Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia

Monica Bomilcar Albano

Uso do solo do Aterro de Rio das Ostras em processos de sorção como etapa de tratamento de lixiviados de aterros sanitários

Rio de Janeiro
2008

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CTC/B

A326 Albano, Monica Bomilcar.
Uso do Solo do aterro de Rio da Ostras em processos de sorção como etapa de tratamento de lixiviados de aterros sanitários/ Monica Bomilcar Albano. –2008.
112 f. : il.

Orientador : Elisabeth Ritter.
Co-orientador: Gandhi Giordano
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.
Bibliografia: f.
1. Aterro sanitário – Teses. 2. Lixiviação – Teses. 3. Resíduos – Tratamento - Teses. 4. Solo – Uso - Teses. I. Ritter, Elisabeth. II. Giordano, Gandhi. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Engenharia. III. Título.

CDU 628.4

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese.

Assinatura Data

USO DO SOLO DO ATERRO DE RIO DAS OSTRAS EM PROCESSOS DE SORÇÃO COMO ETAPA DE TRATAMENTO DE LIXIVIADOS DE ATERROS SANITÁRIOS

Aprovado em:_____

Banca exminadora :

_____
Profª.Drª. Elisabeth Ritter D.Sc. (Orientador)
Faculdade de Engenharia da UERJ

_____
Prof. Dr. Gandhi Giordano, D.Sc.
Faculdade de Engenharia da UERJ

_____
Profª.Drª Danielle Maia Billa , D.Sc
Faculdade de Engenharia da UERJ

_____
Profª.Drª Juacyara Carbonelli Campos, D.Sc.
Escola de Química - UFRJ

Rio de Janeiro
2008

Monica Bomilcar Albano

Uso do solo do Aterro de Rio das Ostras em processos de sorção como etapa de tratamento de lixiviados de aterros sanitários

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Tratamento de Destino Final de Resíduos Sólidos.

Orientadora: Profª. Elisabeth Ritter D.Sc.
Co-Orientador: Prof. Gandhi Giordano D.Sc.

Rio de Janeiro
2008

Uso do solo do Aterro de Rio das Ostras em processos de sorção como etapa de tratamento de lixiviados de aterros sanitários

Aprovado em:_____

Banca examinadora :

_____

Profª.Drª. Elisabeth Ritter D.Sc. (Orientador)
Faculdade de Engenharia da UERJ

_____

Prof. Dr. Gandhi Giordano, D.Sc.
Faculdade de Engenharia da UERJ

_____

Profª.Drª Danielle Maia Billa , D.Sc
Faculdade de Engenharia da UERJ

_____

Profª.Drª Juacyara Carbonelli Campos, D.Sc.
Escola de Química - UFRJ

DEDICATÓRIA

Ao Conselheiro José Maurício de Lima Nolasco, que sempre me incentiva a novos desafios, e aos meus pais Fantina e Roberto, *in memoria*

AGRADECIMENTOS

À Profª. Elisabeth Ritter, por toda a confiança depositada em mim, orientação, revisões e incentivo.

Ao Prof. Gandhi Giordano, por sua indispensável participação.

Ao Prof. João Alberto Ferreira, pelas aulas ministradas e apoio nas horas difíceis.

Ao Prof. Rogério Feijó, Chefe do Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS/UERJ).

Ao técnico e colega João Antonio da Costa Pires, pela paciência, longas conversas e ajuda indispensável.

Aos técnicos do Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental da Faculdade de Engenharia da UERJ Rita de Cássia Pinheiro Fernandes e Grazieli Simões, por terem me recebido com tanta atenção e pela realização de muitas análises laboratoriais.

Ao colega Olegário Fernandes Vieira Neto, Coordenador do Laboratório da Tecma Tecnologia em Meio Ambiente, sempre pronto a me receber, trocar idéias e propiciar espaço necessário para a realização das análises.

Ao técnico Adelino Osório do Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS/UERJ), por toda a colaboração na preparação do solo.

A Engenheira Izabella Christyne Ribeiro Pinto Valadão, por todas as discussões, atenção e simulações realizadas em Volta Redonda.

