

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**CODISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS
DE SAÚDE COM RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

LUCIANE FELIPE DE SOUZA

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia.

Porto Alegre, maio de 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**CODISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS
DE SAÚDE COM RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

LUCIANE FELIPE DE SOUZA

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ricardo Andrade Bidone

Banca Examinadora

**Prof. Dr. Dieter Wartchow
Prof. Dr. Gino Roberto Gehling
Prof^ª. Dr^ª. Luciana Paulo Gomes**

**SEMA/ PMPA
IPH/ UFRGS
Dep. Microbiologia/ UNISINOS**

Porto Alegre, maio de 2003.

Somente quem é capaz de acreditar no invisível é capaz de trazer o novo.

Jorge Menezes

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Professor Dr. Francisco Ricardo Andrade Bidone da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Francisco Ricardo Andrade Bidone, por seu apoio, exemplo de competência e boa vontade, por sua amizade e pela confiança que depositou em meu trabalho.

À então coordenadora deste Programa de Pós-graduação, Professora Dra. Edith Beatriz Camaño Schettini, por sua incondicional colaboração.

Às instituições mantenedoras do ensino público e gratuito no Brasil, que, na figura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, possibilitaram a realização de meu curso de graduação e de pós-graduação. Em especial à CAPES e ao CNPq pelo financiamento desta pesquisa.

À Finep e ao BID que, através do contrato Finep – BID 880 – OC / BR, financiaram o PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, o qual englobou esta pesquisa.

Ao DMLU e à FEPAGRO, pelo apoio de seus funcionários e pelo empréstimo de equipamentos e laboratórios.

Ao CPVDF, pelo empréstimo de seus laboratórios e pela colaboração de seus funcionários.

À secretária do Programa de Pós-graduação, Nadir Bueno Solari e às bibliotecárias deste Instituto, Sandra Maria Gomes, Jussara Barbieri, Jussara Silva e Elisabete Oliveira Freire pela atenção e constante colaboração.

À médica veterinária Rosane Maia Machado, pela amizade e pelo inestimável auxílio na realização e interpretação das análises microbiológicas.

À médica veterinária Vanessa Felipe de Souza, pelo auxílio na realização das análises microbiológicas do experimento de *Inoculação* e pelos inestimáveis esclarecimentos na área de microbiologia.

À engenheira agrônoma Ana Gonzáles, por sua orientação e colaboração na realização do experimento de *Poder Germinativo*.

Ao engenheiro agrônomo Alberto Cargnelutti pelo auxílio na análise estatística.

À engenheira Ana Paula da Silva, pelo inestimável auxílio na fase inicial do projeto e pela confecção dos desenhos das plantas apresentadas no Anexo B.

Ao Prof. Dr. Robin T. Clarke, pelo auxílio na análise estatística.

À enfermeira do HCPA, Alba Maria Ferreira La Rosa, pela colaboração na realização da caracterização dos resíduos sólidos de serviços de saúde do HCPA.

Aos funcionários e bolsistas do IPH e, em especial, aos do Laboratório de Saneamento Ambiental por sua dedicação incansável.

À Beatriz Stoll Moraes e Ane Lourdes Marques de Oliveira pela amizade e companheirismo.

À minha sogra, Olímpia, e enteados, Bruno, Cristiane, Juliana e Letícia, pelo carinho.

À minha mãe e avó pelo amor e pela dedicação que dispensaram à minha educação.

Em especial, a Jorge Menezes, meu marido e alma gêmea, por seu amor e por todas as lições de vida física e extrafísica que me tem transmitido.

E, finalmente, ao plano espiritual, por toda luz, auxílio, alegria e oportunidade de crescimento que tem trazido a nossas vidas.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estudar a codisposição de resíduos sólidos de serviços de saúde (RSSS) com resíduos sólidos urbanos (RSU), dando ênfase aos microrganismos normalmente encontrados nos RSSS. O trabalho foi desenvolvido em três etapas, julgadas relevantes para o entendimento da codisposição de RSSS com RSU, denominadas de forma geral: *Codisposição, Recirculação e Inoculação*. A **Codisposição** foi implementada a partir da montagem de seis células de 70 m³, portanto em escala real, escavadas sobre a *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte, na cidade de Porto Alegre. As células experimentais foram dispostas lado a lado, apresentando base inferior 2 x 3 m, base superior 7 x 8 m e profundidade 2,5 m. Cada célula recebeu, nesta ordem, cobertura de BIDIM 400, PEAD 2 mm e BIDIM 180. As duas coberturas de BIDIM funcionaram como membranas protetoras da manta de PEAD (impermeabilizante), visando minorar possíveis danos mecânicos determinados principalmente por elementos pérfuro-cortantes. As drenagens dos efluentes líquidos e gasosos de cada célula foram realizadas através de tubos hidráulicos de DN 40 mm, possuindo estas comunicação entre si no interior de cada célula, mas não entre células. Os tubos de saída de gás e lixiviado foram furados em sua superfície para garantir a remoção dos efluentes do interior das células, sendo forrados com BIDIM 400 nas regiões perfuradas para impedir a obstrução dos furos pelo resíduo. As células foram denominadas C1, C2, C3, C4, C5 e C6, diferindo entre si devido às relações de RSSS/RSU que foram utilizadas em seu preenchimento. De C1 a C6, as percentagens de RSU e RSSS foram, respectivamente, (100% e 0%), (95% e 5%), (75% e 25%), (50% e 50%), (25% e 75%) e (0% e 100%). Depois de preenchidas, as células receberam uma camada de argila compactável de 60 cm. Foram analisadas diversas variáveis físicas, químicas e microbiológicas de controle. Na etapa de **Recirculação**, estudou-se a influência da reposição de todo o lixiviado gerado em uma célula sobre a argila de recobrimento desta mesma célula. Foi estudado ainda o *Poder Germinativo* de quatro espécies vegetais das quais uma delas viria a ser utilizada para remoção de poluentes do lixiviado recirculado, sendo plantada sobre a superfície superior das células. Foram elas ervilhaca (*Vicia sativa*), aveia preta (*Avena strigosa*), alfafa (*Medicago sativa*) e pensacola (*Paspalum notatum*), testadas na presença e ausência de lixiviado;. Nesta etapa, foi testada a influência da espécie vegetal ervilhaca (*Vicia sativa*) – leguminosa de inverno –, plantada na argila, como agente de depuração do lixiviado recirculado. Verificou-se que a utilização desta espécie vegetal não teve influência significativa na remoção de poluentes do lixiviado, nas condições do experimento. A redução das concentrações de poluentes se deveu, portanto, à operação de recirculação. Na etapa denominada **Inoculação**, foram estudadas as curvas de crescimento de três espécies de microrganismos em lixiviado bruto e esterilizado. Foram utilizados reatores de 1,5 L preenchidos com 1 L de lixiviado esterilizado previamente, sendo inoculadas concentrações conhecidas dos microrganismos *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*, separadamente. Para cada microrganismo, foram montados doze reatores: quatro com pH 5, quatro com pH 7 e quatro com pH 9. De cada conjunto de reatores de mesmo pH, três foram inoculados com igual concentração de microrganismos, e um, considerado reator de controle, recebeu somente água deionizada e esterilizada. Desenvolveram-se, como esperado, as curvas de crescimento para as espécies estudadas. A espécie *Pseudomonas aeruginosa* se adaptou melhor (maior tempo de sobrevivência e concentrações mais elevadas) no pH neutro, enquanto que a espécie *Escherichia coli* se desenvolveu melhor no pH ácido. No pH 9, ambas as espécies foram inviabilizadas desde a primeira contagem. Para *Staphylococcus aureus* a concentração reduziu-se drasticamente nas primeiras 24 h para todos os valores de pH. Comparando-se os pH, essa espécie se adaptou melhor no pH neutro e depois no pH ácido. A partir dos estudos desenvolvidos, a codisposição de RSSS com RSU se mostrou uma técnica aceitável.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to study the co-disposal of solid wastes from health services (RSSS-recursos sólidos de serviços de saúde), with urban solid wastes (RSU- resíduos sólidos urbanos) emphasizing the microorganisms usually found in RSSS. The study was developed in three stages, considered relevant to understand and co-dispose of RSSS with RSU, generally called: *Codisposal*, *Recirculation* and *Inoculation*. ***Co-disposal*** was implemented by setting up six 70m³ cells, and thus real-scale, excavated over Cell 4 at the North Zone Sanitary Landfill, in the city of Porto Alegre. The experimental cells were disposed side by side, with a lower base measuring 2 x 3 m, upper base 7x 8 m and depth 2.5m. Each cell received, in the following order, a cover of BIDIM 400, PEAD 2mm and BIDIM 180. The two BIDIM covers worked as protective membranes for the PEAD cover (waterproofing), with a view to lessening possible mechanical damages caused mainly by sharp elements. The drainages of liquid and gaseous effluents from each cell were performed by DN 40 mm pipes, communicating with each other inside each cell, but not between cells. The surfaces of gas and percolate exit tubes were perforated to ensure the removal of effluents from inside the cells, and lined with BIDIM 400 in the perforated areas to prevent the waste from obstructing the holes. The cells were called C1, C2, C3, C4, C5 and C6, and were different from each other due to the RSSS/RSU relations that were used to fill them. From C1 to C6, the RSU and RSSS percentages were respectively (100% and 0%), (95% and 5%), (75% and 25%), (50% and 50%), (25% and 75%) and (0% and 100%). After filling, the cells received a 60 cm layer of compactable clay. Several physical, chemical and microbiological control variables were analyzed. During the ***Recirculation*** stage, the *Germinative Power* of four plant species was studied, one of which would be used to remove pollutants from the recirculated percolate, and it was planted on the upper surface of the cells. They were vetch (*vicia sativa*), black oats (aveia preta, *Avena strigosa*), alfalfa (*Medicago sativa*) and Pensacola (*Paspalum notatum*), tested in the presence and absence of leachate; the influence of replacing all of the percolate generated in a cell on the clay cover of this same cells was also studied. During this stage, the influence of vetch (*vicia sativa*) – a winter legume – planted in the clay as a depuration agent of the recirculated leachate was tested. It was found that the use of this plant species did not have a significant influence on the removal of pollutants from the leachate, under the experimental conditions. The reduction of pollutant concentration was thus due to operating recirculation. During the stage called ***Inoculation***, the growth curves of three species of microorganisms in raw and sterilized leachate were studied. Reactors filled with 1 L of previously sterilized leachate were used, and known concentrations of the *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* microorganisms were inoculated separately. Twelve reactors were set up for each microorganism: four with a pH of 5, four with pH 7 and four with pH 9. Of each set of reactors with the same pH, three were inoculated with an equal concentration of microorganisms and one, considered the control reactor, received only deionized and sterilized water. As expected, growth curves developed for the species. The species *Pseudomonas aeruginosa* adapted best (longest survival time and highest concentration) to the neutral pH, while *Escherichia coli* developed best in the acid pH. In pH 9, both species were unfeasible from the first count onwards. For *Staphylococcus aureus*, the concentration was drastically reduced during the first 24 h for all pH values. Comparing the pH, this species adapted best to the neutral pH and then to the acid pH. Based on the studies developed, the co-disposal of RSSS with RSU proved to be an acceptable technique, with exceptions.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	iii
AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
SUMÁRIO	viii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE SÍMBOLOS	xxiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo geral	5
2.2 Objetivos específicos	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1 Problemática dos RSSS.....	7
3.2 Situação do gerenciamento dos RSSS em algumas capitais brasileiras	9
3.2.1 Porto Alegre	9
3.2.2 São Paulo	11
3.2.3 Belo Horizonte	12
3.3 Legislação referente a resíduos de serviços de saúde no Brasil	14
3.3.1 Definição e classificação dos resíduos de serviços de saúde.....	15
3.3.2 O gerenciamento dos RSSS à luz da legislação.....	20
3.4 Considerações microbiológicas.....	23
3.4.1 Condições físicas para o cultivo de microrganismos.....	23
3.4.2 Curva de crescimento microbiano em sistema fechado.....	24
3.4.3 Microrganismos normalmente encontrados em aterros sanitários	26
3.4.4 Microrganismos normalmente encontrados nos resíduos de serviços de saúde	28
3.4.5 Microrganismos patogênicos e microrganismos indicadores de patogenicidade	30
3.4.6 A transmissão de doenças através dos RSSS.....	35
3.4.6.1 Transmissão da AIDS através de águas residuárias ou biossólidos	39
3.5 Considerações a respeito de cinética química.....	40
3.6 Sistemas de tratamento utilizados para RSSS	45
3.6.1 Desinfecção por fervura em água	46

