudos realizados utilizando-se o extrato de semente de *Moringa* associada à filtração no tratamento de água evidenciam resultados interessantes (Beltran-Heredia & Sánchez- Martín, 2009; Franco *et al* 2012). Beltran-Heredia & Sánchez-Martín (2009) notaram redução da turbidez de 100% após filtração. Na filtração lenta Franco *et al* (2012) constataram redução de turbidez de 99,0%. Segundo Leandro *et al* (2014) que avaliaram o potencial de purificação da água por sementes de *Moringa* e observaram que no tempo mínimo de sete dias o extrato da semente contamina a água, acidificando-a e inclusive aumentando a turbidez, corroborando com os resultados da presente pesquisa que obteve remoção dos parâmetros: Cor, turbidez e pH, para o ensaio no terceiro dia e um aumento considerável dos parâmetros no quinto e oitavo dia.

e) Condutividade Elétrica do lixiviado antes e após tratamento

A condutividade apresentou (Figura 4.35) remoção para todos os tratamentos nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff após tratamento com os extratos da *Moringa oleifera* e do Quiabo destacando-se os extratos do LBEMS e LBEMQ que obteve valores dentro da legislação já que até 3 mS.cm^{-1} e considerado alto risco de salinidade no solo.

Figura 4.35 – Variação da Condutividade elétrica do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa* e do Quiabo como coagulante/ floculante natural.



LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBQ= lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ= lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo

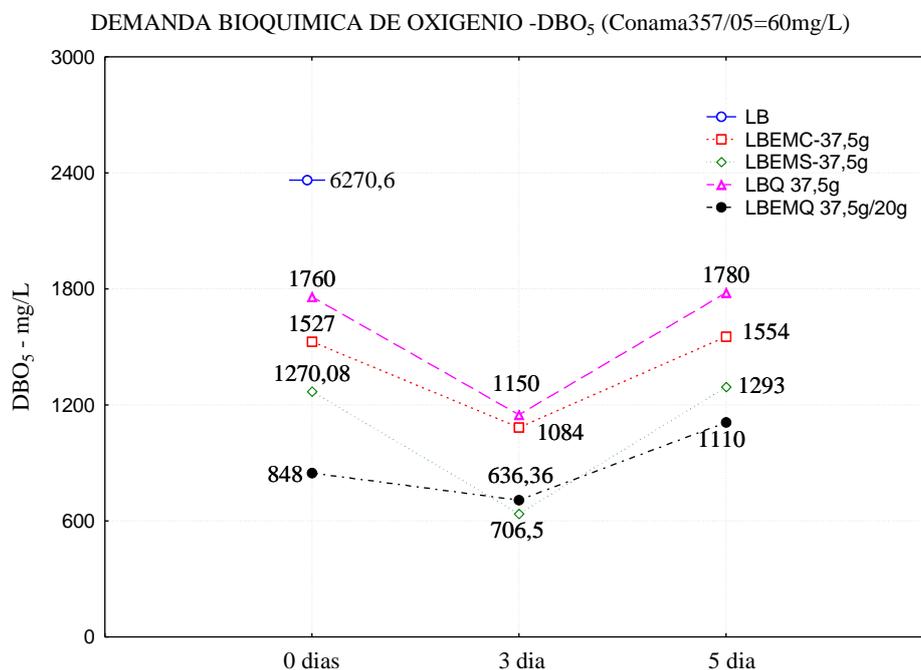
No sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa oleifera* e do Quiabo apresentaram alterações significativas em todos os tratamentos no monitoramento do terceiro e quinto dia que em vez de reduzir aumentou comparado ao lixiviado bruto, e no oitavo dia voltou a reduzir.

De acordo com Madrona (2010), o extrato aquoso e salino das sementes de *Moringa oleifera* perde seu poder coagulante com o tempo, devendo ser utilizado em até três dias para garantir a eficiência do coagulante. Além disso, produtos naturais são normalmente afetados, como todos os materiais biológicos, à umidade e temperatura.

f) Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO₅

A DBO₅ apresentou (Figura 4.36) remoção para todos os tratamentos: LBEMC 75%, LBMS 79,74% , LBQ 71,92% e LBEMQ 86% nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff após tratamento com os extratos da Moringa e do Quiabo . Destaca-se a dosagem de 37,5+20 g/L (Moringa + Quiabo) como a que obteve a melhor redução com (848mg/L) 86% se comparado ao valor de LB=6270,6 mg/L da amostra do lixiviado sem adição de Moringa.

Figura 4.36 – Variação da DBO₅ do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa* e do Quiabo como coagulante/ floculante natural.



LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBQ= lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ= lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo

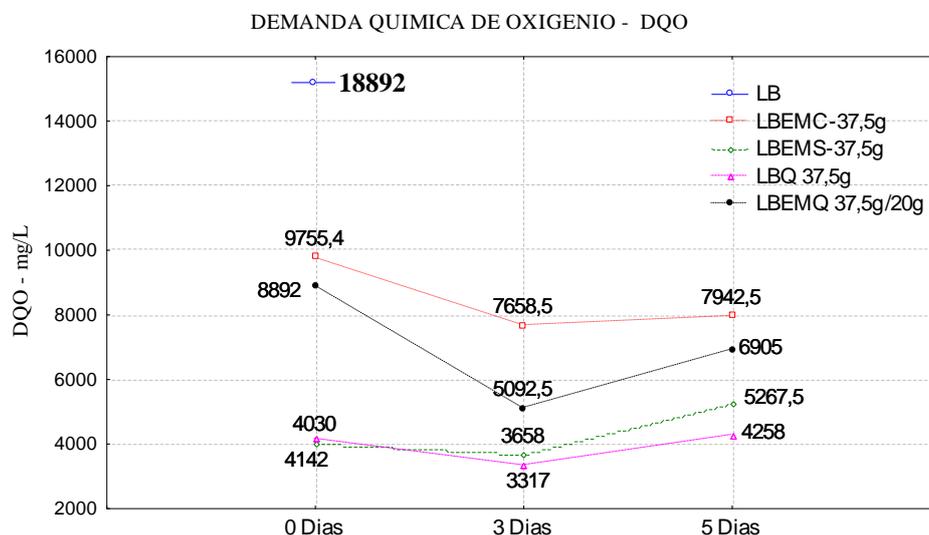
No sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo apresentaram remoções significativas no monitoramento do terceiro dia se comparado ao lixiviado bruto, com remoções para todos os tratamentos: LBEMC 82,71%, LBMS 89,85% , LBQ 81,65% e LBEMQ 88% mas destacou-se o extrato da Moringa sem Casca, mesmo apresentando capacidade de remoção os resultados não foram satisfatório para atender as recomendações da resolução do CONAMA 357/05.

O efeito do coagulante da semente da *Moringa* na DBO₅ do lixiviado tratado mostra que a concentração de matéria orgânica aumenta a partir do quinto dia consideravelmente, um aumento bastante significativo. Pesquisa desenvolvida por Leandro *et al* (2014) sobre o potencial de purificação da água com extrato de *Moringa oleifera* Lam durante um período de sete dias foi observado que o extrato da semente por conta da matéria orgânica volta a contamina a água, acidificando-a e aumentando a turbidez. Foi constatado por Ghebremichael *et al* (2005) e Poumaye *et al* (2012) que a presença do material orgânico da semente de *Moringa* aumenta a turbidez e consequentemente a DBO₅ e que a etapa de filtração é necessária para a remoção da matéria orgânica introduzida pelo coagulante.

g) Demanda Química de Oxigênio – DQO

A DQO apresentou (Figura 4.37) remoção para todos os tratamentos: LBEMC 48%, LBMS 78,66 %, LBQ 78% e LBEMQ 52% nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff após tratamento com os extratos da *Moringa oleifera* e do Quiabo -. Destaca-se o tratamento da *Moringa* sem casca (LBMS) como a que obteve o melhor percentual de remoção se comparado ao valor de LB=18892mg/L da amostra do lixiviado.

Figura 4.37 – Variação da DQO do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa* e do Quiabo como coagulante/ floculante natural.



LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com *Moringa* com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com *Moringa* sem casca; LBQ= lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ= lixiviado bruto com Extrato de *Moringa* e Quiabo

No sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo no monitoramento do terceiro dia obteve-se remoções para todos os tratamentos: LBEMC 60%, LBMS 82,44%, LBQ 88% e LBEMQ 80. Os resultados apresentados para a DQO mostraram-se condizentes com o esperado, já que a adição da *Moringa oleifera* representa matéria orgânica sendo adicionada à amostra (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998).

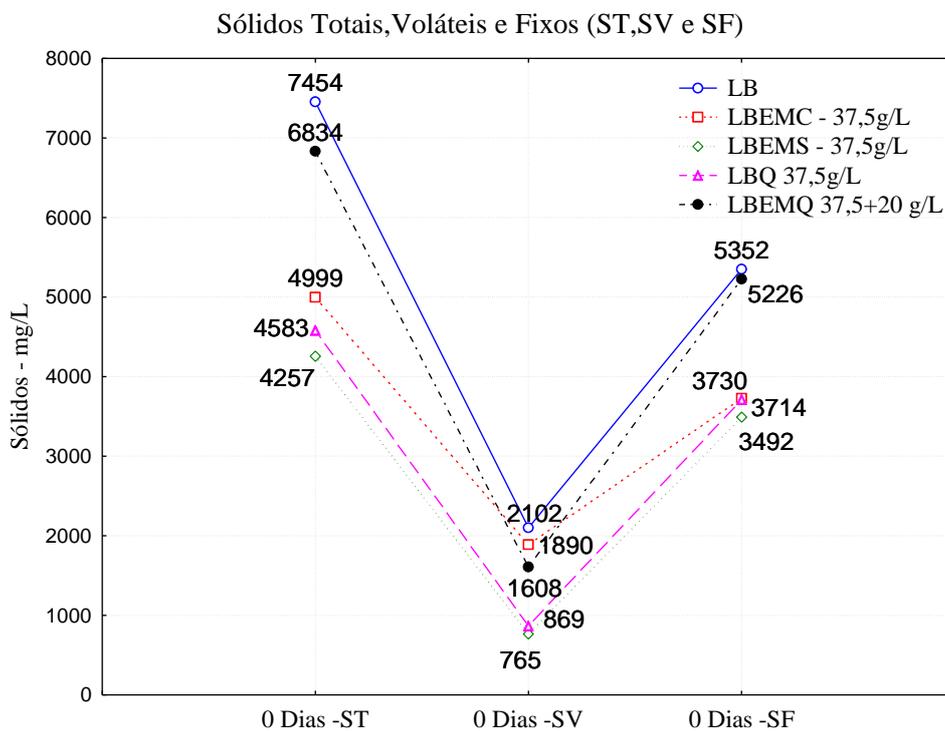
Kalogo *et al* (2001), obtiveram resultados favoráveis para estas variáveis em reator que recebia 50 mg.L^{-1} de extrato aquoso de *Moringa oleifera*. Após o 41º dia de experimento conseguiram remoções de 73 % para DQO no Tratamento de esgoto

doméstico. Semelhantemente ocorreu no sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo no monitoramento do terceiro para DQO. E necessária uma etapa de filtração para a remoção da matéria orgânica adicionada pelo coagulante.

h) Sólidos Suspensos, Voláteis e Fixos.