Ao Engenheiro José Paulo Pinto Teixeira, por todas as discussões produtivas sobre disposição de resíduos sólidos e o apoio em todos os aspectos.

À Escola de Contas e Gestão do TCE-RJ, pela sugestão e seleção do curso, em especial ao Presidente José Augusto Assumpção Brito e o Coordenador Bruno Scott.

À Empresa Tecma Tecnologia em Meio Ambiente Ltda, por ter me propiciado meio e equipamentos para realizar algumas análises laboratoriais necessária ao estudo.

Aos professores do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia da UERJ, em particular aos que atuaram ministrando aulas no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, PEAMB, pelo empenho, apoio e dedicação longo do curso, o que tornou possível a ascensão de mais este degrau.

Aos meus amigos Sergio Machado, Odair Quintella e Stella Regina Reis da Costa, pelas revisões, discussões e ensaios.

Aos meus amigos Mônica da Cunha Rocha Fonseca, Flavia de Brito Albuquerque, Maria Helena Ramos e Sergio Ypiranga dos Guaranys, sempre dispostos a apoiar as minhas decisões, que entenderam meus períodos de ausência e ansiedade.

Aos amigos Patrícia e Marco Aurélio Alencar, por todo o apoio na educação da Roberta, pois sem este todos os projetos seriam muito mais difíceis.

A minha filha Roberta, a primeira prejudicada ao longo deste projeto de vida, porém torcendo sempre para o sucesso deste trabalho.

A Deus e Jesus pela saúde e a Nossa Senhora de Nazareth por toda a proteção.

Um dia é preciso parar de sonhar e, de algum modo, partir.

Amyr Klink

RESUMO

ALBANO, Monica Bomilcar *Uso do Solo do Município de Rio das Ostras como uso em processos de sorção como etapa de tratamento de lixiviados de aterros sanitários.*

Este trabalho investiga a utilização do solo do Aterro Sanitário de Rio das Ostras como forma de tratamento de lixiviado, de modo a quantificar a redução de contaminastes, cor e valores de DQO. A utilização do solo argiloso para redução de contaminantes, cor e valores de valores de DQO foi estudada usando três lixiviados diferentes: Rio das Ostras, Morro do Céu e aterro grande porte em ensaios para medida de sorção. As análises de redução de cor e valores de DQO foram realizadas, tendo o resultado mostrado uma redução de cor que variou de 45 a 73% e valores de DQO entre 7 e 66%, usando ensaios do tipo *Batch Tests* pelo Método CSI. Outros ensaios foram realizados pelo Método ECI de *Batch Tests* que mostraram resultados melhores de redução de cor, entre 60 e 80% apresentando uma capacidade de sorção do solo argiloso de 22 mg/g. Os ensaios de sorção, com os três lixiviados, foram também utilizados, para estudo do comportamento de certos contaminantes amônio, potássio, sódio e cálcio com relação ao solo argiloso de Rio das Ostras. Foi observada uma dessorção para os íons sódio e cálcio e também uma alta sorção para os íons amônio e potássio. O solo e o lixiviado do Aterro Sanitário de Rio das Ostras foram utilizados para pesquisa de determinação dos coeficientes de difusão molecular para os íons amônio, potássio, sódio, cloreto e cálcio, simulados nos programas computacionais POLLUTE e MPHMTP. Os resultados do coeficiente de difusão para o POLLUTE variaram entre 0,03 m^2/ano e 0,1 m^2/ano sendo no MPHMTP de 0,06 m^2/ano a 0,1 m^2/ano. Os dados experimentais mostraram melhor comportamento nas simulações realizadas no MPHMTP.

Palavras-Chave: Sorção. Difusão. Solo como Tratamento. Lixiviado. Redução de cor.