3.6.2 Tyndallização ou esterilização fracionada.....	46
3.6.3 Esterilização a vapor em autoclaves.....	46
3.6.4 Esterilização por aquecimento a seco.....	46
3.6.5 Esterilização por radiação ionizante.....	47
3.6.6 Radiação gama.....	47
3.6.7 Eletro-aceleradores (emissão de raios catódicos).....	47
3.6.8 Esterilização por radiação não-ionizante.....	47
3.6.9 Radiação ultravioleta.....	47
3.6.10 Desinfetantes líquidos.....	48
3.6.11 Desinfecção por gases e vapores químicos.....	48
3.6.12 Encapsulamento de resíduos.....	48
3.6.13 Incineração a LASER.....	48
3.6.14 Incineração com infravermelho.....	48
3.6.15 Pirólise.....	48
3.6.16 Incineração.....	49
3.7 Sistemas de disposição final para RSSS.....	49
3.7.1 Disposição a céu aberto.....	49
3.7.2 Disposição em vazadouros.....	50
3.7.3 Alimentação de animais.....	50
3.7.4 Vala séptica.....	50
3.7.5 Aterro sanitário.....	50
3.7.6 Aterro controlado.....	51
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	52
4.1 Etapa 1 (<i>Codisposição</i>) – Células de aterro sanitário monitoradas quanto a variáveis físicas, químicas e microbiológicas.....	52
4.1.1 Etapas de montagem das células de codisposição.....	54
4.1.1.1 Levantamento planialtimétrico da <i>Célula 4</i> do Aterro Sanitário Zona Norte.....	55
4.1.1.2 Escavação de células e valas para o assentamento dos drenos de lixiviado.....	55
4.1.1.3 Colocação de areia no fundo das células e valas.....	56
4.1.1.4 Instalação de drenos de lixiviado nas células e valas.....	56
4.1.1.5 Recolocação de resíduo nas valas.....	57
4.1.1.6 Colocação de BIDIM 400 nas células.....	57
4.1.1.7 Colocação de manta PEAD 2 mm nas células.....	58
4.1.1.8 Colocação de BIDIM 180 nas células.....	58
4.1.1.9 Colocação de camada de brita no fundo das células.....	58
4.1.1.10 Colocação de drenos de gás nas células.....	59

4.1.1.11 Colocação da mistura de resíduos nas células	59
4.1.1.12 Composição gravimétrica dos resíduos depositados nas células – caracterização	61
4.1.1.13 Cobertura das células com argila compactável.....	64
4.1.2 Procedimentos de coleta de gás e lixiviado	64
4.1.3 Análises físicas, químicas e microbiológica para caracterização do lixiviado	64
4.1.3.1 Análises físicas e químicas do lixiviado das células de <i>Codisposição</i>	65
4.1.3.2 Análises microbiológicas para caracterização do lixiviado	67
4.2 Etapa 2 (<i>Recirculação</i>) – Recirculação do lixiviado sobre células com cobertura de macrófitas	67
4.2.1 Distribuição de macrófitas sobre as células de <i>codisposição</i>	69
4.2.2 Estudo do poder germinativo de quatro culturas vegetais semeadas em substrato argiloso, na presença e ausência de lixiviado	70
4.3 Etapa 3 (<i>Inoculação</i>) – Inoculação de microrganismos indicadores em lixiviado de aterro sanitário bruto e esterilizado e estudo das curvas de crescimento bacteriano	74
4.3.1 Estrutura física do experimento de inoculação e material utilizado nas análises	75
4.3.2 Etapas desenvolvidas no experimento de inoculação.....	76
4.3.2.1 Esterilização do lixiviado em autoclave	76
4.3.2.2 Ajuste do pH dos reatores.....	76
4.3.2.3 Obtenção de cepas liofilizadas provenientes do ATCC	77
4.3.2.4 Rehidratação das cepas liofilizadas	77
4.3.2.5 Semeadura em placa de <i>Petry</i> por esgotamento	77
4.3.2.6 Preparação da solução-mãe	77
4.3.2.7 Titulação da solução de microrganismos multiplicados em caldo BHI	77
4.3.2.8 Cálculo do volume de solução-mãe a inocular nos reatores	78
4.3.2.9 Inoculação da solução-mãe diluída no lixiviado	78
4.3.2.10 Coleta de amostras	78
4.3.2.11 Plaqueamento.....	78
4.3.2.12 Coleta e contagem.....	78
4.3.3 Caracterização do lixiviado utilizado na etapa de inoculação	79
4.3.4 Obtenção da solução de microrganismos (solução-mãe)	79
4.3.5 Cálculo do volume inoculado nos reatores.....	80
4.4 Metodologia de análise e interpretação dos resultados das Etapas 1, 2 e 3.....	82
4.4.1 Etapa 1 - <i>Codisposição</i>	82
4.4.1.1 Comparação entre as células através da presença de microrganismos indicadores de patogenicidade no lixiviado das células de <i>codisposição</i>	83
4.4.1.2 Comparação entre as células de <i>codisposição</i> através das taxas de degradação (constante de velocidade) do material depositado nas células.....	84

4.4.1.3 Comparação entre as células através das alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro sanitário	88
4.4.2 Etapa 2 - <i>Recirculação</i>	88
4.4.2.1 Estatística do experimento de poder germinativo	89
4.4.3 Etapa 3 - <i>Inoculação</i>	90
5 RESULTADOS	91
5.1 Resultados da primeira etapa – <i>Codisposição</i>	91
5.1.1 Condutividade	92
5.1.2 Cor aparente	93
5.1.3 pH	94
5.1.4 Potencial redox	95
5.1.5 Turbidez	96
5.1.6 DBO ₅ total	97
5.1.7 DQO total	98
5.1.8 NTK	99
5.1.9 Amônia	99
5.1.10 Metais	100
5.1.10.1 Concentração de cádmio	101
5.1.10.2 Concentração de cálcio	101
5.1.10.3 Concentração de chumbo	101
5.1.10.4 Concentração de cobre	102
5.1.10.5 Concentração de cromo	102
5.1.10.6 Concentração de ferro	103
5.1.10.7 Concentração de magnésio	103
5.1.10.8 Concentração de manganês	104
5.1.10.9 Concentração de níquel	104
5.1.10.10 Concentração de potássio	105
5.1.10.11 Concentração de sódio	106
5.1.10.12 Concentração de zinco	107
5.1.11 Concentração de ácidos voláteis como equivalente em termos de ácido acético	107
5.1.12.1 Sólidos totais	108
5.1.12.2 Sólidos fixos	108
5.1.12.3 Sólidos voláteis	109
5.1.13 Dióxido de carbono, metano e gás nitrogênio	110
5.1.14 Volume lixiviado	112
5.1.15 Temperatura das células	112

5.1.16	Microrganismos analisados no lixiviado das células de codisposição.....	113
5.1.17	Resultados da comparação entre as célula C1, C2, C3, C4, C5 e C6.....	114
5.1.17.1	Resultado da comparação entre as células de codisposição através da presença de microrganismos indicadores de patogenicidade no lixiviado.....	115
5.1.17.2	Resultado da comparação entre as células de codisposição através das taxas de degradação (constante de velocidade) do material depositado nas células (reator descontínuo de volume constante).....	118
5.1.17.3	Resultado da comparação entre as células de codisposição através das alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro sanitário.....	121
5.2	Resultados da segunda etapa – <i>Recirculação</i>	125
5.2.1	Situação das variáveis analisadas após o início da recirculação de lixiviado	125
5.2.2	Volume recirculado	126
5.2.3	Poder germinativo de forrageiras na presença e ausência de lixiviado.....	127
5.2.4	DQO total.....	135
5.3	Resultados da terceira etapa – <i>Inoculação</i>	136
5.3.1	Caracterização do lixiviado	136
5.3.2	Análises microbiológicas referentes à etapa de <i>Inoculação</i>	137
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	140
6.1	Discussão dos resultados da primeira etapa – <i>Codisposição</i>	141
6.1.1	Condutividade.....	142
6.1.2	Cor aparente.....	143
6.1.3	pH.....	144
6.1.4	Potencial redox	145
6.1.5	Turbidez.....	145
6.1.6	DBO ₅ total	146
6.1.7	DQO total.....	146
6.1.8	NTK.....	147
6.1.9	Amônia.....	148
6.1.10	Metais	148
6.1.11	Ácido acético equivalente	149
6.1.12	Sólidos totais, fixos e voláteis	149
6.1.13	Dióxido de carbono, gás metano e gás nitrogênio	150
6.1.14	Volume lixiviado.....	150
6.1.15	Temperatura das células.....	150
6.1.16	Microrganismos analisados no lixiviado das células de codisposição.....	151
6.1.17	Comparação entre as células.....	152

6.1.17.1 Comparação entre as células através da presença de microrganismos indicadores de patogenicidade no lixiviado	153
6.1.17.2 Comparação entre as células de codisposição através da taxa de degradação (constante de velocidade) do material depositado nas células	154
6.1.17.3 Comparação entre as células através de algumas variáveis selecionadas.....	155
6.2 Discussão dos resultados da segunda etapa – <i>Recirculação</i>	155
6.2.1 Poder germinativo de forrageiras na presença e ausência de lixiviado.....	158
6.3 Discussão dos resultados da terceira etapa – <i>Inoculação</i>	158
6.3.1 Análises microbiológicas do experimento de <i>Inoculação</i>	158
6.3.1.1 <i>Escherichia coli</i>	159
6.3.1.2 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	159
6.3.1.3 <i>Staphylococcus aureus</i>	160
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	161
7.1 Conclusões	161
7.1.1 Conclusões da primeira etapa – <i>Codisposição</i>	161
7.1.2 Conclusões da segunda etapa – <i>Recirculação</i>	162
7.1.3 Conclusões da terceira etapa 3 – <i>Inoculação</i>	163
7.2 Recomendações	164
7.2.1 Recomendações da primeira etapa – <i>Codisposição</i>	164
7.2.2 Recomendações da segunda etapa – <i>Recirculação</i>	165
7.2.3 Recomendações da terceira etapa – <i>Inoculação</i>	165
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166
ANEXO A – Tabelas e Figuras	A1
ANEXO B – Desenhos	B1
ANEXO C – Relatório Fotográfico	C1
ANEXO D – Dimensionamento e Custos	D1

LISTA DE TABELAS

TABELAS DO TEXTO

Nº DA TABELA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
TABELA 3.1	MICROORGANISMOS NORMALMENTE ENCONTRADOS EM ATERROS SANITÁRIOS	29
TABELA 3.2	TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE ALGUNS PATÓGENOS NA MASSA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	38
TABELA 4.1	PERCENTAGENS DE RSU E RSSS PARA AS CÉLULAS, PREVISTAS NO PROJETO ORIGINAL	54
TABELA 4.2	MASSAS DE RSU/RSSS E RESPECTIVAS PERCENTAGENS MÁSSICAS DAS CÉLULAS	54
TABELA 4.3	HOSPITAIS DE ONDE PROCEDEU O RSSS, MASSAS E DATAS DA DISPOSIÇÃO NAS CÉLULAS	60
TABELA 4.4	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RSU DO MUNICÍPIO DE POA E DOS RSSS DO HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE – HCPA	62
TABELA 4.5	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DO RESÍDUO SÓLIDO DISPOSTO NAS CÉLULAS (%), DE ACORDO COM OS DADOS CONSTANTES DAS TABELAS 4.2 E 4.3	62
TABELA 4.6	VARIÁVEL, MÉTODO DE ANÁLISE, UNIDADE, LOCAL DE REALIZAÇÃO E FREQUÊNCIA DE ANÁLISE	66
TABELA 4.7	CÓDIGO ATCC PARA OS MICROORGANISMOS ESTUDADOS E RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES DAS SOLUÇÕES-MÃE, SOLUÇÕES INOCULADAS E CONCENTRAÇÕES INICIAIS DOS REATORES	82
TABELA 5.1	VALORES CARACTERÍSTICOS DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DAS CÉLULAS C1 A C6 PARA MESÓFILOS HEMOLÍTICOS	115
TABELA 5.2	VALORES CARACTERÍSTICOS DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DAS CÉLULAS C1 A C6 PARA COLIFORMES TOTAIS	115
TABELA 5.3	VALORES CARACTERÍSTICOS DAS CURVAS DE CRESCIMENTO DAS CÉLULAS C1 A C6 PARA COLIFORMES FECAIS	116
TABELA 5.4	ESPÉCIES ENCONTRADAS NO LIXIVIADO DAS CÉLULAS DE CODISPOSIÇÃO NOS DIAS 183 E 293 DE OPERAÇÃO DO ATERRO	118
TABELA 5.5	CONSTANTES DE VELOCIDADE DE DECAIMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DQO TOTAL PARA AS CÉLULAS C1 A C6	121
TABELA 5.6	CONCENTRAÇÃO DO LIXIVIADO UTILIZADO PARA UMDIFICAÇÃO DO SUBSTRATO ARGILOSO	127
TABELA 5.7	NÚMERO DE SEMENTES DE INVERNO GERMINADAS (NORMAIS E ANORMAIS) E NÃO GERMINADAS (DURAS E MORTAS)	128
TABELA 5.8	NÚMERO DE SEMENTES DE VERÃO GERMINADAS (NORMAIS E ANORMAIS) E NÃO GERMINADAS (DURAS E MORTAS)	128
TABELA 5.9	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DELINEAMENTO (SEMENTES NORMAIS DE INVERNO)	129
TABELA 5.10	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DELINEAMENTO (SEMENTES ANORMAIS DE INVERNO)	130
TABELA 5.11	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DELINEAMENTO (SEMENTES DURAS/MORTAS DE INVERNO)	131
TABELA 5.12	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DELINEAMENTO (SEMENTES NORMAIS DE VERÃO)	132
TABELA 5.13	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DELINEAMENTO (SEMENTES ANORMAIS DE VERÃO)	133
TABELA 5.14	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DELINEAMENTO (SEMENTES DURAS/MORTAS DE VERÃO)	134
TABELA 5.15	RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO DE PODER GERMINATIVO	135
TABELA 5.16	VARIÁVEIS ANALISADAS NO LIXIVIADO COM O FIM DE CARACTERIZÁ-LO	137