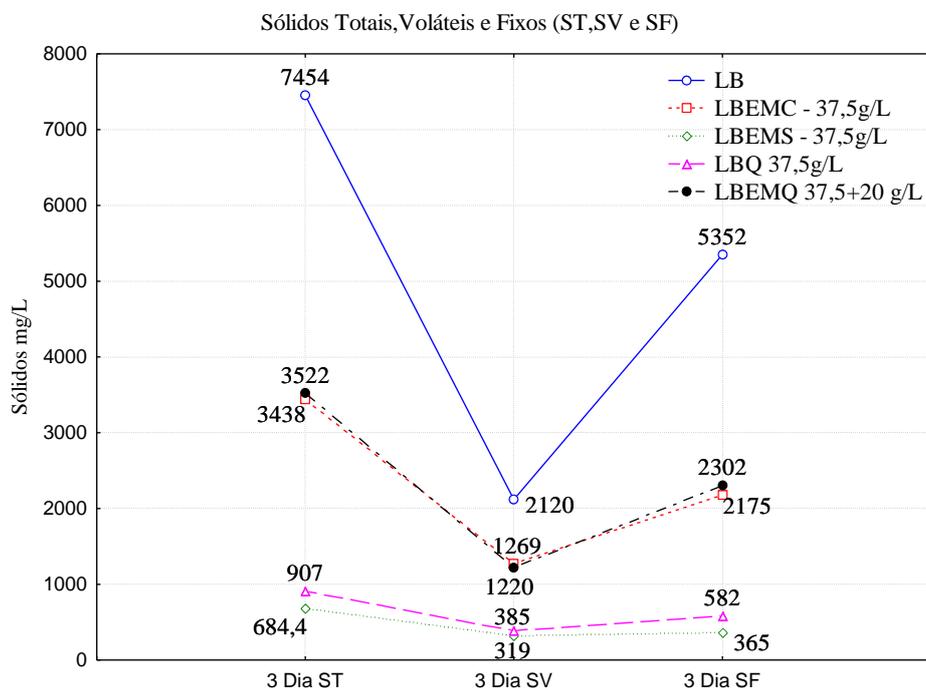
Nas Figuras 4.38, 4.39, 4.40 e 4.41 são apresentados os resultados dos ensaios realizados nos Cone de Imhoff e no sistema de filtração utilizando extrato de sementes da *Moringa oleifera* e do Quiabo como auxiliar de floculação e coagulação para remoção dos sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF) sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF) do lixiviado Bruto do aterro CTR- Candeias com e sem filtração.

Figura 4.38 – Remoção dos sólidos totais, voláteis e fixos do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff utilizando sementes da *Moringa oleifera* e do Quiabo como coagulante/ floculante natural.



Sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF). LB4 = Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com *Moringa* com casca; LBEMS = Lixiviado bruto com *Moringa* sem casca; LBQ = Lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ = Lixiviado bruto com Extrato de *Moringa* e Quiabo.

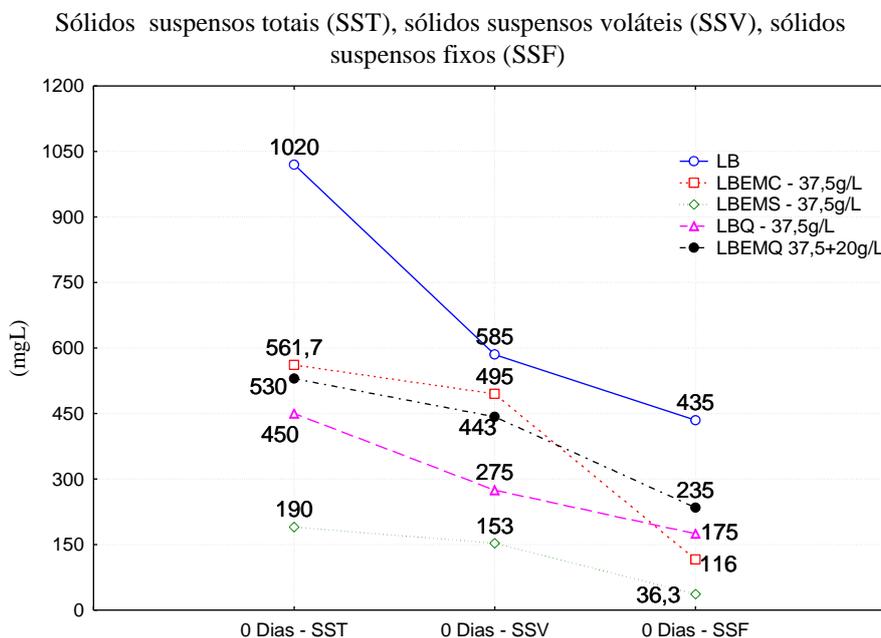
Figura 4.39 - Remoção dos sólidos totais, voláteis e fixos do lixiviado bruto e após tratamento no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa* e do Quiabo - como coagulante/ floculante natural.



Sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF). LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS =Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBQ = lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ = lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo.

Quanto aos sólidos totais, voláteis e Fixos, observou-se elevada remoção após ocorrida a filtração no sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa oleifera* e do Quiabo apresentaram remoções significativas no monitoramento do terceiro dia se comparado ao lixiviado bruto, com remoções em todos os tratamentos para sólidos totais: LBEMC 53,87%, LBMS 90,82% , LBQ 87,83% e LBEMQ 52%, voláteis: LBEMC 39,62%, LBMS 84,82% , LBQ 84,53% e LBEMQ 42%, fixos: LBEMC 59,36%, LBMS 93% , LBQ 89% e LBEMQ 57%, destacou-se o extrato da Moringa sem Casca(LBEMS) e o Quiabo(LBQ). Magalhães *et al* (2006) obtiveram remoções de ST variando entre 43 a 57% quando utilizaram serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias de suinocultura. Resultados semelhantes foram observados por Lo Monaco *et al* (2009), que obtiveram remoções de 40 a 60% de ST utilizando a fibra de coco como material filtrante no tratamento de águas residuárias de suinocultura.

Figura 4.40 - Remoção dos sólidos do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff utilizando sementes da *Moringa oleifera* e do Quiabo, como coagulante/ floculante natural.



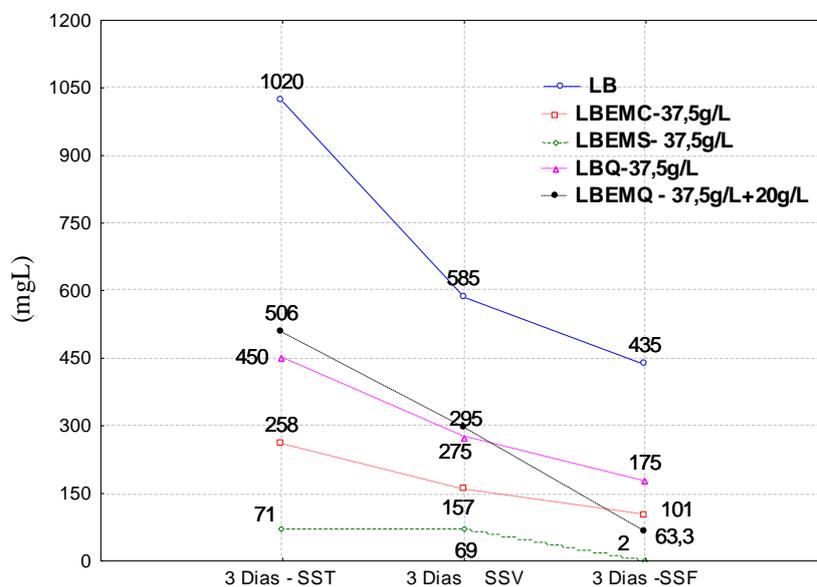
Sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF). LB4 = Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS = Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBQ = lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ = lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo.

Ocorreu remoção para os sólidos suspensos totais em todos os tratamentos: LBEMC 45%, LBMS 81% , LBQ 55% e LBEMQ 48%, os sólidos suspensos voláteis: LBEMC 15%, LBMS 74% , LBQ 52% e LBEMQ 24%, os sólidos suspensos fixos: LBEMC 73%, LBMS 92% , LBQ 60% e LBEMQ 46%, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff após tratamento com os extratos da *Moringa oleifera* e do Quiabo. Destaca-se a dosagem de 37,5g/L com extrato de Moringa sem casca (LBEMS) como a que obteve a melhor redução.

No sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo apresentaram remoções significativas no monitoramento do terceiro dia (Figura 4.40) se comparado ao lixiviado bruto, para os sólidos suspensos totais em todos os tratamentos: LBEMC 75%, LBMS 93% , LBQ 64% e LBEMQ 50%, os sólidos suspensos voláteis: LBEMC 73%, LBMS 88% , LBQ 56% e LBEMQ 45%, os sólidos suspensos fixos: LBEMC 77%, LBMS 99% , LBQ 75% e LBEMQ 85%, mas destacou-se o extrato da *Moringa oleifera* sem casca.

Figura 4.41 - Remoção dos sólidos do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa oleifera* e do Quiabo, como coagulante/ floculante natural.

Sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF)



Sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF). LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBQ= lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ= lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo

Os resultados das análises de SST, SSV e SSF após filtração apresentou uma média de 71mg/l, 69 mg/l e 2mg/l do efluente tratado com o extratos de *Moringa oleifera* estando estes resultados dentro dos padrões de lançamento exigidos pelo CONAMA, que estabelece um valor máximo de 150,0 mg/l. Na Figura 4.40, observa-se que, inicialmente, o coagulante do extrato de semente de *Moringa* sem casca apresentou as melhores remoções para todos os sólidos, em relação ao coagulante de Quiabo. No entanto, a partir do terceiro dia, o processo de remoção de SST mostrou-se maior, alcançando remoção na faixa de 50 a 90% em todos os tratamentos, de acordo com os valores apresentados nas Figuras 4.40 e 4.41, remoções com e sem filtração, os filtros proporcionaram uma eficiência melhor de remoção. Lo Monaco *et al* (2009), obtiveram remoções médias de 60% quando utilizaram fibra de coco como material filtrante no tratamento de águas residuárias de suinocultura. Magalhães *et al* (2006) obtiveram remoções de 90 a 99% de SST, quando utilizaram a serragem de madeira.

i) Análises de Coliformes Totais e fecais

As análises microbiológicas realizadas após cada ensaio apresentaram resultados bastante satisfatórios (Tabela 4.18). Quanto à mortalidade de coliformes totais, houve diferença relevante em todas as amostras, bem como para a mortalidade de Coliformes fecais que mostrou uma grande melhora na remoção com a adição dos coagulantes, quando comparada com o lixiviado bruto. Os resultados estão de acordo com a Classificação CONAMA 357/05.

Tabela 4.18 - Apresenta os resultados das análises laboratoriais para efeitos microbiológico de Coliformes totais (A) e Coliformes fecais (B) do lixiviado bruto e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros utilizando sementes da *Moringa oleifera* Lam e do Quiabo como coagulante/ floculante natural.

Dosagem do extrato (0filtração)	CT (A) (NMP/100ml)	mortalidade %	CF (B) (NMP/100ml)	mortalidade %	Características
LB4	$3,1 \times 10^6$		$7,8 \times 10^5$		Pútrido/ Escuro com partículas em suspensão/pH 8,0
LBQ 37,5g/L	$1,6 \times 10^8$	0	$1,6 \times 10^8$	0	Pútrido / Viscoso, Verde acinzentado com partículas em suspensão /pH 8.0
LBEMC 37,5g/L	$1,6 \times 10^4$	99,48%	$1,6 \times 10^4$	97,94%	Pútrido/ Turvo amarelado com partículas em suspensão/ pH 8,0
LBEMS 37,5g/L	$9,2 \times 10^3$	99,70%	$9,2 \times 10^3$	98,82%	Turvo amarelado com partículas em suspensão /pH 8.0
LBEMQ 37,5g/L+20g/L	$9,2 \times 10^7$	0	$2,4 \times 10^6$	0	Pútrido/ Turvo Levemente amarelado com partículas em suspensão /pH 7.0
Dosagem do extrato (5filtração)	CT (NMP/100ml)		CF (NMP/100ml)		Características
LB4	$2,8 \times 10^7$		7×10^4		Pútrido/ Verde escuro com partículas em suspensão/pH 8,0
LBQ 37,5g/L	$1,6 \times 10^8$	0	$1,7 \times 10^3$	75,71%	Pútrido/ Turvo amarelado com partículas em suspensão /pH 7.0
LBEMC 37,5g/L	$1,6 \times 10^4$	99,42%	$2,4 \times 10^3$	65,71%	Pútrido / Turvo amarelado com partículas em suspensão/pH 7,0
LBEMS 37,5g/L	$9,2 \times 10^5$	96,71%	$3,5 \times 10^5$	95%	Levemente Pútrido/ Amarelado/pH 7.0
LBEMQ 37,5g/L+20g/L	$2,8 \times 10^7$	0	$4,8 \times 10^3$	31,42%	Pútrido/ Turvo com partículas em suspensão/ pH 7,0

LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com Moringa sem casca; LBQ= lixiviado bruto com Quiabo; LBEMQ= lixiviado bruto com Extrato de Moringa e Quiabo. CT – Coliformes Totais; CF – Coliformes Fecais,

Os coliformes fecais e totais apresentou mortalidade apenas para os tratamentos com os extratos da *Moringa* com e sem casca nos ensaios de tratabilidade no Cone de Imhoff com percentuais de 99%. Já no sistema simplificado de filtros utilizando os

extratos *Moringa* e do Quiabo apresentaram mortalidade para coliformes fecais em todos os tratamentos no monitoramento do quinto e no caso de coliformes totais com os extratos da *Moringa* em vez de reduzir apresentou um aumento mesmo que baixo o percentual, ocorreu mudança de cor e odor apenas nos tratamentos com extrato aquoso da semente de *Moringa* sem casca diferentemente do extrato com Quiabo. Extratos da *Moringa* são eficientes na eliminação de contaminantes microbiológicos, reduzindo as populações de protozoários e bactérias (Paterniani *et al* 2009; Nishi *et al* 2011). De acordo com Kalogo *et al* (2001), extratos de *Moringa* diminuem a contagem de bactérias, o efeito do tratamento biológico da *Moringa* se deve a substância antimicrobiana (4(Rhamnosyloxybenzylisothiocyanate (RI)) (SILVA; KERR, 1996). Vale destacar que para o parâmetro odor as amostras analisadas não apresentaram cheiro de gás sulfídrico (H₂S). Após tratamento com a semente de *Moringa* o resultado foi satisfatório em todas as amostras tratadas ficando estas classificadas com Odor Não objetável. Para todos os tratamentos no sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo, o odor apresentou no quinto dia fétido, o extrato da *Moringa* com e sem Casca, mesmo apresentando capacidade de remoção de odor após o quinto dia os resultados não foram satisfatório, Muito embora a concentração de material orgânico da semente até o terceiro dia não apresentasse odor fétido diferentemente do Quiabo que não neutralizou o odor fétido. Tal reação com o extrato de semente de *Moringa* já se era de esperar visto que o extrato da semente é orgânico, sendo assim quando utilizado o extrato da semente de *Moringa* para tratabilidade de lixiviado de aterro sanitário não deve ser ultrapassado o tratamento por mais de três dias, como também, e principalmente, para minimização quanto aos impactos ambientais de odor no entorno do aterro sanitário.

Considerações da eficiência de tratamento de lixiviado com o uso de coagulantes a base de *Moringa oleifera* Lam e Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench).

Nessa pesquisa buscou-se testar o efeito do extrato *Moringa oleifera* durante o período de dias e não por um determinado tempo em horas, após os ensaios com os extratos da *Moringa* e do Quiabo no Cone de Imhoff e no sistema simplificado de filtros pode se concluir que:

Durante a realização dos testes, pode - se perceber que em todos os tratamentos realizados, os dois sistemas reduziram consideravelmente os parâmetros de cor, turbidez, Condutividade, DQO, DBO₅, coliformes fecais e totais do lixiviado bruto, porém o que na maioria das vezes apresenta melhores resultados é o Sistema de filtro com extrato de *Moringa oleifera* sem casca (LBEMS); mesmo assim não alcançou remoções para ficar de acordo com a resolução do CONAMA 75Pt/Co.

Os resultados obtidos com a filtração simplificada com areia e cascalhinho, pôde-se constatar que o pós-tratamento por decantação/filtração é capaz de complementar a remoção de matéria orgânica presente em lixiviado tratado com coagulantes naturais;

Quanto aos sólidos totais, voláteis e Fixos, observou-se elevada remoção depois de ocorrida a filtração no sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa oleifera* e do Quiabo, esses resultados indicam que o uso do extrato de sementes de *Moringa* aliados a uma etapa de filtração promove um aumento na eficiência de remoção;

O efeito do coagulante dos extratos de *Moringa oleifera* e Quiabo - a partir do quinto dia no lixiviado bruto aumentaram os parâmetros de pH ,cor, turbidez e condutividade, o extrato aquoso das sementes de *Moringa oleifera* perde seu poder coagulante após quatro dias;

Considerando que a semente de *Moringa oleifera* é um coagulante natural e biodegradável, os resultados obtidos a partir dos ensaios de coagulação/floculação e sedimentação com coagulante da *Moringa*, apresentaram-se como uma boa alternativa para o pré -tratamento de lixiviado na redução da turbidez e cor.

De acordo com os dados apresentados, é possível verificar que a *Moringa* é um polímero natural que pode ser utilizado como auxiliar de coagulação nas condições experimentais que foram analisadas, pois foram obtidos bons resultados na remoção de coliformes totais e fecais; além de reduzir o odor putrefico do lixiviado, já o extrato aquoso do Quiabo - não reduziu.

É importante ressaltar que o uso combinado *Moringa oleifera* e Quiabo, deve ter continuidade, para encontrar a ou as dosagens ideais, e assim, possivelmente, atingir níveis maiores de remoção dos parâmetros cor e turbidez, visto que este estudo testou apenas uma combinação.

4.9 Proposta de utilização do coagulante da semente de *Moringa oleifera* Lam no tratamento de lixiviado de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos

4.9.1 Para atingir o objetivo de tratabilidade do lixiviado utilizando o polímero da semente de *Moringa oleifera* Lam, sugerem-se os seguintes procedimentos;

- a) caracterização completa do lixiviado bruto nos períodos de verão e inverno;
- b) aquisição de sementes de *Moringa* de regiões sem salinação;
- c) construção de um viveiro de mudas com a *Moringa* para reflorestamento no terreno do aterro Sanitário formando um banco de sementes no local de tratamento;
- d) construção de uma unidade de beneficiamento da semente de *Moringa* para produção do coagulante no próprio aterro;
- e) preparação do extrato em varias dosagens e determinar a melhor dosagem;
- f) o coagulante a base do polímero da semente de *Moringa* de ser utilizado até três dias após seu preparo. Posteriormente, a realização dos ensaios utilizando o extrato (polpa) da semente de *Moringa* na dosagem pré-determinada no aparelho denominado Jar-Test JAR - TEST utilizado para os ensaios de coagulação/floculação;
- g) após os ensaios de Jar-teste deve ser utilizado Filtro como polimento final removendo a matéria orgânica e melhorando a remoção dos parâmetros de cor, turbidez, DBO₅, DQO;
- h) Bioensaios para avaliação da toxicidade do lixiviado bruto, após os ensaios fazer a caracterização completa do lixiviado após tratamento para análise da remoção de cor, turbidez, DBO₅, DQO, metais pesados e bactérias presentes no lixiviado do aterro sendo analisados em Laboratório de Microbiologia e de Química Ambiental.

4.9.2 Procedimentos no tratamento de lixiviado de aterro sanitário de resíduos sólido urbano utilizado o polímero da semente de *Moringa oleifera* Lam

A seguir será mostrado um roteiro dos procedimentos que devem ser utilizados no tratamento de lixiviado de aterros sanitários considerando a viabilidade da semente de *Moringa* como coagulante natural.

4.9.3 Coleta e Preparo das amostras dos Lixiviados

As amostras do lixiviado bruto devem ser coletadas da caixa de vazão do Aterro e estocadas em bobonas de polietileno para a realização dos ensaios, acondicionadas a 4°C, de acordo com a metodologia de conservação do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Durante a caracterização deve ser coletado e analisado o lixiviado nos períodos do verão e inverno, pois suas características mudam dependendo da época do ano.

4.9.4 Análise do Lixiviado

Caracterizações físico-químicas e microbiológicas do lixiviado

As análises dos parâmetros (Tabela 4.19) do lixiviado do aterro antes e após tratamento devem ser determinadas segundo o STANDARD METHODS, 2005, exceto para coliformes para os quais se utilizou a técnica descrita por Colilert® (reagentes Idexx, EUA). Seguindo os dados de padrão de lançamento de efluente especificados na Resolução do CONAMA 357/05.

Na Tabela 4.19 Parâmetros a serem determinados e os métodos empregados nas análises de lixiviado antes e após experimentos

Tabela 4.19. Parâmetros determinados e métodos empregados nas análises de lixiviado

Parâmetros	Métodos de análise
Turbidez	Turbidímetro
Condutividade	Potenciométrico
Coliformes Fecais	Tubos múltiplos
Coliformes totais	Tubos múltiplos
Cor	Fotocolorimétrico SMEWW 2120 C
DQO e DBO ₅	Eletrométrico com membrana
pH	Potenciométrico
Nitrogênio amoniacal	Eletrométrico

4.9.5 Coleta e preparo da semente de *Moringa oleifera* Lam

As sementes da *Moringa oleifera* devem ser adquiridas de locais ou regiões que o solo não apresente salinização. As sementes oriundas de regiões com salinização podem apresentar condutividade alta e conseqüentemente alterar os resultados no tratamento

dos parâmetros de DQO e DBO₅. As sementes devem ser armazenadas em câmara fria com desumificador evitando sua deterioração e conseqüentemente conservando as características do princípio ativo da semente como coagulante, O produto final (extrato) deve ser guardado até três dias em geladeira há 4°C, de acordo com a metodologia de conservação do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005) só se faz necessário se não for produzir o extrato todos os dias.

4.9.6 Preparo do coagulante de *Moringa oleifera* Lam

Para o preparo do extrato aquoso a base de semente de *Moringa*, deve ser usada sementes, pois é onde se encontra o princípio ativo coagulante. As sementes devem ser secas para produção de extrato a ser utilizado nos ensaios de tratabilidade do lixiviado do aterro sanitário, o extrato com o pó da semente de *Moringa* sem casca.

Para a obtenção do coagulante natural extraído das sementes de *Moringa* deve seguir o seguinte procedimento: as sementes devem ser pesadas após retirar a casca das sementes e triturar no liquidificador até se obter um pó que é misturado em água destilada utilizando uma porcentagem de 5% do peso de pó sobre o volume de água, agitando-se por 5 minutos no agitador manual, após a agitação pode ser adicionado ao lixiviado como solução coagulante.

4.9.7 Caracterização físico-química da semente de *Moringa oleifera* Lam

A caracterização físico-química da semente de *Moringa* deve ser realizada no Laboratório de Alimentos. A caracterização da amostra realizada em termos das seguintes análises físico-químicas: umidade e substâncias voláteis, cinzas, lipídeos, proteína bruta e carboidratos totais (por diferença). Pela metodologia AOAC Association of Official Analytical Chemist (2000).

4.9.8 Dosagem mínima da semente de *Moringa oleifera* Lam e pH ótimo

A dosagem recomendada da solução coagulante deve ser a que apresentar as melhores remoções, sem a necessidade de ajustar o pH, ficando o mais próximo das condições pela legislação do CONAMA 357/05 para remoção dos parâmetros cor, turbidez, DQO e DBO₅ a que apresenta satisfatória porcentagem de remoção deve

considerar o uso da filtração que é capaz de complementar a remoção de matéria orgânica presente em lixiviado após tratamento com coagulantes naturais;

4.9.9 Experimento de Laboratório

a) Ensaios de Jar-test (coagulação/floculação/sedimentação)

O aparelho utilizado para os ensaios de coagulação/floculação funciona como um reator estático, denominado Jar-Test. Este equipamento é constituído por um suporte metálico, coberto com uma lamina fina de PVC branco, que abriga duas lâmpadas fluorescentes. Acima deste suporte estão colocadas seis cubas em acrílico com capacidade de 2 litros cada com um coletor de amostra no centro da cuba. A agitação é promovida por um conjunto de polias e correia, acionando um eixo com pás. Após o processo de coagulação/floculação segue o processo de sedimentação.

b) Bioensaios de toxicidade do lixiviado bruto e dos extratos de *Moringa oleifera* Lam após tratamento

Bioensaios para o Experimento de fitotoxicidade com Alface - *Lactuca sativa* L. o Experimento de toxicidade do lixiviado bruto antes e após tratamentos com os extratos de *Moringa* utilizando sementes de Alface.

c) Experimento em modelos em Filtro Sistema simplificado (sedimentação e filtração)

O experimento utilizando modelo de filtro deve ser realizado, pois bons resultados foram obtidos com a filtração simplificada com areia e cascalhinho, o pós-tratamento por decantação/filtração é capaz de complementar a remoção de matéria orgânica presente em lixiviado tratado com coagulantes naturais.

d) Decantação

O condicionamento da mistura entre o coagulante e o lixiviado feito com as etapas de mistura rápida do Jar-Test melhora a eficiência de coagulação/floculação. Avaliar a melhor porcentagem de remoção pelo tempo de decantação. Fato que se confirma ao atingir menores valores finais de cor, turbidez, DQO, sólidos e condutividade elétrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PROPOSTA

Economicamente a substituição dos coagulantes químicos por naturais é viável, pois o custo por metro cúbico de efluente tratado com coagulante inorgânico cloreto férrico é maior em relação ao natural (Vaz *et al*, 2010; ISABELA SOLANA, 2014).