ABSTRACT

This work is an investigation study of the use of Rio das Ostras MSW clay soil as a leachate treatment. The activity of the clay soil for color and COD reduction was studied using three different leachates: Rio das Ostras, Morro do Céu and another one without identification. Analysis of the color and COD reduction were performed and the results for color reduction vary from 45 to 73% and the COD reduction from 7 to 66 %, using CSI Batch Tests. Other tests using one of the leachates with ECI Batch Tests presented better results for color reduction, the results of ECI tests showed an sorption capacity for the clay soil of 22 mg/g. The sorption tests, with the three leachates, were also performed to study the behavior of certain contaminants; Sodium, Ammonium, Potassium and Calcium in the presence of a clay soil from Rio das Ostras MSW. A Sodium and Calcium desorption was observed as well as a higher sorption for ammonium and potassium. The molecular diffusion coefficients determination using the soil and the leachate of Rio das Ostras MSW for the Chloride, Sodium, Ammonium, Potassium and Calcium ions were researched and the software POLLUTE and MPHMPT (Multi Phase Heat and Mass transfer program) were used. The results vary between 0,03 m^2/year to 0,1 m^2/year for POLLUTE software and 0,06 m^2/year to 0,1 m^2/ year for MPHMPT model. The experimental data showed better agreement for MPHMPT.

Keywords: Sortion. Treatment using soil. Leachate. Color Reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspecto do lixiviado bruto (à esquerda), clarificado com cal (no centro) e permeado na membrana de nanofiltração (à direita) 37

Figura 2 – Redução da cor do chorume (medido em 350 nm) do Aterro Sanitário de Campinas – SP 39

Figura 3 – Representação esquemática da estrutura da sílica 46

Figura 4 – Representação esquemática de uma estrutura típica da caulinita 48

Figura 5 – Isoterma de Langmuir 57

Figura 6 – Isoterma de Freundlich 57

Figura 7 – Cinética da sorção do Corante Vermelho do Congo 58

Figura 8 – Destorroamento do solo 64

Figura 9 – Soluções de Lixiviados: (a) de Rio das Ostras, (b) Morro do Céu e (c) Grande Porte 65

Figura: 10 – (a) Pesagem de solo no frasco e (b) frascos do ensaio em branco de Rio das Ostras 65

Figura 11 – Frascos contendo os ensaios no"*shaker*" 66

Figura 12 - Soluções de Rio das Ostras antes da filtração 66

Figura 13 – Conjunto de Filtração..... 67

Figura 14 – Conjunto de Filtração a vácuo (a) e Coleta de lixiviado.....67

Figura 15 – Solo retido no papel e lixiviado no Kitazato.....67

Figura 16 – Lixiviados antes e depois da sorção: (a) Rio das Ostras ; (b) Morro do Céu e (c) grande porte 68

Figura 17 – (a) Pesagem de solo; (b) preparação do lixiviado nos frascos para sorção pelo Método ECI (c) lixiviado no frasco e no balão volumétrico 69

Figura 18 – (a) Frascos na mesa agitadora e (b) Amostras do Lixiviado do AGP na mesa agitadora 70

Figura 19 – (a) Equipamento de filtragem à vácuo e (b) vista do solo no papel de filtro 70

Figura 20 – Comparação visual da redução da cor, vista panorâmica das cinco amostras mais concentradas 71

Figura 21 – Célula de difusão.....72

Figura 22 - Preparo do solo na umidade ótima; pesagem; preenchimento e compactação da célula de difusão.....73

Figura 23 – (a) Equipamento triaxial, TRITECH 100, sem a célula e (b) com a célula 74

Figura 24 – Célula de difusão com reservatório de percolado (a); Célula de difusão com lixiviado (b) e (c) a célula durante a difusão 75

Figura 25 – Retirada de sobrenadante 75

Figura 26 – Célula de difusão desmontada e em fase de separação das 6 camadas de 1 cm.....76

Figura 27 – Equipamento Orion 290 A 78

Figura 28 –Conjunto de análise de cálcio, sódio e potássio.....79

Figura 29 – Condutivímetro DIGIMED modelo DM31 durante as medidas dos lixiviados (a e b).....79

Figura 30 – pHmetro da marca DIGIMED modelo DM21.....80

Figura 31 – Conjunto para Determinação de cor 81

Figura 32 – Curva de calibração em 340 nm 82

Figura 33 – Digestor HACH.....83

Figura 34 – (a) Espectrofotômetro da HACH, modelo DR 2800 e (b) as soluções utilizadas para Determinação dos valores de DQO 83