TABELAS DO ANEXO A

Nº DA TABELA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
TABELA A1	CONDUTIVIDADE DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A1
TABELA A2	COR APARENTE DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A3
TABELA A3	pH DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A5
TABELA A4	POTENCIAL REDOX DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A7
TABELA A5	TURBIDEZ DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A9
TABELA A6	DBO ₅ TOTAL DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A11
TABELA A7	DQO TOTAL DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A13
TABELA A8	NTK DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A15
TABELA A9	AMÔNIA DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A17
TABELA A10.1	CONCENTRAÇÃO DE CÁDMIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A19
TABELA A10.2	CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A21
TABELA A10.3	CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A23
TABELA A10.4	CONCENTRAÇÃO DE COBRE DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A25
TABELA A10.5	CONCENTRAÇÃO DE CROMO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A27
TABELA A10.6	CONCENTRAÇÃO DE FERRO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A29
TABELA A10.7	CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A31
TABELA A10.8	CONCENTRAÇÃO DE MANGANÊS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A33
TABELA A10.9	CONCENTRAÇÃO DE NÍQUEL DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A35
TABELA A10.10	CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A37
TABELA A10.11	CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A39
TABELA A10.12	CONCENTRAÇÃO DE ZINCO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A41
TABELA A11	CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDOS VOLÁTEIS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS – EQUIVALENTE EM TERMOS DE ÁCIDO ACÉTICO	A43
TABELA A12.1	CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A45
TABELA A12.2	CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS FIXOS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A47
TABELA A12.3	CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS VOLÁTEIS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A49
TABELA A13.1	FRAÇÃO MÁSSICA DE DIÓXIDO DE CARBONO DOS GASES EMITIDOS PELAS CÉLULAS	A51
TABELA A13.2	FRAÇÃO MÁSSICA DE GÁS METANO DOS GASES EMITIDOS PELAS CÉLULAS	A53
TABELA A13.3	FRAÇÃO MÁSSICA DE GÁS NITROGÊNIO DOS GASES EMITIDOS PELAS CÉLULAS	A55

TABELA A14	VOLUME LIXIVIADO PELAS CÉLULAS	A57
TABELA A14a	VOLUME DE LIXIVIADO RECIRCULADO	A57
TABELA A15	TEMPERATURA NO INTERIOR DAS CÉLULAS	A59
TABELA A16	RESULTADOS QUANTITATIVOS PARA OS MICRORGANISMOS AERÓBIOS PRESENTES NO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A61
TABELA A17	VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE CLOSTRÍDIOS SULFITO-REDUTORES NO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	A61
TABELA A18	ESPÉCIES DE MICRORGANISMOS ENCONTRADAS NO LIXIVIADO DAS CÉLULAS DE CODISPOSIÇÃO (24/11/99)	A65
TABELA A19	ESPÉCIES DE MICRORGANISMOS ENCONTRADAS NO LIXIVIADO DAS CÉLULAS DE CODISPOSIÇÃO (13/03/00)	A65
TABELA A20.1	CONCENTRAÇÃO DE ESCHERICHIA COLI – ETAPA 3 (INOCULAÇÃO)	A66
TABELA A20.2	CONCENTRAÇÃO DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA – ETAPA 3 (INOCULAÇÃO)	A67
TABELA A20.3	CONCENTRAÇÃO DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS – ETAPA 3 (INOCULAÇÃO)	A68

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS DO TEXTO

Nº DA FIGURA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
FIGURA 3.1	CURVA DE CRESCIMENTO BACTERIANO TÍPICA	25
FIGURA 4.1	POSIÇÃO DAS CAIXAS DE CULTURAS DE INVERNO	73
FIGURA 4.2	POSIÇÃO DAS CAIXAS DE CULTURAS DE VERÃO	73
FIGURA 4.3	NÚMERO DE SEMENTES GERMINADAS NORMAIS DE INVERNO	73
FIGURA 4.4	NÚMERO DE SEMENTES GERMINADAS NORMAIS DE VERÃO	73
FIGURA 4.5	NÚMERO DE SEMENTES GERMINADAS ANORMAIS DE INVERNO	73
FIGURA 4.6	NÚMERO DE SEMENTES GERMINADAS ANORMAIS DE VERÃO	73
FIGURA 4.7	NÚMERO DE SEMENTES DURAS E MORTAS DE INVERNO	74
FIGURA 4.8	NÚMERO DE SEMENTES DURAS E MORTAS DE VERÃO	74
FIGURA 4.9	ESQUEMA REPRESENTATIVO DOS REATORES UTILIZADOS NO EXPERIMENTO DE INOCULAÇÃO	75
FIGURA 4.10	ESQUEMA DAS ETAPAS ENVOLVIDAS NA PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO-MÃE E INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS EM LIXIVIADO	80
FIGURA 4.11	OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE VELOCIDADE PARA EQUAÇÃO DE PRIMEIRA ORDEM (CÉLULA C1)	85
FIGURA 4.12	OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE VELOCIDADE PARA EQUAÇÃO DE PRIMEIRA ORDEM (CÉLULA C2)	85
FIGURA 4.13	OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE VELOCIDADE PARA EQUAÇÃO DE PRIMEIRA ORDEM (CÉLULA C3)	86
FIGURA 4.14	OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE VELOCIDADE PARA EQUAÇÃO DE PRIMEIRA ORDEM (CÉLULA C4)	86
FIGURA 4.15	OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE VELOCIDADE PARA EQUAÇÃO DE PRIMEIRA ORDEM (CÉLULA C5)	86
FIGURA 4.16	OBTENÇÃO DA CONSTANTE DE VELOCIDADE PARA EQUAÇÃO DE PRIMEIRA ORDEM (CÉLULA C6)	87
FIGURA 5.1	CONDUTIVIDADE DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	92
FIGURA 5.2	CONCENTRAÇÃO DE NITRATOS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	93
FIGURA 5.3	COR APARENTE DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	94
FIGURA 5.4	pH DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	95
FIGURA 5.5	POTENCIAL REDOX DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	96
FIGURA 5.6	TURBIDEZ DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	97
FIGURA 5.7	DBO ₅ TOTAL DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	97
FIGURA 5.8	DQO TOTAL DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	98
FIGURA 5.9	NTK DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	99
FIGURA 5.10	AMÔNIA DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	100

FIGURA 5.11	CONCENTRAÇÃO DE CÁDMIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	101
FIGURA 5.12	CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	102
FIGURA 5.13	CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	102
FIGURA 5.14	CONCENTRAÇÃO DE COBRE DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	103
FIGURA 5.15	CONCENTRAÇÃO DE CROMO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	103
FIGURA 5.16	CONCENTRAÇÃO DE FERRO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	104
FIGURA 5.17	CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	104
FIGURA 5.18	CONCENTRAÇÃO DE MANGANÊS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	105
FIGURA 5.19	CONCENTRAÇÃO DE NÍQUEL DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	105
FIGURA 5.20	CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	106
FIGURA 5.21	CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	106
FIGURA 5.22	CONCENTRAÇÃO DE ZINCO DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	107
FIGURA 5.23	CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDOS VOLÁTEIS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	108
FIGURA 5.24	CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	109
FIGURA 5.25	CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS FIXOS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	109
FIGURA 5.26	CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS VOLÁTEIS DO LIXIVIADO DAS CÉLULAS	110
FIGURA 5.27	FRAÇÃO MÁSSICA DE DIÓXIDO DE CARBONO DOS GASES EMITIDOS PELAS CÉLULAS	111
FIGURA 5.28	FRAÇÃO MÁSSICA DE METANO DOS GASES EMITIDOS PELAS CÉLULAS	111
FIGURA 5.29	FRAÇÃO MÁSSICA DE GÁS NITROGÊNIO DOS GASES EMITIDOS PELAS CÉLULAS	111
FIGURA 5.30	VOLUME LIXIVIADO PELAS CÉLULAS	112
FIGURA 5.31	TEMPERATURA NO INTERIOR DAS CÉLULAS	113
FIGURA 5.32	COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS DE DECAIMENTO REAL E DO MODELO PARA DQO TOTAL (CÉLULA C1)	118
FIGURA 5.33	COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS DE DECAIMENTO REAL E DO MODELO PARA DQO TOTAL (CÉLULA C2)	118
FIGURA 5.34	COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS DE DECAIMENTO REAL E DO MODELO PARA DQO TOTAL (CÉLULA C3)	118
FIGURA 5.35	COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS DE DECAIMENTO REAL E DO MODELO PARA DQO TOTAL (CÉLULA C4)	119
FIGURA 5.36	COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS DE DECAIMENTO REAL E DO MODELO PARA DQO TOTAL (CÉLULA C5)	119
FIGURA 5.37	COMPARAÇÃO ENTRE AS CURVAS DE DECAIMENTO REAL E DO MODELO PARA DQO TOTAL (CÉLULA C6)	119
FIGURA 5.38	COMPOSIÇÃO DO GÁS E LIXIVIADO DE ATERROS SANITÁRIOS	122
FIGURA 5.39	ALTERAÇÕES NAS VARIÁVEIS INDICADORAS SELECIONADAS DURANTE AS FASES DE ESTABILIZAÇÃO DO ATERRO PARA A CÉLULA C1	122
FIGURA 5.40	ALTERAÇÕES NAS VARIÁVEIS INDICADORAS SELECIONADAS DURANTE AS FASES DE ESTABILIZAÇÃO DO ATERRO PARA A CÉLULA C2	123

FIGURA 5.41	ALTERAÇÕES NAS VARIÁVEIS INDICADORAS SELECIONADAS DURANTE AS FASES DE ESTABILIZAÇÃO DO ATERRO PARA A CÉLULA C3	123
FIGURA 5.42	ALTERAÇÕES NAS VARIÁVEIS INDICADORAS SELECIONADAS DURANTE AS FASES DE ESTABILIZAÇÃO DO ATERRO PARA A CÉLULA C4	123
FIGURA 5.43	ALTERAÇÕES NAS VARIÁVEIS INDICADORAS SELECIONADAS DURANTE AS FASES DE ESTABILIZAÇÃO DO ATERRO PARA A CÉLULA C5	124
FIGURA 5.44	ALTERAÇÕES NAS VARIÁVEIS INDICADORAS SELECIONADAS DURANTE AS FASES DE ESTABILIZAÇÃO DO ATERRO PARA A CÉLULA C6	124
FIGURA 5.45	VOLUME RECIRCULADO	126