Outros ganhos com a troca e que produção de lodo é biodegradável, podendo sua destinação ser para compostagem ou biodigestor, contribuindo com a redução de gastos, pelo uso do biogás; o coagulante natural evita problemas com corrosão de equipamentos; além dos ganhos ambientais.

Uma das atribuições da *Moringa* descritas por Oliveira (2010) é o uso da espécie (árvore). Além do tratamento de lixiviado, a *Moringa* pode ser utilizada no processo de fitorremediação, utilização de plantas como agente de descontaminação plantadas no solo do próprio aterro, para conter ou tornar inofensivos determinados contaminantes ambientais, a sua vantagem consiste em ser economicamente viável e apresentar potencial para tratamento *in situ*, ou seja, pode ser tratado no local da contaminação. Além de se ter um banco de sementes a partir das árvores de *Moringa* plantadas no mesmo local de tratamento do lixiviado

A escolha da metodologia para sustentabilidade ambiental deve ser pautada baseando-se nas características apresentadas pelo lixiviado a ser tratado, a implantação do viveiro de mudas com a *Moringa* é necessária para adequação da proposta de tratamento do lixiviado com o uso do coagulante produzido em uma unidade beneficiadora no próprio aterro, reduzindo os custos de compra das sementes. Dessa forma se alcance a sustentabilidade ambiental com a implantação das espécies no aterro já que este tem terreno e um viveiro de mudas. Além do tratamento de lixiviado, a *Moringa* pode ser utilizada no processo de fitorremediação sendo uma das atribuições da espécie *Moringa* descritas por Oliveira (2010)

5 ANÁLISE DE VIABILIDADE DO USO DA *MORINGA OLEIFERA* NO TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE LIXIVIADO

A implantação da espécie *Moringa oleifera*, envolve despesas iniciais com aquisição das primeiras sementes e preparação do terreno (Não é necessário compra do terreno, pois a implantação da Moringa será no terreno do aterro), bem como, com a plantação das árvores. E depois, despesas permanentes, inerentes ao trato cultural da planta, tais como, despesas com irrigação, adubação, defensivos contra pragas, podaço, cerca de proteção e cuidados com a segurança contra invasão de vândalos e animais.

Despesas também com a colheita das vagens e seu transporte até a unidade beneficiadora de polpa e depois para ETA - Estação de Tratamento de Lixiviado. No que se refere a unidade beneficiadora da polpa, ela precisa de recursos financeiros para edificação das instalações físicas, aquisição de equipamentos: tais como, debulhadora, despoldadora, triturador e sistema de armazenamento tanto das vagens quanto da polpa beneficiada. Além de recursos humanos para operação e manutenção da unidade.

Considerando que a Moringa é uma árvore de porte médio, ela precisa de aproximadamente 25 m² de área de solo fértil e profundo, por árvore, para se desenvolver bem e atingir sua produtividade plena, da ordem de 4.0 kg de polpa de semente/árvore/safra, quando atinge a idade adulta, após 3 (três) anos de vida. Ela oferece 2 (duas) safras por ano, uma em abril e maio e outra em novembro e dezembro.

Para um Aterro Sanitário que produz 16000/L por dia de Lixiviado, são necessários $16 \times 37 = 592$ k de sementes.

Como cada árvore produz em média 5.0 kg de polpa da semente por semestre vão ser precisos (5,67 kg de sementes), 2664 arvores por ano em 8 hectares pra tratar o lixiviado.

A implantação da cultura de *Moringa* envolve atividades como:

- Coleta das sementes e preparo do viveiro;
- Preparo do terreno, bem como, com a plantação das mudas de Moringa;
- Trato cultural da planta, tais como, irrigação, adubação e podaço;
- Colheita das vagens e seu transporte até a unidade beneficiadora de polpa e depois para ET - Estação de Tratamento.

Tabela 4.20 Investimento inicial para implantação da unidade de beneficiamento do coagulante da semente de Moringa.

Especificação	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Construção civil - galpão (50m ²)	01	25.000,00	25.000,00
Balança de chão para 300 kg	01	5.000,00	5.000,00
Carro de mão	01	120,00	120,00
Despolpadeira de 500 kg/h	01	7.250,00	7.250,00
Câmara fria para armazenamento das sementes (ar – condicionado)	01	1000,00	1.000,00
Câmara fria para armazenamento do produto final (extrato) *	01	1.600,00	1.600,00
Tanque com capacidade de 500 kg**	02	500,00	1.000,00
Desumificador	01	270	270,00
Total			41.240,00

* Câmara fria para armazenamento do produto final (extrato) só se faz necessário se não for produzir o extrato todos os dias.

**Tanque em inox ou de azulejo para espera e suporte até ser levada a lagoa de tratamento, capacidade 500L.

Viabilidade técnica e econômica

Para a análise da viabilidade econômica, da substituição do coagulante inorgânico (cloreto férrico) pelo coagulante com base orgânica (NOVFLOC 1540) avaliou-se um histórico do consumo diário e de custo, por um período de 3 meses. Além do volume também é necessário ter os valores de custos com os coagulantes. Os custos dos coagulantes e dos auxiliares de coagulação são: R\$ 0,88/kg de cloreto férrico 38%, e o R\$ 6,67/kg de NOVLOC. (ISABELA SOLANA, 2014).

Segundo Vaz *et al* (2010) quando se utiliza coagulante orgânicos, a produção de lodo é menor comparada com o uso dos inorgânicos. Além de ser biodegradável e apresentar baixa ou nenhuma toxicidade o que possibilita ser destinado para a biodigestão, diferente do lodo contendo ferro, pois inibe a reprodução microbológica e o efluente traz risco para a fauna aquática.

Em relação ao tratamento de lixiviado, com o uso de coagulantes convencionais, como sulfato de alumínio líquidos, cloreto ferroso e cloreto férrico tem demonstrado ser mais vantajoso, pelo fato de não precisar do sistema de produção do coagulante e com isso evitar um custo adicional significativo, tanto inicial quanto permanente. Porém problemas como corrosão de equipamentos (bombas, tanques e tubulações) também somam como desvantagem no uso do cloreto férrico. Para o sistema que adote o pré-tratamento de Lixiviado com a polpa da *Moringa*, como coagulante o qual apresenta grande eficiência como coagulante é de fácil aplicação e seus preços no mercado são relativamente baixos, variando de 1,00 a 2,00 (hum a dois reais) por litro. Mas essa despesa é evitada já que o coagulante da *Moringa* será produzido no próprio aterro.

CAPITULO V

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos testes analíticos realizados nas sementes, no óleo e no lixiviado tratado, dentro das condições em que foram desenvolvidos nos experimentos permitem fazer as seguintes considerações.

A semente de *Moringa oleifera*, caracteriza-se por um elevado teor de proteínas e lipídeos potencialmente valiosa com possíveis aplicações na indústria alimentícia como em tratabilidade ambiental.

A oleaginosa apresentou elevada concentração de ácido oléico o Índice de acidez do óleo foi baixo que pela ANVISA e ate 10 mg. O elevado teor de ácido oléico favorece a estabilidade oxidativa.

Quanto ao lixiviado tratado nos Experimentos

O extrato com óleo da moringa (6 ml) removeu 65% de DBO₅ e 99% de coliformes mas não se mostra eficiente na remoção de cor, turbidez, sólidos, condutividade e odor.

O óleo extraído das sementes de *Moringa*, não é menos eficaz do que o extrato aquoso das sementes da *Moringa*;

A mistura biossurfactante com extrato aquoso de *Moringa* foi satisfatório com relação à cor, mas ocorreu aumento da turbidez, DQO e DBO₅ em relação aos valores iniciais do lixiviado bruto.

O biossurfactante demonstrou eficiência de remoção de coliformes totais e fecais em 99%, turbidez 13% mas ocorreu aumento de DQO e DBO₅, e os resultados da mistura biossurfactante com óleo de moringa não reduziu cor, turbidez, DQO, DBO₅ e condutividade em relação ao valor inicial do lixiviado bruto;

Os coliformes fecais e totais foram eliminados em todas as dosagens empregadas na tratabilidade do afluente. Os coliformes foram mortos em mais de 97%. Ocorreu mudança de cor e odor apenas nos tratamentos com extrato aquoso da semente de *Moringa* diferentemente do extrato com óleo da *Moringa* e com biossurfactante.

O extrato aquoso de semente *Moringa* com casca e sem casca removeu os níveis de metais presentes nos líquidos percolados em relação ao afluyente bruto para o Zinco e Ferro.

O extrato da *Moringa oleifera*, favorece o aumento da DQO e DBO₅, sendo recomendado a adição de uma etapa de filtração ou decantação, para o tratamento do lixiviado;

A origem da semente de *Moringa*, altera os resultados, sementes de regiões salinas afeta a condutividade, DQO e DBO₅

O extrato da semente de *Moringa oleifera* (LBEMS 37,5g/L) obteve maior eficiência para o pré-tratamento do lixiviado, não alterou o pH e apresentou remoção dos parâmetros cor, turbidez, sólidos, DQO, DBO₅ e condutividade;

Houve mortalidade de coliformes fecais e totais para todos os tratamentos, exceto o tratamento com extrato de semente de *Moringa* sem casca (LBEMS que apresentou com o mesmo valor do lixiviado bruto inicial, porém o odor fétido foi eliminado.

A morte de coliformes fecais e totais utilizando o extrato aquoso das sementes de *Moringa* sem casca (LBEMS) se altera com o tempo de coagulação. Perdendo seu poder coagulante com o tempo. Devendo ser utilizado em até três dias para garantir a eficiência do coagulante;

A ação dos coagulantes oriundos da extração química e da extração aquosa foram eficientes na remoção da turbidez do lixiviado, sendo que, os extratos produzidos em meio aquoso apresentaram um maior percentual de remoção.

O lixiviado bruto apresentou toxicidade em *Alface-Lactuca sativa* L. evidenciada, pela germinação quando comparada ao controle negativo.

O lixiviado tratado com os extratos da semente de *Moringa*, apresentou germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. tanto na fração extrato de *Moringa* puro (EXTMO), quanto no lixiviado com adição dos extratos de *Moringa* com e sem casca (LBEMC/LBEMS).

O lixiviado bruto apresenta toxicidade e após o tratamento biológico com extrato de *Moringa* pelo processo de coagulação/floculação/sedimentação essa toxicidade é reduzida.

A Alface - *Lactuca sativa* L. é de fácil aplicação para o Experimento de toxicidade, tendo permitido obter resultados para avaliação dos efeitos toxicológicos do lixiviado bruto de aterro sanitário.

O extrato aquoso de *Moringa* apresentou remoções de cor significativas no monitoramento do terceiro e quinto dia mesmo assim não alcançou os padrões da resolução do CONAMA 75Pt/Co.

Os filtros utilizados reduziram consideravelmente os parâmetros de cor, turbidez, Condutividade, sólidos, DQO, DBO₅, coliformes fecais e totais do lixiviado bruto (LB4), porém o que na maioria das vezes apresenta melhores resultados é o Sistema de filtro com extrato de *Moringa* sem casca (LBEMS).

Quanto aos sólidos totais, voláteis e Fixos, obteve remoção depois de ocorrida a filtração no sistema simplificado de filtros utilizando os extratos *Moringa* e do Quiabo, esses resultados indicam que o uso do extrato de sementes de *Moringa* aliados a uma etapa de filtração promove um aumento na eficiência de remoção.