Figura 35 – Equipamento utilizado para Determinação do Cloreto 84

Figura 36 – Isotermas de sorção para os íons amônio e potássio de Rio das Ostras 88

Figura 37 – Isotermas de sorção para os íons amônio e potássio de Morro do Céu 88

Figura 38 – Isotermas de sorção para os íons amônio e potássio do aterro de grande porte 88

Figura 39 – Isotermas de sorção para os íons sódio e cálcio de Rio das Ostras 89

Figura 40 – Isotermas de sorção para os íons sódio e cálcio de Morro do Céu 89

Figura 41 – Isotermas de sorção para os íons sódio e cálcio do AGP 90

Figura 42 – Condutividade antes e depois da sorção 91

Figura 43 – pH antes e depois da sorção 91

Figura 44 – Condutividade antes e depois da sorção 91

Figura 45 – pH antes e depois da sorção 92

Figura 46 – Condutividade antes e depois da sorção.....92

Figura 47 – pH antes e depois da sorção 92

Figura 48 – Avaliação visual do lixiviado de ASRO: (a) Solução e Sorvido a 50, 75 e 100% e (b) todas as soluções e sorções nas concentrações de 15, 35, 50, 75, 100% 94

Figura 49 – Avaliação visual do lixiviado do AMC: (a) Solução e Sorvido a 100%, 75% e 50% e (b) solução e sorvido todas as concentrações, 15, 35, 50, 75 e 100% 95

Figura.50 – Avaliação visual do lixiviado do AGP: (a) Solução e Sorvido a 50, 75 e 100%; (b) soluções e (c) sorvidos nas concentrações 15, 35, 50, 75 e 100% 95

Figura 51 – Redução de cor dos lixiviados dos três aterros variando a concentração 96

Figura 52 – Redução de valores de DQO nos lixiviados dos três aterros variando a concentração 97

Figura 53 – Redução da cor pelo Método ECI 99

Figura 54 – Verificação da semelhança de cor em três soluções 1 g/L, 2g/L e 5g/L pelo Método ECI 99

Figura 55 – Comparação redução de cor em três soluções pelo Método ECI 100

Figura 56 – Capacidade de sorção do solo de Rio das Ostras 100

Figura 57 – Redução comparativa da DQO pelo Método ECI 101

Figura 58 – Comparação da redução de cor e de valores de DQO 102

Figura 59 – Variação da condutividade na difusão 104

Figura 60 – variação do pH na difusão 104

Figura 61 – Simulações da Difusão do íon Cloreto (3dias) (a) POLLUTE (b) MPHMTP ..105

Figura 62 – Simulações da Difusão do íon Amônio (3dias) (a) POLLUTE (b) MPHMTP...105

Figura 63 – Simulações da Difusão do íon Potássio (3dias) (a) POLLUTE (b) MPHMTP .106

Figura 64 – Simulações da Difusão do íon Sódio (3dias) (a) POLLUTE (b) MPHMTP 107

Figura 65 – Simulações da Difusão do íon Cálcio (3dias) (a) POLLUTE (b) MPHMTP 107

Figura 66 – Redução da cor durante a difusão (3 dias) com lixiviado e solo de ASRO.....110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores Característicos de lixiviados de aterros novos e consolidados 31

Tabela 2 – Características de lixiviados de alguns Aterros Brasileiros.....33

Tabela .3– Características de lixiviados de alguns Aterros no mundo 34

Tabela 4 – Características Médias do Lixiviado do Aterro Sanitário de Campinas 38

Tabela 5 – Características do Lixiviado do Aterro de Jebel Chakir – Tunísia 42

Tabela 6 – Relação entre o pH e a remoção da Cor .....44.