FIGURAS DO ANEXO A

Nº DA FIGURA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
FIGURA A1a	CONTAGEM DE MESÓFILOS HEMOLÍTICOS CÉLULA C1	A62
FIGURA A1b	CONTAGEM DE MESÓFILOS HEMOLÍTICOS CÉLULA C2	A62
FIGURA A1c	CONTAGEM DE MESÓFILOS HEMOLÍTICOS CÉLULA C3	A62
FIGURA A1d	CONTAGEM DE MESÓFILOS HEMOLÍTICOS CÉLULA C4	A62
FIGURA A1e	CONTAGEM DE MESÓFILOS HEMOLÍTICOS CÉLULA C5	A62
FIGURA A1f	CONTAGEM DE MESÓFILOS HEMOLÍTICOS CÉLULA C6	A62
FIGURA A2a	CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS CÉLULA C1	A63
FIGURA A2b	CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS CÉLULA C2	A63
FIGURA A2c	CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS CÉLULA C3	A63
FIGURA A2d	CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS CÉLULA C4	A63
FIGURA A2e	CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS CÉLULA C5	A63
FIGURA A2f	CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS CÉLULA C6	A63
FIGURA A3a	CONTAGEM DE COLIFORMES FECAIS CÉLULA C1	A64
FIGURA A3b	CONTAGEM DE COLIFORMES FECAIS CÉLULA C2	A64
FIGURA A3c	CONTAGEM DE COLIFORMES FECAIS CÉLULA C3	A64
FIGURA A3d	CONTAGEM DE COLIFORMES FECAIS CÉLULA C4	A64
FIGURA A3e	CONTAGEM DE COLIFORMES FECAIS CÉLULA C5	A64
FIGURA A3f	CONTAGEM DE COLIFORMES FECAIS CÉLULA C6	A64
FIGURA A4a	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE ESCHERICHIA COLI NO pH 5	A69
FIGURA A4b	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE ESCHERICHIA COLI NO pH 7	A69
FIGURA A4c	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE ESCHERICHIA COLI NO pH 9	A69
FIGURA A5a	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA NO pH 5	A70

FIGURA A5b	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA NO pH 7	A70
FIGURA A5c	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA NO pH 9	A70
FIGURA A6a	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS NO pH 5	A71
FIGURA A6b	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS NO pH 7	A71
FIGURA A6c	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS NO pH 9	A71

FIGURAS DO ANEXO B

Nº DA FIGURA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
FIGURA B1	ESQUEMA GERAL DA LOCALIZAÇÃO DAS CÉLULAS SOBRE A CÉLULA 4 DO ATERRO SANITÁRIO ZONA NORTE	B1
FIGURA B2	PLANTA DE LOCAÇÃO DA ESCAVAÇÃO DAS CÉLULAS SOBRE A CÉLULA 4 DO ATERRO SANITÁRIO ZONA NORTE	B2
FIGURA B3	PLANTA DA CÉLULA C6	B3
FIGURA B4	CORTE TRANSVERSAL AA – CÉLULA C6	B4
FIGURA B5	CORTE TRANSVERSAL BB – CÉLULA C6	B5
FIGURA B6	DETALHE DOS DRENOS DE LIXIVIADO E DE GÁS ASSENTADOS SOBRE O FUNDO DAS CÉLULAS	B6

FIGURAS DO ANEXO C

Nº DA FIGURA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
FIGURA C1	LEVANTAMENTO ALTIMÉTRICO DA CÉLULA 4 DO ATERRO SANITÁRIO ZONA NORTE	C1
FIGURA C2	FINALIZAÇÃO DA ESCAVAÇÃO DA CÉLULA C6 E INÍCIO DA ESCAVAÇÃO DA VALA	C1
FIGURA C3	LIXO RETIRADO DA VALA DA CÉLULA C6, PARA SER RECOLOCADO POSTERIORMENTE	C2
FIGURA C4	VISTA DAS VALAS DAS CÉLULAS C5 E C6/ RECOLOCANDO LIXO NA VALA DA CÉLULA C6	C2
FIGURA C5	DETALHE DO DRENO DE LIXIVIADO DA CÉLULA C6	C3
FIGURA C6	LIXO SENDO RECOLOCADO NA VALA DA CÉLULA C6. DETALHE DO DRENO DE LIXIVIADO NO FUNDO DA CÉLULA	C3
FIGURA C7	VALA DA CÉLULA C6 COM AREIA SOBRE O DRENO DE LIXIVIADO E TRATOR RECOLOCANDO, SOBRE O DRENO, O LIXO RETIRADO	C4
FIGURA C8	BIDIM 400 SOBRE A CÉLULA C6	C5
FIGURA C9	LÂMINA DE PEAD (2 mm), SENDO ARRASTADA PARA COBRIR CÉLULA	C5
FIGURA C10	LÂMINA DE PEAD COBRINDO A CÉLULA C6 / AGUARDANDO CORTES PARA ASSENTAMENTO	C6
FIGURA C11	SOLDAGEM DO BIDIM 400 SOB MANTA DE PEAD	C6
FIGURA C12	VISTA DO CONJUNTO DAS CÉLULAS C1 A C6, RECOBERTAS POR PEAD (2 mm)	C7

FIGURA C13	VISTA DO CONJUNTO DAS CÉLULAS RECOBERTAS POR PEAD / À DIREITA O TALUDE SOB O QUAL ESTÃO AS VALAS	C7
FIGURA C14	DETALHE DA CAMADA DE BRITA COLOCADA SOBRE O FUNDO DA CÉLULA, PRECEDENDO A COLOCAÇÃO DOS RESÍDUOS	C8
FIGURA C15	DRENOS DE GÁS, ENVOLTOS POR BIDIM, DISPOSTOS NO CONJUNTO DAS CÉLULAS, PRECEDENDO A COLOCAÇÃO DOS RESÍDUOS	C8
FIGURA C16	BALANÇA PARA CAMINHÕES / AO FUNDO, VISTA DA CÉLULA 4 DO ATERRO SANITÁRIO ZONA NORTE	C9
FIGURA C17	ASPECTO DO RSU A SER COLOCADO NA CÉLULA C1 (BRANCO PARA RSU)	C9
FIGURA C18	VISTA DAS CÉLULAS RECOBERTAS COM BIDIM 180, COM A CÉLULA C6 (À FRENTE) CONTENDO RSSS E A CÉLULA C1 (AO FUNDO) CONTENDO RSU	C10
FIGURA C19	CÉLULA C6 COM RSSS / DETALHE DO DRENO DE GÁS NO CENTRO DA CÉLULA	C10
FIGURA C20	ASPECTO DO RSSS DISPOSTO NA CÉLULA C6 / RETROESCAVADEIRA ABRINDO SACOS E CAIXAS AMARELAS DE PÉRFURO-CORTANTES	C11
FIGURA C21	SERINGAS EXPOSTAS SOBRE O RSSS DISPOSTO SOBRE A CÉLULA C6	C11
FIGURA C22	SACOS DE RSSS RECOLHIDOS DO BLOCO CIRÚRGICO DO HCPA	C12
FIGURA C23	SEPARAÇÃO DE RSSS POR CATEGORIA	C12
FIGURA C24	SEPARAÇÃO DE RSSS RECOLHIDOS DO BLOCO CIRÚRGICO DO HCPA. MATERIAL PLÁSTICO AO FUNDO E MATÉRIA ORGÂNICA A FRENTE, À ESQUERDA	C12
FIGURA C25	BALANÇA UTILIZADA NA PESAGEM DOS RSSS DO HCPA	C13
FIGURA C26	RSSS COLETADOS DA UTI DO HCPA	C13
FIGURA C27	CAIXAS DE PÉRFURO-CORTANTES RECOLHIDAS NO HCPA	C14
FIGURA C28	MATERIAL ORGÂNICO DO BLOCO CIRÚRGICO DO HCPA	C14
FIGURA C29	RECOBRIMENTO DAS CÉLULAS COM ARGILA. COMPACTAÇÃO ADICIONAL DO RESÍDUO	C15
FIGURA C30	VISTA DAS CÉLULAS COBERTAS COM ARGILA COMPACTADA – FINAL DA MONTAGEM	C15
FIGURA C31	CALDO LACTOSADO E CALDO VERDE BRILHANTE PARA ISOLAMENTO DE COLIFORMES TOTAIS E FECAIS RESPECTIVAMENTE	C16
FIGURA C32	VISUALIZAÇÃO DA RESPOSTA DO TESTE DE VERIFICAÇÃO DE COLIFORMES FECAIS E TOTAIS	C16
FIGURA C33	VISUALIZAÇÃO DA RESPOSTA DO TESTE DE VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE COLIFORMES FECAIS E TOTAIS (OBSERVE-SE DETALHE DA PRODUÇÃO DE GÁS)	C16
FIGURA C34	MEIO DE CULTURA ÁGAR-SANGUE PARA ISOLAMENTO DE MESÓFILOS HEMOLÍTICOS	C17
FIGURA C35	MEIO DE TAROZZI PARA ISOLAMENTO DE CLOSTRIDIUM SP	C17
FIGURA C36	ERVILHACA (LEGUMINOSA DE INVERNO) PLANTADA SOBRE CÉLULA	C17
FIGURA C37	LIXIVIADO SENDO COLETADO EM BALDE DE 20 L PARA SER RECIRCULADO	C17
FIGURA C38	BOMBA CENTRÍFUGA UTILIZADA PARA RECALCAR O LIXIVIADO RECOLHIDO NA SAÍDA DO DRENO DE LIXIVIADO PARA A BASE SUPERIOR DAS CÉLULAS	C18
FIGURA C39	LIXIVIADO SENDO DEPOSITADO SOBRE A SUPERFÍCIE DA CÉLULA C1	C18
FIGURA C40	PESAGEM DE SUBSTRATO ARGILOSO	C19
FIGURA C41	DISPOSIÇÃO DAS SEMENTES SOBRE SUBSTRATO ARGILOSO	C19
FIGURA C42	ASPERSÃO DE ÁGUA DEIONIZADA SOBRE SEMENTES DISPOSTAS EM ARGILA	C20

FIGURA C43	ASPERSÃO DE LIXIVIADO SOBRE SEMENTES DISPOSTAS EM ARGILA	C20
FIGURA C44	CAIXAS COM ARGILA, SEMENTES E ÁGUA DEIONIZADA OU LIXIVIADO SENDO COLOCADAS EM GELADEIRA PARA QUEBRAR DORMÊNCIA	C21
FIGURA C45	VISTA GERAL DO EXPERIMENTO DE INVESTIGAÇÃO DO PODER GERMINATIVO (CÂMARA DE GERMINAÇÃO)	C21
FIGURA C46	AVEIA (GRAMÍNEA DE INVERNO) E ERVILHACA (LEGUMINOSA DE INVERNO) APÓS 7 DIAS DA APLICAÇÃO DE LIXIVIADO OU ÁGUA DEIONIZADA, CONFORME LEGENDA	C22
FIGURA C47	PENSACOLA (GRAMÍNEA DE VERÃO) E ALFAFA (LEGUMINOSA DE VERÃO) APÓS 7 DIAS DA APLICAÇÃO DE LIXIVIADO OU ÁGUA DEIONIZADA, CONFORME LEGENDA	C22
FIGURA C48	ERVILHACA (LEGUMINOSA DE INVERNO) APÓS 7 DIAS DA APLICAÇÃO DE LIXIVIADO OU ÁGUA DEIONIZADA, CONFORME LEGENDA	C23
FIGURA C49	AVEIA (GRAMÍNEA DE INVERNO) APÓS 7 DIAS DA APLICAÇÃO DE LIXIVIADO OU ÁGUA DEIONIZADA, CONFORME LEGENDA	C23
FIGURA C50	ALFAFA (LEGUMINOSA DE VERÃO) APÓS 7 DIAS DA APLICAÇÃO DE LIXIVIADO OU ÁGUA DEIONIZADA, CONFORME LEGENDA	C24
FIGURA C51	PENSACOLA (GRAMÍNEA DE VERÃO) APÓS 7 DIAS DA APLICAÇÃO DE LIXIVIADO OU ÁGUA DEIONIZADA, CONFORME LEGENDA	C24
FIGURA C52	ASPECTO VISUAL DA ERVILHACA (LEGUMINOSA DE INVERNO) NA AUSÊNCIA OU PRESENÇA DE LIXIVIADO, NO 12º DIA APÓS A SEMEADURA	C25
FIGURA C53	ASPECTO VISUAL DA AVEIA (GRAMÍNEA DE INVERNO) NA AUSÊNCIA OU PRESENÇA DE LIXIVIADO, NO 12º DIA APÓS A SEMEADURA	C25
FIGURA C54	ASPECTO VISUAL DA ALFAFA (LEGUMINOSA DE VERÃO) NA AUSÊNCIA OU PRESENÇA DE LIXIVIADO, NO 12º DIA APÓS A SEMEADURA	C26
FIGURA C55	ASPECTO VISUAL DA ERVILHACA (LEGUMINOSA DE INVERNO) NA AUSÊNCIA OU PRESENÇA DE LIXIVIADO, NO 12º DIA APÓS A SEMEADURA	C26
FIGURA C56	ASPECTO VISUAL DA AVEIA (GRAMÍNEA DE INVERNO) NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE LIXIVIADO, NO 12º DIA APÓS A SEMEADURA	C27
FIGURA C57	ASPECTO VISUAL DA PENSACOLA (GRAMÍNEA DE VERÃO) NA AUSÊNCIA OU PRESENÇA DE LIXIVIADO, NO 12º DIA APÓS A SEMEADURA	C27
FIGURA C58	AUTOCLAVE UTILIZADA PARA A ESTERILIZAÇÃO DO LIXIVIADO NO EXPERIMENTO DE INOCULAÇÃO	C28
FIGURA C59	CAPELA DE FLUXO LAMINAR UTILIZADA PARA A MANIPULAÇÃO DAS AMOSTRAS NO EXPERIMENTO DE INOCULAÇÃO	C28
FIGURA C60	GELADEIRA UTILIZADA PARA A PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS DO EXPERIMENTO DE INOCULAÇÃO	C28
FIGURA C61	MATERIAL UTILIZADO NA TITULAÇÃO DA SOLUÇÃO-MÃE INOCULADA NO LIXIVIADO	C28
FIGURA C62	VISTA DOS DOZE REATORES UTILIZADOS NO EXPERIMENTO DE INOCULAÇÃO. OS TRÊS REATORES AO FUNDO, SÃO OS REATORES DE CONTROLE (BRANCOS)	C29
FIGURA C63	DETALHE DOS REATORES UTILIZADOS NO EXPERIMENTO DE INOCULAÇÃO	C29
FIGURA C64	ESTUFA QUE MANTEVE OS REATORES SOB TEMPERATURA CONSTANTE DE 25°C	C29