O tratamento do lixiviado bruto (LB4) com Quiabo (LBQ 37,5g/L), não alterou o pH e obteve remoção para os parâmetros: cor, turbidez, sólidos, condutividade, DQO e DBO₅, o emprego em conjunto com Quiabo e *Moringa* (LBEMQ 37g/L+20g/L), também obteve remoção para os mesmos parâmetros.

O efeito do coagulante dos extratos de *Moringa* e Quiabo a partir do quinto dia no lixiviado bruto aumentaram os parâmetros de pH, cor, turbidez e condutividade, o extrato aquoso das sementes de *Moringa* perde seu poder coagulante após três dias.

A semente da *Moringa* em forma de extrato aquoso reduz o odor putrefico do lixiviado, já o extrato aquoso do Quiabo não reduziu.

Foi possível verificar que a *Moringa* é um polímero natural que pode ser utilizado como auxiliar de coagulação nas condições experimentais que foram analisadas, pois foram obtidos bons resultados na eliminação de coliformes totais e fecais;

Considerando os resultados das análises existe viabilidade da espécie *Moringa* através da Fitorremediação, o potencial de suas sementes, na forma de extrato, para o pré-tratamento do lixiviado de aterros sanitários;

Assim se conclui que o melhor tratamento corresponde ao extrato aquoso da semente de *Moringa* (LBEMS 37,5g/L) sem casca com um tempo de decantação de 120 min.

Conclusão final

Os resultados obtidos com a filtração simplificada com areia e cascalhinho, como pós-tratamento por decantação/filtração é capaz de complementar a remoção de matéria orgânica presente em lixiviado tratado com coagulantes naturais e consequentemente reduzindo DQO e DBO₅;

Considerando que a *Moringa* é um coagulante natural e biodegradável, os resultados obtidos a partir dos ensaios de coagulação/floculação e sedimentação com coagulante da *Moringa*, apresentaram-se como uma boa alternativa para o pré - tratamento de lixiviado na redução da turbidez e cor.

Os resultados demonstram eficiência dos coagulantes na remoção dos parâmetros avaliados. O uso do coagulante da semente da *Moringa* (LBEMS 37,5g/L) sem casca no tratamento de lixiviados de aterro sanitário como uma alternativa promissora.

Considerando a resolução do CONAMA 357 de 2005 o artigo 2º do paragrafo 22 aplicado para definição de tratamento de água, o coagulante da semente da *Moringa oleifera* sem casca pode ser considerado como um tratamento avançado.

7. SUGESTÕES

Recomenda-se a continuidade dos estudos referentes à existência de propriedades coagulantes nos extratos:

- Testar em escala reduzida a dosagem de 37,5 e 40 g/L
- Testar novas dosagens com o uso combinado *Moringa oleifera* Lam e quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), e assim, possivelmente, atingir níveis maiores de remoção dos parâmetros cor e turbidez, visto que este estudo testou apenas uma combinação.
- Testar novas dosagens com o Biosurfactante.

7 Referências Bibliográficas

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 884-9: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos**: Rio de Janeiro, 1985.
- ABDULKARIM, S. M.; LONG, K.; LAI, O. M.; MUHAMMAD, S. K. S.; GHAZALI, H. M. Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. **Food Chemistry**. v. 93, p.253-263. 2005.
- ABREU LIMA, G. J. DE. **Uso de Polímero Natural do Quiabo como Auxiliar de Floculação e Filtração em Tratamento de Água e Esgoto**. 113 p. Dissertação de Mestrado – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007
- ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. **Contaminação química e biorremediação do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, 2000, p. 299-352.
- ALVES, ALVARO CESAR DIAS. **Estudo da eficiência do processo de coagulação/floculação e do combinado de coagulação/floculação/adsorção para tratamento de águas residuárias de galvanoplastia utilizando *Moringa oleifera*** / Dissertação Mestrado – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas. 2012- Toledo, PR.68f.
- APHA, AWWA, WCPF. **Standard methods for examination of the water and wastewater**, Washington, D.C.: American Public Health Association, Water Pollution Control Federation, 2005, 1134p.
- AMARAL, M. S. **Tratamento físico-químico de lixiviado de aterro sanitário pré-tratado por processo biológico aeróbio**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
- AMOKRANE, A.; COMEL, C.; VERON, J. **Landfill leachate pre-treatment by coagulation–flocculation**. **Water Resources**, v. 31, n. 11, p. 2775–2782, 1997.
- ANWAR F, BHANGER MI **Analytical characterization of *Moringa oleifera* seed oil grown in temperate regions of Pakistan**. **J. Agric. Food Chem**,v.51,p.6558-6563,2003.
- ANWAR, F.; SAJID, L.; MUHAMMAD, A.; ANWARUL, H.G. *Moringa oleifera* : A Food plant with multiple medicinal uses. **Phyther. Res.**, v. 21,p.17- 25. 2007.
- ANDERSON, T.A.; COATS, J.R. **Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor**. **J. Environ. Sci. Health, B**, 30:473-484, 1995.
- ANDRADE, L. F.; DAVIDE, L. C.; GEDRAITE, L. S. **The effect of cyanide compounds, fluorides, aluminum, and inorganic oxides present in spent pot liner on germination and root tip cells of *Lactuca sativa***. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.73, p.626-31, 2010.

ANJORIN, T.S; IKOKOH, P., OKOLO, S. Mineral composition of *Moringa oleifera* leaves, pods and seeds from two regions in Abuja, Nigeria. **Int. J. Agric. Biol.**, v.12, p.431-434. 2010

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999. <http://portal.anvisa.gov.br/>Disponível em: Acesso em: 04 jun.2015.

AGARWAL, Monika, RAJANI, Smita., MISHRA, Anurag., RAI, Jai,. Utilization of Okra Gum for Treatment of Tannery Effluent. *International Journal of Polymeric Materials*. Taylor & Francis. 2003.

AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. ABNT NBR 15531 de 29.09.2013, Resolução nº 07 de 19/08/2008. disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=303838>>, Acesso em: 28 ago.2013.

ARAUJO, C. S. T. **Desenvolvimento de metodologia analítica para extração e pré-concentração de Ag (I) utilizando a Moringa oleifera Lam.** Tese doutorado em Química Analítica – Instituto de Química de Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia, 2009. Uberlândia.186f.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC, **Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16thEd. Washington, D.C., 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. A.O.A.C **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists** (method 958.06).Arlington:2000

ASTM D 445. **Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids** (the Calculation of Dynamic Viscosity). Annual Book of ASTM Standards, v. 05 p. 185-193, 2001

AYERZA, R. Seed and oil yields of *Moringa oleifera* variety Periyakalum-1 introduced for oil production in four ecosystems of South America. **Industrial Crops and Products**, v. 36, p. 70-73, 2012.

BABU, R.; CHAUDHURI, M. **Home water treatment by direct filtration with natural coagulant**. *Journal of Water and Health*, v.3, p.27- 30, 2005.

BANAT, I. M.; MAKKAR, R.S.; CAMEOTRA, S.S. **Potential commercial applications of microbial surfactants**. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 53: 495-508, 2000

BANAT, I.M.; SAMARAH, N.; MURAD, M.; HOORNE, R.; BANERJEE, S. **Biosurfactant production and use in oil tank clean-up**. *Wrld. J. Microbiol. Biotech.* 7: 80- 88, 1991

BASSANI, F. **Monitoramento do lixiviado do aterro controlado de Maringá, Paraná, e avaliação da tratabilidade com coagulantes naturais, radiação**

ultravioleta (UV) e ozônio. Dissertação (Mestrado). Programa de PósGraduação em Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2010.

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J. **Improvement of water treatment pilot plant with *Moringa oleifera* extract as flocculant agent.** Environmental Technology, v.30, p.525-534, 2009.

BAUMGARTEN, M. G.; POZZA, S. A. (2001) **Qualidade de águas.** Descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande: Ed. FURG, 166p.

BHATTI, H., MUMTAZ, B., MUMTAZ, B. et al. **Removal of Zn (II) ions from aqueous solution using *Moringa oleifera* Lam.** (horseradish tree) biomass. Process Biochemistry, v. 42, p. 547-553,2007.

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

BERNARDO, L.S. **Influencia do extrato de semente de *Moringa oleifera* Lam. Como coagulante natural de partículas suspensas na estação de tratamento de efluentes do curado – ETE curado- PE.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental,25,2009, Recife-PE,2009.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. Horticultura Brasileira, v. 22, p.295-299. 2004.

BICALHO, LUCIANA. A, NOVACK, KÁTIA M. MELO, TÂNIA M. S. **Avaliação da biodegradação de filmes de polietileno reciclado dopados com óleo de *Moringa oleifera*.** Anais do 11º Congresso Brasileiro de Polímeros – Campos do Jordão, SP – 16 a 20 de outubro de 2011.

BIDONE, R.F. **Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um Sistema composto de filtros Anaeróbios seguidos De banhos construídos: Estudo de caso – Central de resíduos de Recreio, em Minas do Leão/RS.** Dissertação (Mestrado) Departamento de Hidráulica e Saneamento/Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007

BIDONE, F.R.A. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos.** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

BLOCK, J.M E BARRERA-ARELLANO D., **Temas Selectos em Aceites y Grasas –** v. 1. São Paulo :Editora Blucher, 2009.

BOGNOLO G. **Biosurfactants as emulsifying agents for hydrocarbons.** Colloids Surf. 152: 41-52, 1999

BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da *Moringa oleifera* Lam no Tratamento Simplificado de Água para Pequenas Comunidades João Pessoa**,2001. Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Exatas e da Natureza Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA CURSO DE MESTRADO Sub-Programa UFPB/UEPB/Área de Saneamento Ambiental João Pessoa, julho de 2001.

BONATO, E.R.; BERTAGNOLLI, P.F.; LANGE, C.E.; RUBIN, S. de A.L. **Teor de óleo e de proteína em genótipos de soja desenvolvidos após 1990**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, p.2391-2398, 2000.

BORCAZZONI, L. *et al.* **Anaerobic - Aerobic Treatment of Municipal Waste Leachate. Environmental Technology**, v. 20, p. 211-217, 1999.

BRAGA, A.F.M . **Tratamento de esgoto domestico por reator uasb precedido de unidade de coagulação utilizando *Moringa oleifera***. in: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 25,2009, Recife,PE,2009

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, CXLVII, n. 147, 03 ago. 2010. Seção 1, p. 3-7. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: Ago. 2012.

CARDOSO, K.C., BERGAMASCO ,R., COSSICH, E.S., KONRADT-MORAES, L.C.,**Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de 37 coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam**. Acta Scientiarum – Technology. 30, 193-198. 2008.

CARVALHO, R. M.. **Clarificação de águas pluviais ricas em óxidos de ferro acumuladas em cava de mineração através da utilização de um coagulante natural, a *Moringa oleifera***. Área de concentração: Recursos Hídricos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de ciências exatas e biológicas. Programa de pós-graduação em engenharia ambiental. Ouro Preto, 2005.97p.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. (org). **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com Ênfase na Proteção de Corpos d’água: Prevenção, Geração e Tratamento de lixiviados de Aterros Sanitários**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Projeto PROSAB.

CEMPRE / IPT. Lixo Municipal: **Manual de Gerenciamento Integrado**; 1. ed. Brasília: CEMPRE, 2000.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL “**procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas**”. São Paulo: CETESB, 2007. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/publicacoes.asp>>. Acesso em: dez. 2007.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005: 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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/legiabre.cfmcodlegi=459>>. Acesso em: 09 de maio de 2009.

COLOMBO, Moacir. *Moringa Oleifera*. [S.I.], 2012. Disponível em: <http://www.granjaparaíso.com.br/index.php?l=Plantas_Supervitaminadas&op=Moringa_Oleifera>. Acesso em: 23 de março, 2012 .

CORREA, M. PEREIRA. **Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas**. Volume V. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal: Rio de Janeiro, 1984.

COSTA FILHO, A. G. **Aplicação de sistemas alternativos para o tratamento de esgoto em áreas de mananciais em Santo André – Wetland**. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_56.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2008.

COOPER, D.G. & PADDOCK, D.A. Production of a biosurfactant from *Torulopsis bombicola*. *Appl. Environ. Microbiol.* 47: 173-176, 1984

CUNNINGHAM, S.D.; ANDERSON, T.A.; SCHWAB, A.P.; HSU, F. C. **Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants**. *Advance in Agronomy*, New York, v. 56, p. 55- 114, 1996.