Tabela 7 – Métodos de análise utilizados.....78

Tabela 8– Lixiviados dos três aterros utilizados nos ensaios de sorção e difusão 86

Tabela 9 – Intervalos de tempo de equilíbrio para o lixiviado do Aterro de Morro do Céu 87

Tabela 10 – Coeficientes de distribuição – K_d para os três lixiviados 91

Tabela 11 – Redução % dos parâmetros estudados nos lixiviados dos três aterros.....93

Tabela 12 – Redução de cor do Aterro de Rio das Ostras 108

Tabela 13 – Redução % dos valores de DQO dos lixiviados dos três aterros.....97

Tabela 14 – Resultados de cor dos ensaios de sorção pelo Método ECI 98

Tabela 15 – Redução dos valores de DQO Método ECI 101

Tabela 16 – Solo condições iniciais – ensaio de difusão 102

Tabela 17 – Características dos lixiviados de ASRO utilizados 103

Tabela 18 – Resultados das análises dos íons cloreto, amônio, potássio, sódio e cálcio 104

Tabela 19 – Comparação dos Coeficientes de difusão encontrados nas simulações 108

Tabela 20 – Coeficientes de difusão encontrados nas simulações feitas por Pires, 2007 108

Tabela 21 – Redução de cor em cada camada de solo ao longo da difusão 109

LISTA DE ABREVIATURAS

Al^{3+} - Íon alumínio

Al_2O_3 = Óxido de Alumínio

$Al_2(SO_4)_3$ = Sulfato de Alumínio

ADD – Água Destilada e Deionisada

C = concentração

C_1 = concentração de soluto no tempo T_1

Ca = cálcio

Ca^{2+} = Íon cálcio

C_b = concentração da solução do ensaio em branco

Ce = concentração de equilíbrio

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem

Cd = Cádmio

C_o = concentração inicial ou concentração da solução original

CO_2 = Gás carbônico

CO_3^{-2} = Íon carbonato

COT = Carbono Orgânico Total

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

Cr = Cromo

CSI - Constant Soil:Solution Ratio Isotherm

Cu = Cobre

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

De = coeficiente de difusão molecular

D_h = coeficiente de dispersão hidrodinâmica $[L^2T^{-1}]$

D_m = coeficiente de dispersão mecânica $[L^2T^{-1}]$

Do = coeficiente de difusão em solução livre

DQO - Demanda Química de Oxigênio

ECI **-** Environmentally Conservative Isotherm

EPA - United State Environmental Protection Agency

^-e = elétron

F_A = fluxo por advecção

F_D = fluxo de difusão molecular

Fe^{2+} = Íon ferro (II)

Fe^{32+} = Íon ferro (III)

$FeSO_4$ = Sulfato Ferroso

$Fe_2(SO_4)_3$ = Sulfato Férrico

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (RJ)

HCO_3^- = Íon Bicarbonato

HCl = Ácido Clorídrico

H_2O = Molécula de água

H_2O_2 = Molécula de água oxigenada (peróxido de hidrogênio)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

K = potássio

K = Coeficiente de permeabilidade

K^+ = íon potássio

K_d **-** Coeficiente de distribuição

kPa -Kg Pascal

kN - Kg Newton

LES - Laboratório de Engenharia Sanitária

LMS - Laboratório de Mecânica dos Solos

M **-**massa de solo seco

(M) - Metal

Min – Minuto

Mg^{2+} = Íon magnésio

Mn = Manganês

MPHMTP – Multi Phase Heat and Mass Transfer Program

n = porosidade

NT - Norma Técnica (FEEMA- RJ)

N_2 = Molécula de nitrogênio

Na^+ = Íon Sódio

Na = Sódio

Na OH = Hidróxido de Sódio

NH_4^+ = Íon amônio

NH_3 = Gás amoníaco

Ni = Níquel

NO_2^- = Íon nitrito

NO_3^- = Íon nitrato

$N\text{-}NH_3$ = nitrogênio amoniacal

O_2 = Molécula de oxigênio

Pb = Chumbo

PEAD **-** Polietileno de alta densidade

PVC **-** Policloreto de vinila

pH - Potencial Hidrogeniônico

PO_4^{3-} = Íon fosfato

R^2 - Coeficiente de correlação

RSS **-** Razão Solo:Solução

S **-** quantidade de soluto adsorvida por quantidade de massa de adsorvente;