LISTA DE SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ATCC	American Type Culture Collection
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAGRESS	Comissão Permanente de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde de Belo Horizonte
CTB	Contagem total de bactérias
CTI	Centro de Tratamento Intensivo
DBO₅	Demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias
DMLU	Departamento Municipal de Limpeza Urbana da Prefeitura de Porto Alegre
DN	Diâmetro nominal
DQO	Demanda química de oxigênio
EPA	Environmental Protection Agency
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos
GL	Graus de liberdade
HCPA	Hospital de Clínicas de Porto Alegre
HIV	Vírus da imunodeficiência humana
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
L	Litro
NBR	Norma brasileira
NTK	Nitrogênio total de Kjeldahl
OMS	Organização Mundial da Saúde
pa	Para análise
PEAD	Polietileno de alta densidade
PGRSSS	Programa de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde
pH	Potencial hidrogeniônico
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
QM	Quadrado médio
RS	Resíduo sólido
RSS	Resíduos de serviços de saúde
RSSS	Resíduos sólidos de serviços de saúde
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SIDA	Síndrome da Imunodeficiência Adquirida
SLU/PBU	Secretaria de Limpeza Urbana da Prefeitura de Belo Horizonte
SQ	Soma de quadrados
UFC	Unidades formadoras de colônias
\varnothing	Diâmetro

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a cultura de cada país ou região, sua disponibilidade de espaço físico e sua tecnologia, as soluções adotadas para contornar os problemas relativos ao ambiente podem ser bastante diferentes. Na Suíça, um país de extensão territorial muito menor do que o Brasil, todos os RSSS são incinerados, pois não existe espaço físico suficiente para a construção de aterros sanitários. No entanto esta alternativa, quando mal utilizada, apresenta inconvenientes, como a poluição atmosférica que localidades com maior disponibilidade de espaço teriam como evitar. Seguindo o exemplo da incineração, em realidade, qualquer solução imaginável para o tratamento e a destinação final de resíduos sólidos acarretará algum tipo de inconveniente.

O ideal seria reciclar todo o resíduo sólido gerado pela população e pelas indústrias, eliminando os efeitos adversos da ocupação de áreas valiosas, da emissão de gases tóxicos e adicionalmente agregando-lhe valor. Estaríamos assim praticamente trabalhando em um circuito fechado, em que não haveria desperdícios, tampouco passivos ambientais. Hoje infelizmente, não é essa a realidade, o que não nos impede de continuar buscando formas cada vez melhores para o encaminhamento do problema.

Relativamente ao aproveitamento e reciclagem, em se tratando de RSSS, se fosse possível submetê-los a operações e processos de reaproveitamento, é certo que, legalmente, tais procedimentos não poderiam ser empregados para todos os resíduos sólidos gerados nos estabelecimentos de saúde, devido às suspeitas de contaminação deste material por microrganismos potencialmente patogênicos. Esse é um dos problemas enfrentados hoje pelo pessoal que gerencia os RSSS nos hospitais, na tarefa de reduzir a quantidade de resíduos infectantes gerada.

Sabe-se que os resíduos provenientes de atividades administrativas e aqueles advindos de refeitório de funcionários podem ser conduzidos à reciclagem e reaproveitamento, ao passo que aqueles recolhidos nos quartos de pacientes devem ser encaminhados a aterros sanitários, justamente pela falta de informação a respeito da real contaminação biológica apresentada por esses resíduos.

Hoje são inúmeras as formas de tratamento propostas para a inativação de microrganismos patogênicos em RSSS. Desde a esterilização a vapor em autoclaves até a incineração, são mais de quinze técnicas. Todas elas, entretanto, são bastante trabalhosas e onerosas em termos de custos, além de serem passos anteriores à disposição final em aterros sanitários. Assim a codisposição de RSSS com RSU, técnica ainda proibida pela legislação, seria uma forma econômica e simplificada de disposição final, à medida que dispensa tratamentos prévios dos RSSS. No entanto, sua utilização, como já foi dito, ainda não é permitida, entre outros fatores, pela falta de informações confirmadas cientificamente a respeito da questão. Assim, por falta de recursos para a inativação de microrganismos patogênicos nesses resíduos, a disposição de RSSS a céu aberto ainda é praticada em muitas cidades brasileiras.

A qualidade de vida da população atendida pela coleta que conduzirá resíduos perigosos a um local seguro, ao invés de serem dispostos a céu aberto, e, no caso da codisposição de RSSS com RSU, a solução mais prática e econômica para a disposição final destes resíduos são questões que devem ser consideradas ao eleger-se uma forma de disposição final, pois, em um país como o Brasil, em que uma grande parcela da população não tem acesso à alimentação adequada e à educação digna, não se pode continuar despendendo recursos financeiros consideráveis em técnicas de descontaminação provavelmente desnecessárias, baseadas em critérios de segurança exagerados, quando esse recurso poderia estar sendo empregado de forma bem mais nobre. Assim, é fundamental adequar o tratamento dos RSSS às condições financeiras do país.

Hoje, com a distribuição de doenças endêmicas e epidêmicas relacionadas com a situação sócio-econômica e cultural dos povos, utilizando como exemplo a AIDS, os estudos a respeito da microbiologia de agentes patogênicos humanos em ambientes naturais foram ampliados. Mesmo assim é bem mais conhecido o comportamento desses microrganismos em seu ambiente específico, ou seja, o corpo humano. Assim como outros microrganismos patogênicos, no interior do corpo, ou mesmo em contato com a pele e mucosas, estes se encontram em condições ideais de sobrevivência e reprodução, sugerindo que, provavelmente, fora de seu ambiente ideal, os mesmos acabarão se diluindo e inviabilizando. Isso leva a presumir-se que o lixiviado de aterro sanitário muito provavelmente seja tóxico para os microrganismos pertencentes à categoria dos patogênicos. Mas em quanto tempo isso acontece? Em que condições acontece? No caso desses microrganismos estarem inseridos em

lixiviado de aterro sanitário, como se apresenta sua curva de crescimento? São questões que precisam ser respondidas à luz da ciência para esclarecer a questão da codisposição.

Hoje se sabe que a maioria dos microrganismos encontrados nos RSSS pertence à microbiota normal do corpo humano, sendo incapazes de causar infecções em indivíduos imunologicamente competentes. Estão presentes na pele, nas mucosas e mesmo no interior do corpo, desde o nascimento até a morte. Além disso, são encontrados freqüentemente em todos os resíduos da atividade humana, já existindo trabalhos que demonstram que os RSU são mais contaminados do que os RSSS.

Se tal comprovação já existe, e não foram tomadas medidas no sentido de revisar a legislação, parece conveniente que trabalhos como este venham-se somar aos já existentes a fim de corroborar os resultados obtidos.

Ainda deve-se considerar que, mesmo contrariando a legislação, atualmente a codisposição é a técnica de disposição final adotada pela maioria das cidades brasileiras que possuem aterros sanitários. Esse é um fato que não pode ser desconsiderado. Partindo, dessa realidade, presume-se, que a codisposição de RSSS com RSU em aterros sanitários ainda venha a ser praticada, tendo em vista que não se prevê, em curto prazo, nenhuma mudança em termos da maior disponibilidade de recursos financeiros para os estabelecimentos geradores, os quais são responsáveis pelo tratamento e disposição final de seus resíduos. Dessa forma, parece bastante coerente que a preocupação dos órgãos competentes deva-se focalizar nos efeitos provocados por esta técnica.

Este trabalho se focaliza na última etapa do gerenciamento dos RSSS e RSU, ou seja, a disposição final. Nas outras etapas, anteriores a esta, muitas situações de risco se estabelecem, como acidentes com objetos pérfuro-cortantes. Todavia, a fim de se fazer afirmações a respeito da real periculosidade advinda da codisposição de RSU com RSSS, muitas questões precisam ser respondidas, a partir do fechamento das células, tais como:

- Os microrganismos patogênicos sobrevivem em contato com os resíduos? Por quanto tempo?

- Os microrganismos patogênicos sobreviveriam ao lançamento nos corpos d'água?

- Pessoas que viessem a ter contato com a água dos corpos receptores contaminados pelo lixiviado seriam infectadas?

Sabe-se que a simples presença de um microrganismo patogênico em lixiviado de aterro sanitário, embora seja condição necessária, não é suficiente para se garantir que pessoas ou animais sejam infectados ao entrarem em contato com estes microrganismos.

Considerando todas as condições necessárias para o estabelecimento de doenças causadas por microrganismos patogênicos, esse trabalho se focaliza na primeira delas, ou seja, a presença dos microrganismos em determinado meio que poderá levá-los a entrar em contato com a pessoa. Estabelece-se, portanto, uma ligação importante entre a engenharia e a medicina no intuito de elucidar ainda mais profundamente a questão da codisposição, pois, por tudo o que foi exposto, não há dúvida de que esta técnica facilitaria sobremaneira as operações envolvidas na destinação final de RSSS, por conseguinte, reduzindo custos, facilitando o trabalho das prefeituras e melhorando a qualidade de vida da população que não ficaria exposta ao contato direto com os RSSS dispostos a céu aberto.

Pelo que foi apresentado, não é objetivo desse trabalho estudar como ocorre o processo de instauração de doenças, sendo essa uma atribuição dos profissionais da saúde.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar como ocorre a interação de RSSS com RSU, quando codispostos em células de aterro sanitário, principalmente com vistas à pesquisa da presença dos microrganismos patogênicos mais comumente encontrados em estabelecimentos de saúde.

2.2 Objetivos específicos

- Acompanhar temporalmente o processo de digestão anaeróbia das misturas de RSSS e RSU codispostas em células de aterro sanitário em escala real, pela análise de variáveis utilizadas correntemente como indicadoras de poluição química;
- verificar o grau de contaminação biológica do lixiviado efluente das células de aterro, mediante a verificação da presença de microrganismos indicadores encontrados em RSSS;
- estudar a influência da recirculação do lixiviado de células de codisposição com o auxílio de macrófitas na remoção de poluentes do lixiviado de aterro sanitário;
- estudar a influência da aplicação de lixiviado bruto de aterro sanitário no poder germinativo de forrageiras de inverno e de verão, semeadas em substrato argiloso, em escala de bancada;
- estudar o comportamento *in vitro* (sobrevivência e crescimento) dos microrganismos *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*, quando inoculados em lixiviado bruto e esterilizado de aterro sanitário, em valores de pH típicos das fases de degradação anaeróbia da matéria orgânica;
- verificar, se é possível operar as células de codisposição da mesma forma que são operadas as células em que só se depositam RSU;

— apresentar uma alternativa adequada (sanitária e financeiramente) de disposição final para os RSSS, com vistas a uma possibilidade de revisão da legislação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Problemática dos RSSS

Em nenhuma outra época, o homem produziu tantos resíduos como na atualidade. O ser humano é, por sua própria natureza, um perturbador do fluxo natural de energia, por produzir mais do que consome e descartar, em pontos isolados, grandes quantidades de materiais que a natureza não tem capacidade de assimilar. Adicionalmente, a crescente parcela de materiais descartáveis presentes nos resíduos piora a situação, a medida em que dificulta o tratamento dispensado ao conjunto dos resíduos coletados. Em relação aos RSSS, a crescente geração está associada principalmente ao fenômeno da descartabilidade, o qual provocou o aumento do volume de resíduos nos últimos anos (SCHNEIDER et al., 2001).