CHRISTOFF, P. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense, Curitiba, 2007**. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia.

CRUZ, JAQUELINE MATOS. **Avaliação ecotoxicológica da biodegradação utilizando inóculo enriquecido com *Bacillus subtilis* em solo contaminado com petróleo, diesel e biodiesel** - Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro Rio - Universidade Estadual Paulista, Claro, 2013 68 f.

CYSNE, J.R.B. **Propagação in vitro de *Moringa oleifera* L.** Dissertação de Mestrado em Fitotecnia. Universidade Federal do Ceará, 2006 – Fortaleza/CE. 81p.

DA SILVA, F. J. A.; SOUZA, L. M. M.; MAGALHÃES, S. L. **Uso potencial de biopolímeros de origem vegetal na descolorização de efluente têxtil índigo**. In: Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 22, 2003, Joinville. Anais. Joinville: ABES, 2003. CD-ROM.

DA SILVA, F. J. A. *et al.* **Descolorização de efluentes de indústria têxtil utilizando coagulantes naturais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2001, João Pessoa. Anais. João Pessoa: ABES, 2001. CD-ROM .

DAVINO, FRANCISCO DOS SANTOS FILHO. **Tecnologia de Tratamento de Água - Água na Indústria**. Rio de Janeiro Editores Ltda., 1976.

DAHOT, M.U. (1988). **Vitamin contents of flowers and seeds of Moringa oleifera**. Pak. J. Biochem., 21: 21-24.

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

DESAI, J. D.; BANAT, I. M. Microbial production of surfactants and their commercial potential. Microbiol. Mol. Biol. Rev., v. 61, p. 47-64, 1997.

DINARDI, A.L., *et al.* **Fitorremediação**. 3º fórum de estudos contábeis. Faculdade integrada Claretiana, Rio Claro, São Paulo. 2003.

DI BERNARDO, L. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. Volume I. ABES, Rio de Janeiro: ABES, 1993.

DI BERNARDO, L. DANTAS, A. D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2005. v.1.

EL-FADEL, M., BOU-ZEID, E., CHAHINE, W., ALAYLI, B. Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. Waste Management, v. 22, p. 269-282, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de **Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

FAN, H. J; SHU, H. Y.; YANG, H. S.; CHEN, W. C. **Characteristics of landfill leachates in central Taiwan**. Science of the Total Environment, 361, p. 25-37, 2006.

FERNÁNDEZ-VIÑA, M.B.D., “**Vertedores Controlados de Resíduos Sólidos Urbanos**: uma Perspectiva Internacional.” Universidad de Cantabria, Espanha, 4 a 9 de setembro, pp. 1-39, 2000.

FERREIRA, J.A.; CAMPOS, J.C.; RITTER, E.; MANNARINO, C.F.; **Wetlands: Resultados no Tratamento de Chorume do Aterro Sanitário de Pirai-RJ**. In: ANAIS DO VIGÉSIMO SEGUNDO CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22. 2003, Joinville. Santa Catarina: Joinville, 2003.

FRIGHETTO, R. S.; FRIGHETTO, N.; SCHNEIDER, R. P.; FERNANDES LIMA, P. C. “O potencial da espécie Moringa oleifera (Moringaceae) I.A planta como fonte de coagulante natural no saneamento de águas e como suplemento alimentar”. Revista Fitos, 2007.

FLASZ, A.; ROCHA, C. A.; MOSQUERA, B.; SAJO, C. A comparative study of the toxicity of a synthetic surfactant and one produced by *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 55925. *Med. Sci. Res.* 26: 181-185, 1998

FRANCO, M; Silva, G. K; Paterniani, J. E. S. **Water treatment by multistage filtration system with natural coagulant from *Moringa oleifera* seeds.** *Engenharia Agrícola*, v.32, p.989-997, 2012.

FOIDL N, MAKKAR HPS, BECKER K (2001). **The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses.** In: “The Miracle Tree/ The Multiple Attributes of *Moringa*” (Ed. Lowell J Fuglie). CTA. USA. p.45 à 78.2001.

FORMENTINI-SCHMITT, D. M., FAGUNDES-KLEN, M.R., VEIT, M.T. BERGAMASCO, R., FERRANDIN, A.T. **Estudo da Eficiência do Composto Ativo de *Moringa oleifera* Extraída com Soluções Salinas na Tratabilidade de Águas Residuárias da Indústria de Laticínios.** *Engevista*, 16 (2), 221-231.2014.

GALLÃO, MARIA IZABEL, DAMASCENO, LEANDRO FERNANDES; BRITO, EDY SOUSA. **Avaliação química e estrutural da semente de *Moringa*.** *Revista Ciência Agronômica*, v.37, n.1, p.106-109, 2006.

GARCIA, J. C. **Degradação fotocatalítica artificial e solar de efluentes têxteis por processos oxidativos avançados TiO₂.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. UEM: Programa de Pós-Graduação em Química 2006. Maringá/Paraná. 180 f.

GARCIA, J. C.; SIMIONATO, J. I.; ALMEIDA, V. C.; PALÁCIO, S. M.; ROSSI, F. L.; SCHNEIDER, M. V.; DE SOUZ N. E.. **Evolutive follow up of the photocatalytic degradation of real textile effluents in TiO₂ and TiO₂/H₂O₂ systems and their toxic effects on *Lactuca sativa* seedlings.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 20, p. 1589-1597, 2009.

GERDES, Gerrit. **Uso das Sementes da Árvore *Moringa oleifera* para Tratamento de Águas Turvas.** ESPLAR, Fortaleza, 1996

GIDDE, M. R.; BHALERAO, A. R.; MALUSARE, C. N. **Comparative study of different forms of *Moringa oleifera* extracts for turbidity removal.** *International Journal of Engineering Research and Development*, v.2,n.1,p. 14-21,2012.

GHAFAARI, S.; AZIZ, H.A.; ISA, M.H.; ZINATIZADEH, A.A. **Application of response surface methodology (RSM) to optimize coagulation–flocculation treatment of leachate using poly-aluminum chloride (PAC) and alum.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 163, p. 650–656, 2009.

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

GUEDES, C. D. **“Coagulação/floculação de águas superficiais de minerações de ferro de turbidez elevada”.** Tese de Doutorado em Geoquímica Ambiental. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2004.

GSCHLOBL T. *et al.* **Constructed Wetlands for Effluents Polishing of Lagoons**. Water Research, v.32, n. 9, p. 2639-2645., 1998.

GHEBREMICHAEL, K. A.; **Moringa seed and premice as alternative natural materials for drinking water treatment**. PhD Thesis, Department of Land Water Resources Engineering Stockolm, Sweden, 2004.

GHEBREMICHAEL, K. A., GUNARATNA, K. R., HENRIKSSON, H., BRUMER, H., AND DALHAMMAR, G. **A simple purification and activity assay of the coagulant protein from Moringa oleifera seed**. Water Research, v.39, p.2338-2344, 2005.

GOMES M. M *et al.* **Landfill Leachate Management: Treatment Options and Economic Aspects**. Asia Pacific Tech Monitor, v. 13, n.6, p.23-31, 1996.

HAARSTAD, K, MAEHLUM, T. **Important Aspects of Long-Term Production and Treatment of Municipal Solid Waste Leachate**. Waste Management & Research, v.17, p.470-477, 1999.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. **Rapid preparation of fatty acid methyl from lipids**. Laboratory Practice, London, v. 22, n. 3, p. 475-473, 1973

HAMADA, J.; CASTILHO FILHO, G.S.; FARIA, S.; CINTRA, F.H. **Aplicabilidade de Processos Físico e Físico-Químico no Tratamento do Chorume de Aterros Sanitários**. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, VI, v.6, 2002, Vitória. Espírito Santo: Vitória, 2002.

HAMADA, J.; MATSUNAGA, I. **Concepção do Sistema de Tratamento de Chorume para o Aterro Sanitário de Ilhéus – BA**. IX SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Seguro, 2000.

HOROWITZ, S.; CURRIE, J. K. Novel dispersants of silicon carbide and aluminum nitride. J. Dispersion Sci Technol., v. 11, p. 637-659, 1990.

HUANG, S., DIYAMANDOGLU, V., FILLOS, J. **Ozonation of Leachates from Aged Domestic Landfills**. Ozone Science & Engineering, v.15, p. 433-444, 1993.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **métodos físicos - químicos para análise de alimentos**, 4^a ed, São Paulo: IMESP, 2005. 1018p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4. ed. São Paulo: 2008. 1020 p.

IGLESIAS, J. R. *et al.* **A Comparative Study of the Leachates Produced by Anaerobic Digestion in a pilot Plant and at a Sanitary Landfill in Asturias, Spain**. Waste Management & Research, v. 18, p. 86-93, 2000.

ISABELA SOLANA. **Estudo da viabilidade de utilização de um polímero de base orgânica em substituição ao cloreto férrico no tratamento de efluente industrial**.

TCC do Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. Medianeira, 2014. 65f.

IWAI, C. K. (2005). *Tratamento de chorume através de percolação em solos empregados como material de cobertura de aterros para resíduos sólidos urbanos*. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru-SP. 205 p.

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

JAIN, N.; JAIN, R.; JAIN, V.; JAIN, S. A review on: *Abelmoschus esculentus*. Pharmacia, vol. 1, n. 3, p. 84-89, 2012.

JARDIM, W. F. CANELA, M. C.; Caderno Temático: **Fundamentos da Oxidação Química no Tratamento de efluentes e remediação de solos**. v.1; UNICAMP; Campinas, 2004.

JUCÁ, J.F.T. *et al*, **Tratamentos Não Convencionais: Estudos Iniciais em Barreiras, Banhados e Camadas de Cobertura Superficial** In: GOMES, L.P. (coord). Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

KATAYON, S. et al. **Effects of storage conditions of Moringa oleifera seeds on its performance in coagulation**. Bioresource Technology, v. 97, n.13, p. 1455-1460, 2006.

KALAVATHY, M. H.; MIRANDA, L. R. **Moringa oleifera – A solid phase extractant for the removal of copper, nickel and zinc from aqueous solutions**. Chemical Engineering Journal, n. 158, p. 188-199, 2010.

KALOGO, Y.; M'BASSSIGUIÉ S. A.; VERSTRAETE, W. **Enhancing the startup of a UASB reactor treating domestic wastewater by adding a water extract of Moringa oleifera**. Appl Microbiol Biotechnol, v. 55, p. 644-651, 2001

KURNIAWAN, T. A.; WAI-HUNG, L.; CHAN, Y.S.G. **Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate**. Journal of Hazardous Materials, v.B129, p. 80–100, 2006.

KHAN, A.G.; KUEK, C.; CHAUDHRY, T.M.; KHOO, C.S.; HAYES W.J.. **Role plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation**. Chemosphere, v.41, p. 197-207, 2000.

KRAUSE, L. C. **Desenvolvimento do Processo de Produção de Biodiesel de Origem Animal**. 2008. f. 147 tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, 2008.

LALAS, S.; TSAKINS, J. **Characterization of Moringa oleifera Seed oil Variety Periyakulam 1st**. Journal of Food Composition and Analysis, v. 15, p. 65- 77, 2002.

LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. Geração e Características do Lixiviado. In: GOMES, L. P. (Org.). **Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras**. 1 ed. Rio de Janeiro: Abes, 2009. cap. 2, p. 26-59.

LEANDRO, F.A.; AQUINO, R.S.; NUNES, E.D.; SOTÉRIO, F.K.P.; SILVA, V.R.R.; FERREIRA, A.A.; SILVA, A.R.; SANTOS, T.S.; SILVA, A. F. **Avaliação do potencial de purificação da água por sementes de *Moringa oleifera* Lam. Trituradas**. Encontro Nacional da Moringa. Maringá, 2014.

LINS, CECILIA MARIA MOTA. **Avaliação da zeólita natural para aplicação em barreiras reativas permeáveis no tratamento do lixiviado do aterro da Muribeca/PE**. Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, 2008- Recife: PE. 130 f.