SDT = Sólidos Dissolvidos Totais

SDV = Sólidos Dissolvidos Voláteis

Si^{4+} = Íon Silício

SiO_2 = Óxido de Silício

SO_4^{2-} = Íon Sulfato

SS - Sólidos Suspensos

SST– Sólidos Suspensos Totais

TECMA– Tecnologia em Meio Ambiente Ltda

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UV – Ultravioleta

V - volume de solução

v_a = velocidade de advecção

αL = coeficiente de dispersividade longitudinal [L]

ρ = massa específica

ω = coeficiente de tortuosidade (adimensional)

Zn = Zinco

SIMBOLOS

> maior

< menor

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO.....25

1.1 Aspectos Gerais.....25

1.2 Objetivo.....26

1.2.1 Objetivo Geral 26

1.2.2 Objetivos Específicos.....26

1.3 Organização da dissertação.....27

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO.....28

2.1 Resíduos Sólidos Urbanos.....28

2.2 Lixiviado de Aterro Sanitário.....29

2.3 Tratamento de lixiviado com ênfase na redução da cor.....35

2.3.1 Processos Oxidativos Avançados.....37

2.4 Conceituação do Solo.....45

2.5 Argílo-Minerais..... 47

2.5.1Caulinitas.....49

2.5.2 Mica Argílica (Ilita).....50

2.5.3 Cloritas.....50

2.5.4 Montmorilonitas.....51

2.5.5 Esmectitas.....51

2.5.6 Vermiculitas.....52

2.6 Transporte de Contaminantes no solo.....52

2.7 Processo de Interação Solo-Contaminante.....54

2.8 Métodos de Descoramento e Refino 55

3.0 METODOLOGIA.....58

3.1 Ensaio de Equilíbrio em Lote (*Batch Test*).....58

3.1.1 Razão: Solo Solução.....60

3.1.2 Determinação do tempo de equilíbrio.....61

3.1.3 Determinação da quantidade de Soluto Sorvido por massa de Adsorvente.....61

3.1.4 Procedimento do Ensaio 63

3.1.4.1 Sorção pelo Método CSI.....63

3.1.4.2 Sorção pelo Método ECI.....67

3.2 Ensaio de Difusão.....70
3.2.1 Descrição da Célula de Difusão e Montagem do Ensaio.....70
3.2.2 Lixiviação dos Amostras do Solo (após ensaio de difusão).....75
3.3 Análises Químicas.....76
3.3.1 Método de Determinação de Nitrogênio Amoniacal.....77
3.3.2 Método de Determinação de Sódio.....77
3.3.3 Método de Determinação de Potássio.....77
3.3.4 Método de Determinação de Cálcio.....77
3.35 Método de Determinação da Condutividade 78
3.36 Método de Determinação do pH.....79
3.37 Método de Determinação da Cor.....79
3.37 Método de Determinação da Demanda Química de Oxigênio.....81
3.38 Método de Determinação de Cloreto.....82
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....85
4.1 Caracterização dos Lixiviados dos Aterros de Rio das Ostras, de Morro do Céu e de Grande Porte.....85
4.2 Ensaios de Equilíbrio em Lote – Sorção.....87
4.2.1 Ensaios de equilíbrio em lote pelo Método CSI (solo constante).....87
4.2.2 Resultados relacionados à redução de cor e valores de DQO nos 3 lixiviados.....93
4.2.2.1 Resultados da redução de cor.....93
4.2.2.2 Resultados da redução valores de DQO.....96
4.3 Ensaios de Equilíbrio em Lote – Sorção pelo Método ECI.....98
4.4 Ensaios de Difusão.....102
4.5.1 Cálculos dos Coeficientes de difusão.....105
4.5.2 Redução de cor durante a difusão molecular.....109
5.0 CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....111
5.1 Conclusões.....111
5.2 Sugestões.....112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS
ANEXOS:
ANEXO I – Resultados dos Ensaios de Sorção para o Aterro de Rio das Ostras
ANEXO II - Resultados dos Ensaios de Sorção para o Aterro de Morro do Céu

ANEXO III - Resultados dos Ensaios de Sorção para o aterro de grande porte

ANEXO IV – Gráficos com todos os resultados dos ensaios efetuados.