De uma forma geral, a questão dos RSSS envolve dois problemas principais. Em uma esfera individual, surge a preocupação com a segurança das pessoas que trabalham diretamente com os resíduos, desde a geração até o destino final. E, do ponto de vista social, as prefeituras buscam alternativas para dar o destino mais apropriado aos seus RSSS, ao mesmo tempo em que não prejudicam o meio ambiente e a população (BIDONE, 2001).

Se inúmeras são as recomendações e exigências da legislação brasileira quanto ao gerenciamento dos RSSS, é inegável que a maioria delas não é cumprida, tanto pelos estabelecimentos de saúde, quanto por outros órgãos competentes. Por descaso ou por falta de recursos, os RSSS são espalhados em terrenos que não dispõem de nenhuma proteção, muitas vezes em regiões habitadas ou junto a córregos e rios utilizados para pesca, lazer ou abastecimento de água para consumo humano, existindo, mesmo em países desenvolvidos, exemplos de lançamento de RSSS em locais impróprios (FERNANDES et al., 2000).

O lançamento de RSSS em células de aterro sanitário e a real necessidade de tratamento dos resíduos infectantes antes da disposição no solo têm sido objeto de polêmica em vários países. Um extenso estudo que contou com a participação de vários órgãos do governo americano, hospitais e entidades particulares, intitulado *The Public Health Implications of Medical Waste: a Report to Congress* (“As implicações para a saúde pública dos resíduos de serviços de saúde: relatório para o Congresso”) foi publicado em 1990 pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR*. Com relação à disposição em

aterro sanitário, concluiu-se que “os resíduos infectantes não-tratados podem ser dispostos em aterros sanitários, desde que sejam rigorosamente seguidos os procedimentos para prevenir o contato dos trabalhadores com os resíduos, durante as operações de manuseio e disposição” (FERNANDES et al., 2000).

Corroborando o parágrafo anterior, segundo ZANON (1990), não existem fatos que comprovem que os RSSS causem doenças em pessoas nos estabelecimentos de saúde, tampouco nos assentamentos humanos, ficando os riscos apenas por conta de elementos pérfuro-cortantes contaminados e recipientes descartáveis contendo culturas de microrganismos presentes no conjunto dos RSSS.

Devido às controvérsias em torno da questão, estudos epidemiológicos realizados nos últimos anos, a pedido de agências oficiais norte-americanas, como a *Environmental Protection Agency* (EPA), têm-se mostrado bastante conclusivos, contendo informações mais objetivas a respeito dos riscos envolvidos nas diversas etapas que o lixo percorre, desde a geração até o destino final. Através do que se sabe hoje a respeito da questão pode-se afirmar com segurança que, em condições ideais, o risco de transmissão de doenças através dos RSS é praticamente nulo para pacientes e para a comunidade e extremamente baixo para o profissional de saúde, se restringindo aos acidentes com elementos pérfuro-cortantes (FERNANDES et al., 2000).

Ademais a existência de um agente de risco não significa necessariamente risco efetivo. O risco efetivo é determinado pela análise de todos os fatores que concorrem para aumentar ou restringir o potencial de risco inicial, sendo, neste caso, resultado da combinação de fatores relativos aos resíduos e ao processo, ao ambiente e ao indivíduo ou grupo exposto (FERNANDES et al., 2000).

Apesar dos vários estudos já realizados, muitos órgãos estaduais de meio ambiente no Brasil ainda não assumiram uma posição clara sobre a disposição no solo sem tratamento dos resíduos infectantes, esquecendo que países como o Brasil, que sofrem com a falta de recursos para as áreas da saúde e do saneamento, precisam de soluções realistas (FERNANDES et al., 2000).

3.2 Situação do gerenciamento dos RSSS em algumas capitais brasileiras

No Brasil, são poucos os municípios brasileiros em que o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde toma lugar de destaque. E, no que se refere às diversas etapas do gerenciamento, a importância de uma destinação final conduzida dentro de critérios técnicos legais normalmente é ignorada. Os RSSS geralmente não recebem tratamento adequado, sendo descartados juntamente com os RSU em depósitos a céu aberto (SCHNEIDER et al., 2001).

Segundo dados do IBGE (Censo 2000), do total dos resíduos sólidos gerados no país, 12,2 % são coletados, 48,2% são queimados, 5,0 % são enterrados, 26,9 % são jogados em terreno baldio, 1,2 % são jogados em rios, lago ou mar e 6,5 % têm outro destino não identificado. A Região Norte é a que possui menor percentagem de resíduos sólidos coletados (4,4 %), seguida pela Região Nordeste (5,7 %), Região Centro-Oeste (8,8 %), Região Sul (20,0 %) e Região Sudeste (25,6 %). 40,5% em volume dos resíduos sólidos coletados no Brasil recebem destino final adequado e 59,5% recebem destino inadequado. Entende-se por destino final adequado a disposição dos resíduos em aterros sanitários, sua destinação a estações de triagem, reciclagem e compostagem e sua incineração através de equipamentos e procedimentos próprios para esse fim. E, por destino final inadequado, compreende-se seu lançamento, em bruto, em vazadouros a céu aberto, vazadouros em áreas alagadas, locais não fixos e outros destinos como a queima a céu aberto, sem nenhum tipo de equipamento.

A seguir será apresentada a situação do gerenciamento dos RSSS em algumas capitais brasileiras.

3.2.1 Porto Alegre

A preocupação com o manejo adequado dos RSSS, no município de Porto Alegre, RS, culminou com a implantação da Coleta Seletiva, em 1990, um serviço que se estendeu aos hospitais, os quais iniciaram a segregação na origem de todos os resíduos sólidos gerados. Este trabalho passou a efetivar-se como Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (PGRSSS), integrando o sistema de gestão de resíduos sólidos do município. Além disso, praticamente todos os postos de saúde municipais participam do projeto.

O projeto tem por objetivo a segregação na origem, a fim de reduzir o volume gerado de resíduos infectantes. Na elaboração do projeto, foi adotada a *Classificação dos Subsídios para Adoção de Sistemas de Resíduos em Serviços de Saúde do Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Saúde de São Paulo* de 1989. Na implantação da primeira etapa do projeto, foram priorizados os hospitais e, até agosto de 2001, o trabalho já havia sido implantado em 32 hospitais do município, sendo diagnosticado o perfil institucional e sua relação com os aspectos ambientais, incluindo licenciamento junto ao órgão ambiental, presença de Gerente ou Comissão de Resíduos, Plano de Gerenciamento documentado, envolvimento em projetos sócio-ambientais e desenvolvimento interno de atividades de educação ambiental (GARCIA, 2001).

A decisão de dar-se prioridade aos hospitais relativamente aos outros estabelecimentos de saúde deve-se ao grande volume de resíduos produzidos nos hospitais em relação ao total de estabelecimentos de saúde, o que se pode confirmar com base nos dados apresentados na pesquisa realizada por AKUTSU & HAMADA *apud* OROFINO (1996), a qual demonstra que 85% dos RSSS produzidos em Porto Alegre são provenientes dos dezessete maiores hospitais daquele município. Esta mesma pesquisa concluiu que, do total de RSSS produzidos por estes 17 hospitais, 46,9% são resíduos sépticos e 53,1% são resíduos não-sépticos.

Os hospitais contam hoje com três coletas diferenciadas, dependendo, fundamentalmente, da segregação e acondicionamento feitos nas unidades. São elas:

- **a coleta especial**, que recolhe os resíduos considerados contaminados e os comuns não recicláveis;
- **a coleta seletiva**, que recolhe os materiais recicláveis separados na origem; e
- **a coleta de resíduos orgânicos**, que recolhe os restos do preparo dos alimentos e as sobras dos refeitórios de funcionários.

O destino final dado aos resíduos recolhidos por cada tipo de coleta é o seguinte:

- **infectantes e especiais:** embora a Prefeitura Municipal de Porto Alegre tenha adquirido, em 1990, juntamente com verbas estaduais, federais e dos particulares geradores de resíduos, reatores térmicos para a destruição dos resíduos de saúde infectantes e especiais, o DMLU considera mais viável a disposição desses resíduos em aterro sanitário, juntamente com os resíduos domiciliares;
- **recicláveis:** são encaminhados às associações de catadores existentes no município, que selecionam os materiais, os beneficiam ou não e os comercializam; e
- **orgânicos:** são encaminhados ao Projeto Suínos, desenvolvido pelo DMLU junto a criadores de suínos da região (OROFINO, 1996).

O PGRSSS, desenvolvido em parceria entre o DMLU e os estabelecimento de saúde, como parte do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos do Município de Porto Alegre, apresenta-se como um processo contínuo de busca de qualificação e aprimoramento para a garantia de gestão sustentável dos resíduos sólidos no município (GARCIA, 2001).

3.2.2 São Paulo

Até 1976, os hospitais de São Paulo eram obrigados pela legislação estadual a incinerarem, nos próprios estabelecimentos, seus resíduos infectantes. Como em sua maioria os incineradores eram indevidamente operados, acabavam contribuindo para os elevados índices de poluição ambiental registrados, principalmente no início de cada inverno. Optou-se por utilizar os incineradores municipais que funcionavam somente com resíduo domiciliar. Operando sob condições técnicas favoráveis, em regime de queima contínua e de elevada temperatura, estes incineradores poderiam proceder ao tratamento dos resíduos infectantes até que se encontrasse uma solução melhor para o problema. A partir de então, encontrar uma solução para a coleta e destinação dos RSSS passou a fazer parte das atribuições e preocupações da prefeitura de São Paulo.

Foi publicado o decreto nº. 14.405 de 8 de março de 1977 que regulamentou, pela primeira vez, a coleta de resíduos provenientes de estabelecimentos de serviços de saúde no Município de São Paulo (www.prodiam.sp.gov.br/limpurb/probsol/saude_hist.htm).

A seguir serão apresentados alguns procedimentos adotados no município de São Paulo:

- todos os RSSS devem ser embalados em sacos plásticos branco-leitosos que são mais resistentes e estão de acordo com a NBR 9191 da ABNT. Os materiais perfuro-cortantes devem ser embalados em recipientes rígidos previamente ao saco branco-leitoso. Os sacos plásticos devem ser preenchidos até 2/3 da sua capacidade para facilitar a amarração. Os resíduos devem ser armazenados em contêineres ou abrigos adequados à espera da coleta da Prefeitura Municipal de São Paulo;
- a coleta dos RSSS deve ser diferenciada, dispondo de sistema de menor compactação dos resíduos para que não promova o rompimento dos sacos, não permitindo o espalhamento de líquidos pela via pública. Este procedimento é necessário para que os RSSS não sejam misturados à massa total de resíduos provenientes da coleta domiciliar;
- os resíduos infectantes são submetidos a tratamento específico, promovendo a inertização dos resíduos e eliminando suas características patogênicas; e
- após o tratamento, a escória, que é o resíduo da incineração, (cerca de 30% do volume inicial dos resíduos), encontra-se inerte e pode ser disposta em aterros sanitários.

O serviço de coleta e transporte de RSSS é terceirizado. São contratadas empresas particulares que são fiscalizadas pela prefeitura. A coleta é gratuita e atende aos estabelecimentos previamente cadastrados no LIMPURB ([www. prodiam. sp. gov. br/limpurb/ probsol/ saude_hist.htm](http://www.prodiam.sp.gov.br/limpurb/probsol/saude_hist.htm)).

3.2.3 Belo Horizonte

Em 03/08/1978, foi promulgada em Belo Horizonte a Lei n°. 2968 que define os resíduos de serviços de saúde como resíduos sólidos especiais. Para tais resíduos, a autarquia Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU somente executa a coleta, transporte e disposição final dos resíduos de serviços de saúde em caráter facultativo, e, a seu

exclusivo critério, cobrando de acordo com a tabela de preços públicos de serviços extraordinários.