LICELIO RIBEIRO - fotos de quiabo. Disponível em <<http://www.licelioribeiro.blogspot.com.br/2014/02/quiabos-20140204.htm>> Acesso: Agosto. 2015.

LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; SARMENTO, A.P.; JÚNIOR, A.V.L.; LIMA, J.T. **Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura**. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.17, n.6, p.473-480, 2009.

MACIEL, F.J. **Aterro Sanitário de Muribeca e Protocolo de Kyoto**. Local: UFPE – Recife, 2005. Entrevistador: Zorayde Lourenço de Oliveira. Recife, 2005. 1 Cassete sonoro (60 min.), 3 ¼ pps, estéreo.

MAGALHÃES, M.A.; MATOS, A.T.; DENICULI, W.; TINOCO, I.F.F. **Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Jaboticabal, v.10, n.2, p.472–478, 2006.

MADRONA, G. **Estudo da extração/purificação do composto ativo da semente da *Moringa Oleifera* Lam e sua utilização no tratamento de água de abastecimento**. Encontro Nacional da Moringa. Maringá, 2009.

MADRONA, G. S. et al. **Study of the effect of saline solution on the extraction of the *Moringa oleifera* seeds active component for water treatment**. Water, Air & Soil Pollution, v. 211 n.1-4, p.409-415, 2010.

MALLEVIALLE, J.; BRUCHET, A.; FIESSINGER, J. **How safe are organic polymers in water treatment**. J. Amer. Water Works Assoc. 76(6):87-93. 1984.

MARTIN, C.; MOURE, A.; MARTIN, G.; CARRILLO, E.; DOMINGUEZ, H.; PARAJÓ, J. C. **Fractional characterisation of jatropha, neem, *Moringa*, trisperma, castor and candlenut seeds as potential feedstocks for biodiesel production in Cuba**. *Biomass and Bioenergy*. v. 34. p. 533-538. 2010.

MATOS, A.T.; CABANELLAS, C.F.G.; CECON, 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.** Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.2, p.544-551, 2007.

McBEAN, E.A., ROVERS, F.A., FARQUHAR, G.J. *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. Prentice Hall, Inc. 521 p. 1995.

METCALF EDDY. Inc. *Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse*. 4. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815p. 2003.

METCALF & EDDY Inc. **Water Reuse Issue, Technology and Applications**, 1 TH ed, New York: McGraw-Hill, 2007.

MENDES, F. M. *et al*, **Estudo do uso da Moringa oleifera para remoção de prata e manganês em águas** In: 24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 2007- Belo Horizonte, BH, 2007

MELO *et al*, **caracterização e atividade anticoagulante de polissacarídeos sulfatados extraídos da alga marrom Dictyopterus justii**. HOLOS, Ano 28, Vol 1 K.R.T. Melo¹, J. Almeida-Lima¹, D.L. Gomes¹, N. Dantas-Santos¹, R.G.B. Camara¹, H.A.O. Rocha¹ ¹ Laboratório de Biotecnologia de Polímeros Naturais – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2010

MELO, T.M.S. NOVACK, K.M, LEANDRO C.. **“Termopolimerização do óleo de Moringa oleifera”**. Submetido ao 11o.CBPol. 2011.

MESQUITA, A. C. **Uso das técnicas de oxidação química e biodegradação na remoção de alguns compostos recalcitrantes.** Tese de Doutorado da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 107-108, 2004.

MILLER, R. R. Phytoremediation. 1996. Disponível em <http://www.gwrtac.org/>. Disponível em 20 de maio. 2009.

MORENO, F. N.; CORSEUIL, H. X. **Fitorremediação de aquíferos contaminados por gasolina.** Eng. Sanitária Amb., 6:1-7, 2001.

MORAIS, J. L. de. **Estudo da potencialidade de processos oxidativos avançados, isolados e integrados com processos biológicos tradicionais, para tratamento de chorume de aterro sanitário.** 2005. Tese de Doutorado em Química – Universidade Federal do Paraná, 2005. Curitiba / Paraná. 207f.

MORTON, J. F. **The horseradish tree, Moringa pterygosperma (Moringaceae): a boon to arid lands** Economic Botany, Ypsilanti, v. 45, n. 3, p. 318-333, July/Sept. 1991

MUYIBI, S. A.; Evison, L. M. **Moringa oleifera seeds for softening hardwater.** Water. Research. v. 29, n. 4, p. 1099-1105, 1995.

MUYIBI, S. A; NOOR, M. J. M. M.; LEONG, T. K.; LOON, L. H. **Effects of oil extraction from *Moringa oleifera* seeds on coagulation of turbid water.** Environ. Studies, v. 59, n. 2, p. 243 – 254, 2002.

MULLIGAN, C.N.; YONG, R.N. & GIBBS, B.F. **Remediation technologies for metal-contaminated soils and groundwater: an evaluation.** Eng. Geol., v.60, p.193-207, 2001.

MULLIGAN, C.N. & WANG, S. **Remediation of a heavy metal contaminated soil by a rhamnolipid foam.** In: YANGT, R.N.; THOMAS, H.R., editors. Geoenvironmental engineering. Integrated management of groundwater and contaminated land. London: Thomas Telford; p. 544-551, 2004

MULLIGAN, C. N., GIBBS, B. F. **Factors influencing the economics of biosurfactants.** In: **Biosurfactants: production, properties, applications.** Kosaric, N. ed., Marcel Decker Inc., New York, p. 392-371, 1993.

NITSCHKE, M.; PASTORE, G.M. Biosurfactantes: **Propriedades e Aplicações.** Química Nova, v. 25, n. 5, p.772-776, Campinas – SP.2002

NISHI et al. Coagulação/Floculação com Sementes de *Moringa oleifera* Lam para remoção de Cistos de *Giardia* spp. e Oocistos de *Cryptosporidium* spp. da água. 2011. Disponível em <<http://www.advancesincleanerproduction.pdf>>. Acesso: em 28 Jun 2011.

NUNES, D. G. ; SOARES, A. C. ; ROSA, J. ; RUBIO, J. **Remoção de íons sulfato de águas de drenagem ácida de carvão por precipitação química.** In: XX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Florianópolis. v. 1. p. 591-598, 2004.

NDABIGENGESERE, A. NARASIAH, K.S. **Quality of water treated by coagulation using *Moringa Oleifera* seeds.** Water Research, v.32, n.3, p.781-791, 1998.

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

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

NOGUEIRA, F. C. B. CUNHA NETO, F.R. DA, ZAMPERO, R.; SABINO,P.H.*et al.* **Sementes de *Moringa oleifera* e extrato de quiabo no tratamento de efluentes urbanos e industriais.** In: II Encontro nacional de *Moringa*. Universidade Jose do Rosário Vellano – UNIFENAS. Aracajú, Sergipe. 2010.

OLIVEIRA, F. J. S.; JUCÁ, J. F. T. **Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos.** Engenharia Sanitária Ambiental. v.9, n.3, p.211-217, 2004.

OLIVEIRA, ZORAYDE LOURENÇO DE. **Avaliação do uso da *Moringa oleifera* Lam para fitorremediação e tratamento de lixiviados de aterros sanitários.** Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010-Recife/PE.124f.

PACHECO, J. R. **Estudo de Certas Potencialidades de Processos Oxidativos Avançados para o tratamento de percolado de aterro sanitário.** Curitiba, 2004. Dissertação de Mestrado em Química Analítica. Setor de Ciências Exatas. UFPR. Curitiba – PR, 2004.

PALHA, M.A.P.F; ANDRADE LIMA, M. A.G; **Análise Microbiológica da Água.** Departamento de Engenharia Química – UFPE- 2004.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. **Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.06, p.765-771, 2009.

PATERNIANI, J. E. S.; RIBEIRO, T. A. P.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. **Water treatment by sedimentation and slow fabric filtration using *Moringa oleifera* seeds.** African Journal of Agricultural Research, v. 5, n. 11, p. 1256-1263, 2010.

PATEL, H.; VASHI, R. T. **Removal of Congo Red dye from its aqueous solution using natural coagulants.** Chemical Society, Riyadh, 2010

PINTO, Nayara de Oliveira **Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semi-árido do Brasil /** Nayara de O. Pinto e Luiz Carlos Hermes. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 47p.

PIRES, F.R. *et al.* **Seleção de Plantas com Potencial para Fitorremediação de Tebuthiuron.** Planta Daninha, Rio de Janeiro, v. 21, p. 451-458, 2003.

PIRES, F. R. *et al.* **Uso da fitorremediação na descontaminação do solo.** In: ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICOS, 23, 2001, Viçosa, MG. Resumos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 104p.

PIRÔLLO, M. P. S. **Estudo da Produção de Biossurfactantes Utilizando Hidrocarbonetos.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro – SP. 61p. 2006.

POUMAYE, N.; Mabingui, J.; Lutgen, P.; Bigan, M. **Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*:** Case M'Poko River to Bangui, Central African Republic. Chemical Engineering Research and Design. v.90, p.2346-2352, 2012. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2012.05.017](http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2012.05.017)

PRITCHARD, M.; Craven, T.; Mkandawire, T.; Edmondson, A. S.; O'neill, J. G. **A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification**

of drinking water - An alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth*, v.35, p.798-805, 2010.

PROSAB - Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: **prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários** (coletânea de trabalhos técnicos) / Armando Borges de Castilhos Junior, Lisete Celina Lange, Luciana Paulo Gomes, Neide Pessin (organizadores). Rio de Janeiro: ABES, 494 p. 2006.

PROSAB - **Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras**/Luciana Paulo Gomes (coordenadora) Projeto

PROSAB ISBN: 978-85-7022-163-6 1. **Resíduos sólidos urbanos** 2. **Lixiviado de aterro** 3. **Tratabilidade** 4. **Caracterização** I. Gomes, Luciana Paulo Rio de Janeiro: ABES, 360p. 2009

QASIM, S.R.; CHIANG, W. Sanitary Landfill Leachate: **generation, control and treatment**. Lancaster: Technomic, 1994. 339 p.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRICH, A. S.; CORDEIRO, C. S. **Tecnologias De Produção De Biodiesel**. *Revista Virtual de Química*. v. 3, p. 385-405, 2011.

RANGEL, M. S. **Moringa oleifera: um purificador natural de água e complemento alimentar para o nordeste do Brasil**. 2003. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A10Moringa.htm>>. Acesso em: 09 maio. 2009.

REINHART, D.R.; GROSH, C.J. Analysis of Florida MSW landfill leachate quality. University of Central Florida, 1998.

RITTER, Cíntia M. **Estudo da utilização de polímeros naturais *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Malvaceae) e *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae) no tratamento de água de abastecimento**. 2013. 52 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

ROBINSON H. D et al. **The Treatment of Landfill Leachate to Standards Suitable for Surface Water Discharge**. *Proceedings Sardinia 91, Third International Waste Management and Landfill Symposium*, Cagliari, Italy, p. 905-917, 1991.

ROCHA ,O.R. SÁ DA R.; NASCIMENTO, GRAZIELE E. DO; CAMPOS, N. F.; SILVA, V. L. DA S.; DUARTE, M. M. M. B. D.. **Avaliação do processo adsorptivo utilizando mesocarpo de coco verde para remoção do corante cinza reativo BF-2R**. *Quím. Nova* vol.35 no.7 São Paulo, 2012.

RUFINO R.D., SARUBBO L.A., CAMPOS-TAKAKI G.M., 2008, **Enhancement of stability of biosurfactant produced by *Candida lipolytica* using industrial residue as substrate**. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v.23, p.729-734.

RUFINO, R.D.; LUNA, J.M.; CAMPOS-TAKAKI, G.M.; SARUBBO, L.A. **Characterization and properties of the biosurfactant produced by *Candida lipolytica*** UCP 0988. *Electron. J. Biotechnol.*, v. 17, p. 34-38, 2014.

RURAL BIOENERGIA. Disponível em: < <http://www.ruralbioenergia.com.br/default.asp?tipo=1&secao=Moringa.asp> >. Acesso: 13 nov.2012.

SANTANA, C. R. **Tratamento de Água Produzida Através do Processo de Flotação Utilizando a *Moringa oleifera* Lam como Coagulante Natural**. Dissertação de Mestrado. São Cristóvão. UFS/PEQ. 2009. 155 p.