Desde 1979, a SLU executa a coleta especial de resíduos de serviços de saúde nos grandes estabelecimentos geradores, cobrando o preço público pela coleta, transporte e disposição final em aterro sanitário licenciado através da Fundação Estadual do Meio Ambiente. Para os pequenos geradores de resíduos de serviços de saúde, a SLU licencia empresas para a coleta e transporte dos resíduos de acordo com as disposições da Portaria 84/2000 – Norma Técnica SLU/PBH n°. 003/2000.

Para implementação de uma política de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em Belo Horizonte, foi criada a COPAGRESS – Comissão Permanente de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde de Belo Horizonte, que vem atuando desde o final de 1998.

A COPAGRESS, com representantes de 14 instituições, priorizou, em seu plano de trabalho, o atendimento das disposições da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA n.º 5, de 05/08/93. Em conformidade com esta Resolução, cabe ao gerador de resíduos de serviços de saúde o gerenciamento de seus resíduos sólidos, desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública e, ainda, o gerador deve submeter à aprovação dos órgãos de meio ambiente e de saúde o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde de seu estabelecimento.

Da atuação da COPAGRESS resultou a elaboração do Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde de Belo Horizonte e a Publicação CDTN - 857/99 – Gerência de Rejeitos Radioativos de Serviços de Saúde, ambos para serem divulgados nos estabelecimentos geradores de serviços de saúde, com os seguintes objetivos:

- criar diretrizes para o estabelecimento de uma política de gerenciamento de RSS, intra e extra-estabelecimentos de saúde, e orientar sua implementação no município de Belo Horizonte, de modo a assegurar a proteção da saúde da população e o meio ambiente;

- estabelecer condições de gerenciamento e critérios técnicos, operacionais e de recursos humanos para subsidiar a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde, exigido para os estabelecimentos de saúde, conforme a Resolução CONAMA n.º 5, de 05 de agosto de 1993, e o Decreto Municipal n.º 9.859, de 02 de março de 1999;
- disponibilizar bibliografia para consulta e para elaboração de material didático ou de divulgação, especialmente de uso da COPAGRESS no desempenho de suas atribuições; e
- como documento orientador, o Manual subsidiou a elaboração da legislação municipal, constando do Decreto n.º 10.296, de 13/07/2000, que cria as Diretrizes Básicas e o Regulamento Técnico para Apresentação e Aprovação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde, as Normas Técnicas que padronizam o acondicionamento e armazenamento e a Norma Técnica que estabelece condições para o licenciamento de veículos para coleta e transporte de resíduos de serviços de saúde. Esses documentos podem ser acessados no site www.pbh.gov.br/desenvolvimento/pgrss.

Vencida a etapa dos Planos de Gerenciamento, com intermediação da COPAGRESS, foi proposta a busca de soluções para o tratamento dos resíduos de serviços de saúde. A SLU/PBH buscou parceria com a Associação de Hospitais de Minas Gerais, firmando convênio para implantação de tratamento térmico para atender à geração de resíduos dos estabelecimentos de serviços de saúde de Belo Horizonte, tanto públicos, quanto particulares. Essa é a fase mais difícil do processo por demandar solução de alta tecnologia e o engajamento de todos os geradores para viabilizar uma solução completa para os resíduos, conforme exigência da Resolução CONAMA 283 de 12/07/2001 e CONAMA 05 de 05/08/1993 (BORGES, 2002).

3.3 Legislação referente a resíduos de serviços de saúde no Brasil

A legislação referente aos RSSS vem evoluindo ao longo do tempo. São normas, decretos, resoluções, portarias, minutas e leis estaduais, federais e municipais que regulamentam a questão.

3.3.1 Definição e classificação dos resíduos de serviços de saúde

A definição dos resíduos que precisam de tratamento especial é necessária para estabelecer procedimentos que assegurem a segurança do pessoal que trabalha nos estabelecimento de saúde, reduzir os custos de tratamento daqueles resíduos que, mesmo sendo oriundos de estabelecimentos de saúde, não são considerados infectantes, economizar energia e recursos ambientais no tratamento desses resíduos, e ainda para resolver sobre qual destino será dado às partes amputadas do corpo humano (peças anatômicas) (PÖNKÄ et al., 1996).

A *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA) define como resíduo infeccioso aquele capaz de causar doença infecciosa, sendo necessário que ocorra o contato da pessoa com o microrganismo patogênico e que o patógeno seja suficientemente virulento e em quantidade suficiente para causar uma doença infecciosa. Uma definição semelhante é proferida pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a qual considera resíduo infeccioso aquele que contém patógenos em concentração ou quantidade suficiente para causar doença em caso de exposição (PÖNKÄ et al., 1996).

No Brasil, os resíduos de serviços de saúde são definidos e classificados pela Resolução CONAMA nº. 283 de 12 de julho de 2001, também definidos pela NBR 12807 de janeiro de 1993 e classificados pela NBR 12808 de janeiro de 1993.

Segundo a Resolução CONAMA nº. 283 de 12 de julho de 2001, resíduos de serviços de saúde são:

- a) aqueles provenientes de qualquer unidade que execute atividades de natureza médico-assistencial humana ou animal;
- b) aqueles provenientes de centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde;
- c) medicamentos e imunoterápicos vencidos ou deteriorados;
- d) aqueles provenientes de necrotérios, funerárias e serviços de medicina legal; e

e) aqueles provenientes de barreiras sanitárias.

Ainda, segundo o Anexo I da Resolução 283 do CONAMA, os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) devem ser classificados em:

Resíduos Grupo A – Resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos:

- inóculo, mistura de microrganismos e meios de cultura inoculados provenientes de laboratório clínico ou de pesquisa, bem como, outros resíduos provenientes de laboratórios de análises clínicas;
- vacina vencida ou inutilizada;
- filtros de ar e gases aspirados da área contaminada, membrana filtrante de equipamento médico hospitalar e de pesquisa, entre outros similares;
- sangue, hemoderivados e resíduos que tenham entrado em contato com estes;
- tecidos, membranas, órgãos, placentas, fetos, peças anatômicas;
- animais inclusive os de experimentação e os utilizados para estudos, carcaças e vísceras, suspeitos de serem portadores de doenças transmissíveis e os mortos a bordo de meios de transporte, bem como os resíduos que tenham entrado em contato com estes;
- objetos perfurantes ou cortantes, provenientes de estabelecimentos prestadores de serviços de saúde;
- excreções, secreções, líquidos orgânicos procedentes de pacientes, bem como os resíduos contaminados por estes;
- resíduos de sanitários de pacientes;

- resíduos advindos da área de isolamento;
- materiais descartáveis que tenham entrado em contato com pacientes;
- lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) de estabelecimento de saúde; e
- resíduos provenientes de áreas endêmicas definidas pela autoridade de saúde competente.

Resíduos Grupo B – Resíduos que apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características físicas, químicas e físico-químicas:

- drogas quimioterápicas e outros produtos que possam causar mutagenicidade e genotoxicidade e os materiais por elas contaminados;
- medicamentos vencidos, parcialmente interditados, não utilizados, alterados e medicamentos impróprios para o consumo, antimicrobianos e hormônios sintéticos; e
- demais produtos considerados perigosos, conforme classificação da NBR 10004 da ABNT (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos).

Resíduos Grupo C – Rejeitos radioativos:

- enquadram-se neste grupo os resíduos radioativos ou contaminados com radionuclídeos, provenientes de laboratórios de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia, segundo a Resolução CNEN 6.05.

Resíduos Grupo D – Resíduos comuns:

São todos os demais que não se enquadram nos grupos descritos anteriormente.

A NBR 12.807 (Jan/93) – Resíduos de Serviços de Saúde – Terminologia, define como resíduos de serviços de saúde – RSS – aqueles gerados nas farmácias, clínicas veterinárias, laboratórios, postos de saúde, hospitais e clínicas médicas, entre outros.

Segundo a NBR 12808 – Resíduos de Serviços de Saúde - Classificação, os resíduos de serviços de saúde são classificados em infectantes, especiais e comuns.

Classe A – Resíduos infectantes: aqueles cujo potencial de risco está associado à presença de agentes biológicos.

Tipo A.1 – Biológico: cultura, inóculo, mistura de microrganismos e meio de cultura inoculado proveniente de laboratório clínico ou de pesquisa, vacina vencida ou inutilizada, filtro de gases aspirados de áreas contaminadas por agentes infectantes e qualquer resíduo contaminado por estes materiais.

Tipo A.2 – Sangue e hemoderivados: bolsa de sangue após transfusão, com prazo de validade vencido ou sorologia positiva, amostra de sangue para análise, soro, plasma e outros subprodutos.

Tipo A.3 – Resíduo cirúrgico e exsudados: tecido, órgão, feto, peça anatômica, sangue e outros líquidos orgânicos resultantes de cirurgia, necropsia e resíduos contaminados por estes materiais.

Tipo A.4 – Pêrfuro-cortantes: agulha, ampola, pipeta, lâmina de bisturi ou de vidro.

Tipo A.5 – Animal contaminado (causas infecciosas): carcaça ou parte de animal inoculado, exposto a microrganismos patogênicos ou portador de doença infecto-contagiosa, bem como resíduos que tenham estrado em contato com este.

Tipo A.6 – Assistência ao paciente: secreções, excreções e demais líquidos orgânicos precedentes de pacientes, bem como os resíduos contaminados por estes materiais, inclusive restos de refeições.

Classe B – Resíduo especial: aquele cujo potencial de risco é devido à sua natureza físico-química.

Tipo B.1 – Rejeito radioativo: material radioativo ou contaminado com radionuclídeos proveniente de laboratório de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia (Resolução CNEN 6.05).

Tipo B.2 – Resíduo farmacêutico: medicamento vencido, contaminado, interditado ou não utilizado.

Tipo B.3 – Resíduo químico perigoso: resíduo tóxico, corrosivo, inflamável, explosivo, reativo, genotóxico ou mutagênico, conforme NBR 10004.

Classe C – Resíduo comum: todos aqueles que não se enquadram nos tipos A e B e que, por sua semelhança com os resíduos domésticos, não oferecem risco adicional à saúde pública como os resíduos da atividade administrativa, dos serviços de varrição, limpeza de jardins e restos alimentares que não entraram em contato com pacientes.

Como se pode depreender das informações apresentadas, várias são as definições e classificações utilizadas para identificar esses resíduos, sendo ainda muito utilizada no Brasil a expressão “resíduos hospitalares”. Esse conceito, no entanto, embora preferido por alguns autores, não é o mais adequado. Note-se que, ao generalizar, se incluem no contexto dos resíduos sépticos, contaminados por microrganismos patogênicos, aquelas parcelas provenientes dos serviços administrativos e de restaurantes, por exemplo, existentes nos hospitais. Ao mesmo tempo, excluem-se os resíduos gerados em estabelecimentos de pequeno porte, como bancos-de-sangue, que prestam serviços laboratoriais e que são fontes potenciais de contaminação (BIDONE et al., 1999).

A NBR 10.004 – Classificação de resíduos sólidos, resolve a questão, enquadrando os RSSS, de uma forma geral, em Resíduos Classe I – Perigosos, considerando, previamente, que suas características infecto-contagiosas representam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, em função de que se enquadram em um dos critérios que a norma estabelece para caracterizar periculosidade, que é a patogenicidade (BIDONE et al., 1999).

3.3.2 O gerenciamento dos RSSS à luz da legislação

Em uma escala de interesses, os municípios têm peculiar interesse na organização dos serviços de limpeza pública como a capinação, varrição, coleta, transporte e destino final dos resíduos sólidos, predominando sobre os interesses da União e dos estados na matéria. Entretanto a implementação de certos tipos de tratamento, com o investimento de largas somas, exige o concurso da União e dos Estados que, além de estabelecerem normas, precisam intervir, auxiliando financeiramente (MACHADO, 1996).

No Brasil, vigora a Resolução CONAMA nº. 283, publicada no Diário Oficial da União, de 12 de julho de 2001, que foi criada a partir da necessidade de aprimoramento, atualização e complementação dos procedimentos contidos na Resolução CONAMA nº. 05, de 5 de agosto de 1993, relativos ao tratamento e destinação final dos resíduos de serviços de saúde.