SANT'ANNA, G. L. Jr. **Tratamento biológico de efluentes: Fundamentos e aplicações**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2010.

SANTANA, C. R.; PEREIRA, D. F.; ARAÚJO, N. A.; CAVALCANTI, E. B.; SILVA, G.F. **Caracterização físico-química da *Moringa (Moringa oleifera* Lam.)**. *Rev. Bras. Prod. Agroind.* v.12, n.1, p. 55-60, 2010.

SANTANA-SILVA, F. M. **Avaliação do método de precipitação química associados so dtrippind de amônia no tratamento do lixiviado do Aterro Muribeca/PE**. Dissertação Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2008. Recife/PE. 133 p.

SANTIAGO, R. M.; GIRARDI, F; GIMENES M. L. **Tratamento de Vinhaça com os coagulantes naturais: Quitosana, Tanino e Moringa**. In VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica COBEQ-IC. Universidade Federal de Uberlândia. 2009.

SANCHEZ, L.E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. São Paulo: Edusp, 2001

SANTOS, R. O. **Uso de Sementes de *Moringa oleifera* para o Tratamento de Efluentes Têxteis**. In: 24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 2007- Belo Horizonte, BH, 2007

SANTOS, A.F.M.S., **Caracterização, Avaliação da Biodegradabilidade Aeróbia e Anaeróbia e Tratamento em Reator UASB do Chorume do Aterro da Muribeca**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003

SANDRIN, T.R.; CHECH, A.M.; MAIER, R.M. **A rhamnolipid biosurfactant reduces cadmium toxicity during naphthalene biodegradation**. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 66, n. 10, p. 4585-4588, 2000.

SARUBBO, L. A., LUNA, J. M. AND CAMPOS-TAKAKI, G. M., **Production and stability studies of the bioemulsifier obtained from a new strain of *Candida glabrata*** UCP 1002. *Electron. J. Biotechnol.*, v.9, p.400-406, 2006.

SARUBBO, L. A., FARIAS, C. B. B. AND CAMPOS-TAKAKI, G. M., **Co-utilization of canola oil and glucose on the production of a surfactant by *Candida lipolytica***. Curr. Microbiol., v.54, p. 68-73, 2007.

SEGATTO, L. M.; SILVA, C. L. (2000). **Caracterização do Chorume do Aterro Sanitário de Bauru**. In: Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental - AIDIS, Porto Alegre, RS. Porto Alegre, 3 a 8 Dezembro de 2000

SILVA, A. R.; KERR, W. E. **Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil**. Uberlândia. 1996.

SILVA, CA. **Estudos aplicados ao uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural para melhoria da qualidade de águas**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2005.

SILVA, TELMA SALESA SANTANA. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto**. Dissertação de Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 1999. 88 p.

SINGH, A.; VAN HAMME, J.D.; WARD, O.P. **Surfactants in microbiology and biotechnology**: Part 2. Application aspects. Biotechnol. Adv. 25: 99-121, 2007

SOUTO, G.D.B.; POVINELLI, J. (2007). **Características do lixiviado de aterros sanitários no Brasil**. In: Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte-MG.

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

SUTHERLAND, J. P., FOLKARD, G. K.; GRANT, W. D. **Natural coagulants for appropriate water treatment: a novel approach**. Waterlines, Santa Fé, NM, v. 8, n. 4, p. 30-32, a. 1990.

SLETTEN, R.S.; BENJAMIN, M.M.; HORNG, J.J.; FERGUSON, J.F. **Physical-chemical treatment of landfill leachate for metals removal**. Water. Res, v. 29, n 10, p. 2376-2386, 1995.

STEENSEN, M. **Chemical Oxidation for the Treatment of Leachate** – Process Comparison and Results from Full-Scale Plants. Water Science & Technology, v. 35, p.249-256, 1997.

TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S. **Integrated Solid Waste Management** – Engineering Principles and Management Issues. IRWIN/McGRAWHILL, USA, 1993.

U.S. Environmental Protection Agency, EPA, a Food and Drug Administration, FDA e pela Organization for Economic Cooperation and Development. Web site: <http://www.epa.gov/pesticides/tolerance/reassessment.htm>. Acesso em agosto de 2014.

VASCONCELOS, V. M.; SILVA, P. C. G.; VIEIRA, A.C.; SILVA, G. F. (2009), **Produção de Biodiesel 'in situ' a partir da Moringa oleifera Lam.** XXXIV Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados. Campinas – SP.

VASCONCELOS, V. M.; SILVA, P. G. C.; VIEIRA, A. C. Caracterização Físico-química do óleo de Moringa oleifera lam por diferentes solventes, anais. Encontro nacional de Moringa. Aracaju. 2009.

VAN DYKE, M.I.; LEE, H.; TREVORS, J.T. Application of microbial surfactants. *Biotechnol. Adv.* 9: 241-252, 1991.

VAN HAMME, J.D.; SINGH, A.; WARD, O.P. **Physiological aspects Part 1 in a series of papers devoted to surfactants in microbiology and biotechnology.** *Biotechnol. Adv.* 24: 604-620, 2006

VAZ, LUIZ G. DE L. **Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente de Galvanoplastia.** Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, PR Toledo: Engenharia Química - Departamento de Engenharia Química Universidade Estadual do Oeste do Paraná, PR. 98 p. 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-DESA; Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG. 2005.

VOSE, J. M. *et al.* Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. *Intern. J. Phytoremediation.*, v. 2, p. 53-73, 2000.

WISZNIOWSKI, J., ROBERT, D., SURMACZ-GORSKA, J., MIKSCH, K., WEBER, J.V. **Landfill leachate treatment methods: A review.** *Environmental Chemistry Letters*, v. 4, p.51-61, 2006.

YERUSHALMI, L. ROCHELEAU, S. CIMPOIA, R. SARRAZIN, M. SUNAHARA, G. PEISAJOVICH, A. LECLAIR, G. GUIOT, S.R. **Enhanced biodegradation of petroleum hydrocarbons in contaminated soil.** *Bioremediation Journal*, v. 7, p. 37-51, 2003.

ZHANG, H.; HEUNG, J.C.; HUANG, C.P. **Optimization of Fenton process for the treatment of landfill leachate.** *Journal of Hazardous Materials*, v.B125, p. 166–174, 2005.

ZOUBOULIS, A. I.; CHAI, X-L.; KATSOYIANNIS, I. A. **The application of bioflocculant for the removal of humic acids from stabilized landfill leachates.** *Journal of Environmental Management*, v. 70, p.35-41, 2004.

APÊNDICE A - Análises de DQO e DBO do lixiviado bruto e após tratamento com extrato de sementes de *Moringa oleifera* filtrada com manta de Geotécnica.

Na Tabela A1 são apresentados os resultados das análises de DQO e DBO₅ do Lixiviado bruto e após tratamento, submetido à filtração com a manta de BIDIN, para as dosagens do extrato da *Moringa oleifera* Lam na redução da matéria orgânica adicional da semente de Moringa.

Tabela A1 Resultados das análises de DQO e DBO do lixiviado bruto e após tratamento com extrato de sementes de *Moringa oleifera* filtrada com manta de Geotécnica (BIDIN), para redução da matéria orgânica adicional da semente de Moringa.

Tratamento	DQO	DQO (filtrada)	DBO ₅	DBO ₅ (filtrada)	Nitrogênio Amoniacal
Dosagem	------(g/L)-----				
Extrato de semente de <i>Moringa oleifera</i>					
Bruto	6430	x	1066	x	1249,5mg/L
LBEMC 37,5 g/L		8267		1058,7	2mg/L
LBEMS 37,5g/L		6442,5		641,9	2mg/L

LB4=Lixiviado bruto; LBEMC = Lixiviado bruto com Moringa com casca; LBEMS=Lixiviado bruto com Moringa sem casca.

Os resultados das análises de DQO e DBO₅ após tratamento quando filtrada com a manta de BIDIN reduz a DBO₅ e a DQO. A aplicação do extrato de *Moringa oleifera*, aumenta aos parâmetros devido à adição de matéria orgânica da semente, porém quando filtrado esses parâmetros as análises resultam em resultados mais positivos. No caso do Nitrogênio Amoniacal (NH₃) a remoção foi bastante significativa, mas devem ser feitas repetições, vale ressaltar que não foram feitas repetições dessas análises para ambos os parâmetros.

De acordo com a Resolução nº 357/05 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - a concentração máxima de nitrogênio amoniacal para lançamento de efluentes em corpos receptores é de 20 mg/L e para DBO₅ e de 60mg/L⁻¹.

Para que possamos recomendar com maior segurança a utilização do extrato das sementes de *Moringa oleifera* para os parâmetros de DQO, DBO₅ e Nitrogênio Amoniacal (NH₃) devem ser feitas com repetições sendo que as análises ao final sejam filtradas.

A Utilização da *Moringa oleifera* com a dosagem de 37,5 g/L/ sem casca reduziu a DBO₅ em 60 % embora não tenha atendido a Resolução nº 357/05 do CONAMA e reduziu significativamente a concentração de Nitrogênio Amoniacal (NH₃).

APÊNDICE B – Certificado de trabalho apresentado oral no V ENAM em Maio 2014.



APÊNDICE C – Artigo submetido em Novembro 2015. Title: EFFICIENCY IN THE TREATMENT OF LANDFILL LEACHATE USING NATURAL COAGULANTS FROM THE SEEDS OF *Moringa oleifera* LAM AND *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Okra)



Environmental Science and Pollution Research

Editorial Manager

Role: Author Username: Zorayde

ME • LOGOUT • HELP • REGISTER • UPDATE MY INFORMATION • JOURNAL OVERVIEW
IN MENU • CONTACT US • SUBMIT A MANUSCRIPT • INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Submissions Being Processed for Author Zorayde Lourenço Oliveira, Doctoral student

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links		EFFICIENCY IN THE TREATMENT OF LANDFILL LEACHATE USING NATURAL COAGULANTS FROM THE SEEDS OF <i>Moringa oleifera</i> LAM AND <i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench (Okra)	12 Nov 2015	12 Nov 2015	Submitted to Journal

EFFICIENCY IN THE TREATMENT OF LANDFILL LEACHATE USING NATURAL COAGULANTS FROM THE SEEDS OF *Moringa oleifera* LAM AND *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Okra)

Z. L. OLIVEIRA¹; A. M. R. B. SILVA¹; C. C. GALVÃO¹; M. R. C. C. LYRA²; A. C. F. ARRUDA³; J. F. NASCIMENTO³; S. R. M. FERREIRA¹.

1-Federal University of Pernambuco, Department of Civil Engineering; 2-Federal Institute of Pernambuco, MSc in Environmental Management 3- CTR Candeias Landfill, Operations Department

ABSTRACT

Landfill leachate is considered to be highly damaging to the environment and to human health. The treatment of leachate is seen as a great challenge, and one of the alternatives for these issues can be the use of the seeds of *Moringa oleifera* Lam as a natural coagulant agent. This research aims to promote the removal of colour, turbidity, conductivity, coliforms, pH, COD, BOD₅ of leachate by coagulation/flocculation/sedimentation/filtration processes using natural coagulants: *Moringa oleifera* Lam and *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Okra), in the pre-treatment of landfill leachate under laboratory conditions. The *Moringa* extracts favours the increase of the COD and BOD₅, with the filtration of the *Moringa* extract (LBMS 37.5 g/L) it presented excellent results in the removal of colour, turbidity, conductivity, solids, COD and BOD₅: 92%, 85%, 64%, 90%, 82% and 89.85%, respectively. The treatment of leachate with Okra (LBQ 37.5 g/L) did not result in change of pH but in the removal of the parameters such as: colour, turbidity, solids, conductivity, COD and BOD₅ (72%, 35%, 87%, 20%, 78% and 72%, respectively). The combination of Okra and *Moringa* (LBEMQ 37gL+20g/L) obtained 22%, 78%, 42%, 46%, 52% and 88%, respectively, of removal, with both coagulants being efficient in the removal of the parameters evaluated. The natural coagulant from the seeds of *Moringa oleifera* Lam has however proved to be a promising alternative in the treatment of leachate.

KEYWORDS: *Moringa*, Okra, Leachate, treatment, Natural Coagulants.