Baseada nos princípios da prevenção, da precaução e do poluidor-pagador, a Resolução CONAMA nº. 283 estabelece que:

- caberá ao responsável legal dos estabelecimento geradores a responsabilidade pelo gerenciamento de seus resíduos, desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública, sem prejuízo da responsabilidade civil solidária, penal e administrativa de outros sujeitos envolvidos, em especial os transportadores e depositários finais;
- o responsável legal dos estabelecimentos geradores, em operação ou a serem implantados, deve apresentar o plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde – PGRSS, para análise e aprovação pelos órgãos de meio ambiente e de saúde;
- o PGRSS e o correto gerenciamento dos resíduos gerados em decorrência das atividades dos estabelecimentos geradores deverá ser elaborado pelo seu responsável técnico devidamente registrado em conselho profissional;

- os resíduos de que trata essa resolução serão acondicionados, atendendo às exigências da legislação de meio ambiente e saúde e às normas aplicáveis da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Na ausência de norma que trate da questão, deverão ser adotados os padrões internacionais;
- a coleta externa e o transporte dos resíduos a que se refere esta resolução deverão ser feitos em veículos apropriados, em conformidade com as normas da ABNT;
- quando forem necessárias instalações para transferência de resíduos, estas deverão ser licenciadas pelos órgãos de meio ambiente;
- a implantação de sistemas de tratamento e destinação final de resíduos fica condicionada ao licenciamento pelo órgão ambiental competente, incluindo-se aqui também os efluentes líquidos;
- o tratamento de resíduos deve ser realizado em sistemas, instalações e equipamentos devidamente licenciados pelos órgãos ambientais e submetidos a monitoramento periódico de acordo com parâmetros e periodicidade definidos no licenciamento ambiental, apoiando, quando for o caso, a formação de consórcios geradores de resíduos;
- os resíduos do Grupo A deverão ter disposição final de forma a assegurar a proteção ao meio ambiente e à saúde pública, devendo ser submetidos a processos de tratamento específicos de maneira a torná-los resíduos do Grupo D;
- o órgão ambiental competente poderá definir formas alternativas de destinação final em aterros devidamente licenciados, quando não for possível tecnicamente submeter os resíduos aos sistemas de tratamentos que os tornem resíduos do Grupo D, ou, quando esses sistemas de tratamento não garantirem aos resíduos características de resíduos do Grupo D;
- de acordo com suas características de periculosidade, os resíduos pertencentes ao Grupo B deverão ser submetidos a tratamento e destinação final específicos;

- os rejeitos radioativos, pertencentes ao Grupo C, obedecerão às exigências definidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN;
- os resíduos do Grupo D receberão tratamento e destinação final semelhante aos determinados para os resíduos domiciliares, devendo ser coletados pelo órgão municipal de limpeza urbana; e
- o tipo de destinação final a ser adotado para a mistura, excepcional e motivada de resíduos pertencentes a diferentes grupos e que não possam ser segregados, deverá estar previsto no PGRSS;

Além da resolução CONAMA, provêem subsídios para o gerenciamento dos RSS as Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). São elas:

NBR 10004 – Define e classifica os resíduos sólidos perigosos;

NBR 12807 – Define a terminologia adotada pelos RSS;

NBR 12808 – Classifica RSS;

NBR 12809 – Define procedimentos de manuseio de RSS no âmbito intra-unidade;

NBR 12810 – Define critérios para coleta extra-unidade de RSS;

NBR 9191 – Especifica características e define metodologia para teste de resistência e perfuração de sacos plásticos para acondicionamento de lixo;

NBR 13055 – Especifica método de ensaio para determinação de capacidade volumétrica de sacos plásticos destinados ao acondicionamento de lixo;

NBR 13056 – Especifica método de ensaio para verificação de transparência de filmes plásticos destinados ao acondicionamento de lixo; e

NBR 7500 – Especifica símbolos de risco para manuseio, transporte e armazenamento de materiais. Define símbolo de substância infectante. (RODRIGUES et al., 1997).

3.4 Considerações microbiológicas

A teoria da decomposição anaeróbia da matéria orgânica aplicada à explicação dos fenômenos que ocorrem no interior de células de aterros sanitários diz que tais processos de decomposição são dependentes da ação bacteriana. Os microrganismos são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, utilizando para isso o seu metabolismo que é a soma de todas as reações químicas e bioquímicas que ocorrem em seu interior.

A presença destas bactérias é, portanto, desejável no ambiente do aterro. Entretanto, quando se efetua a disposição de RSSS nas células de destinação final, outras bactérias – algumas delas patogênicas – poderão estar sendo inseridas neste ambiente (TORTORA et al., 2000).

3.4.1 Condições físicas para o cultivo de microrganismos

Temperatura, pH, atmosfera gasosa e pressão osmótica são as quatro condições principais que influenciam o meio físico de um microrganismo, sendo o pH ótimo normalmente bem definido para cada espécie, mas as diferentes espécies são adaptadas ao crescimento em vários valores de pH.

Para se multiplicar adequadamente em um meio ácido ou básico, um microrganismo deve ser capaz de manter o seu pH intracelular em torno de 7,5, não importando qual o valor do pH do meio externo. Isso é possível, pois as células possuem, dentro de limites próprios, a habilidade de manter o pH interno constante pela expulsão ou absorção de íons hidrogênio pela célula.

Para a maioria das bactérias, o valor mínimo de pH está em torno de 4, com pH igual a 9 como máximo para o crescimento. Existem exceções, no entanto (PELCZAR & CHAN, 1997).

Além disso, microrganismos patogênicos não proliferam, a não ser em situações especiais, em condições de vida livre na água. O seu controle consiste em prevenção, evitando a introdução de despejos nos mananciais que possam servir como veículo aos mesmos (BRANCO, 1986).

3.4.2 Curva de crescimento microbiano em sistema fechado

Uma definição para sistema aberto e fechado é dada por J. A. Beattie (CASTELLAN, 1986): “Um sistema é dito aberto, quando ocorre passagem de massa através da fronteira; será fechado, quando isso não ocorre”.

Nesse trabalho, as células de aterro sanitário não podem ser consideradas, através dessa definição, como sistemas fechados. Em realidade, no meio ambiente não se pode dizer que existam sistemas completamente fechados, tendo em vista que todos os fenômenos ocorrem através de interações e trocas entre os diversos elementos da natureza. Assim as células foram consideradas sistemas fechados ao se restringir a entrada de novas aplicações de resíduos nas células de codisposição.

O estudo da curva de crescimento de uma determinada espécie de microrganismo se justifica, neste caso, porque o ambiente das células de aterro sanitário, em relação à entrada de nutrientes ou de novos microrganismos, não deixa de ser, aproximadamente, um sistema fechado, em que se estabelecem relações entre os microrganismos presentes na massa de resíduos e na argila de recobrimento das células e o lixiviado gerado. Tal sistema se diferencia de um sistema fechado devido ao fato de que, através da retirada do lixiviado gerado, são também removidos vários produtos de excreção dos microrganismos e da decomposição da matéria orgânica.

As células microbianas, crescendo em um frasco ou tubo contendo meio de cultura líquido, estão em um sistema fechado, porque nenhum novo nutriente é adicionado ao sistema e nenhum produto de excreção metabólico é removido. Quando adicionadas ao sistema, as células inicialmente se dividem por fissão binária, e o número de células aumenta por um período de tempo. Entretanto, este aumento eventualmente cessa, quando os nutrientes são utilizados, ou, quando os produtos de excreção metabólica se acumulam em quantidades suficientemente tóxicas para que o crescimento posterior seja interrompido (BRITTO, 1994).

Quatro fases compõem a curva de crescimento bacteriano:

Fase de latência (zero - A): não há fenômeno importante.

Fase lag (A - B): período inicial no qual parece não haver crescimento em termos do aumento do número de células. Ocorre aumento de superfície e metabolismo.

Fase de crescimento logarítmico ou exponencial (B - C): fase em que ocorre um rápido crescimento balanceado. Aumenta o número de células, e a superfície retorna ao normal.

Aceleração negativa (C - D): período em que diminui a intensidade das divisões.

Fase estacionária (D - E): fase durante a qual nenhum crescimento novo é evidente. Existe equilíbrio entre divisão e morte, dada a concentração de nutrientes.

Decréscimo (E - F): as mortes ocorrem em maior número do que as divisões.

Fase de declínio ou morte (F - G): declínio da população viável, até que todas as células microbianas morram (BRITTO, 1994).

A Figura 3.1 apresenta uma curva de crescimento bacteriano típica, em que são indicadas as diferentes fases do desenvolvimento da população.

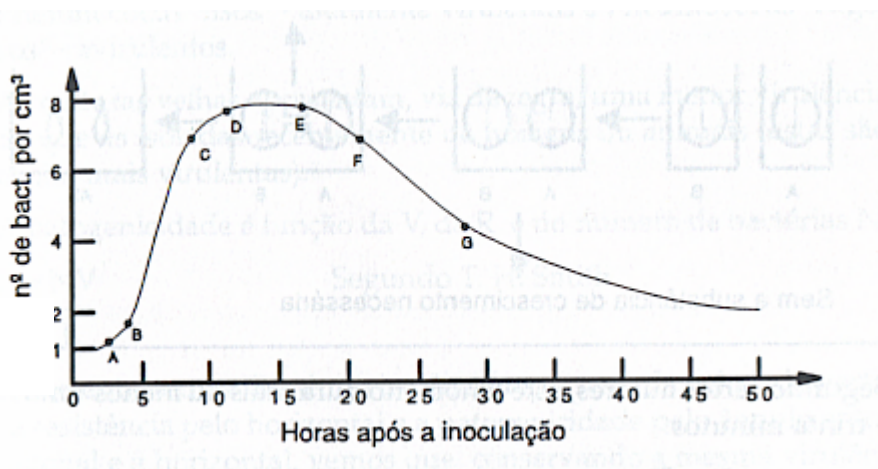


Figura 3.1 – Curva de crescimento bacteriano típica (BRITTO, 1994).

3.4.3 Microrganismos normalmente encontrados em aterros sanitários

São diversos os microrganismos que podem ser encontrados nos RSS. Alguns deles poderão vir a causar infecções em pessoas que entrem em contato com eles. Destacam-se *Salmonella*, *Shigella spp*, *Vibrio cholerae*, helmintos, *Mycobacterium tuberculosis*, *Streptococcus pneumoniae*, vírus da herpes, *Neisseria gonorrhoeae*, *Bacillus anthracis*, vírus da imunodeficiência humana, *Staphylococcus spp*, *Enterococcus*, *Klebsiella*, *Candida albicans* e os vírus das hepatites A, B e C (BIDONE, 2001).

Pouco se conhece a respeito das espécies e das origens de microrganismos anaeróbios que estabelecem associação em aterros sanitários. Supõe-se que tais microrganismos cheguem aos aterros através dos resíduos ou que sejam originários de camadas mais profundas e anaeróbias do solo, ou ainda através das duas formas citadas. Acredita-se que ambas as formas contribuam para a formação da microbiota dos resíduos, mas faltam evidências que as atestem. Seriam necessários estudos taxonômicos para os componentes dos resíduos, dos resíduos depositados nos aterros e da população anaeróbica do solo a fim de responder a esta questão (PALMISANO et al., 1996).

Verificou-se a presença de bactérias fermentativas degradadoras de proteínas e amido em resíduo retirado de células de aterro sanitário e ainda que as bactérias amilolíticas compreendem 0,7 a 5,3 % da população de bactérias fermentativas, e que as bactérias proteolíticas compreendem de 0,0 a 4,0 %. Por outro lado, ressalta-se que bactérias isoladas, e, portanto, viáveis em determinado meio, não são necessariamente ativas nesse meio (PALMISANO et al., 1996).

Os estudos também não são definitivos a medida em que não consideram as interações interespecie, sua influência no processo de degradação e seu comportamento na superfície dos resíduos (SENIOR, 1995).

Segundo NOVAES (1986), as bactérias degradadoras presentes no interior de células de aterro sanitário, dependerão da fase de degradação pela qual estiver passando o aterro. Dessa forma, julgou-se interessante citar cada uma das fases, a fim de facilitar o entendimento da microbiologia do processo, sem, contudo, levar a um aprofundamento da

questão, por haver inúmeros trabalhos que tratam da questão das fases de degradação de aterros sanitários.

De acordo com POHLAND et al., (1985), apud GOMES, (1989), a estabilização da matéria orgânica nos resíduos sólidos ocorre em cinco fases:

- FASE I (fase de ajuste inicial): nessa fase, os resíduos são dispostos na célula de aterro, a célula é fechada e se estabelece a fase preliminar da mistura. É o período da primeira compactação. Nessa fase se inicia o processo de estabilização do material depositado na célula.
- FASE II (fase de transição): inicia-se a formação de lixiviado. O oxigênio no interior das células é consumido, tornando o meio anaeróbico, surgindo dióxido de carbono no gás gerado no processo.
- FASE III (fase de formação de ácidos): a hidrólise e a fermentação que se estabelecem produzem ácidos orgânicos voláteis. São liberados nutrientes como nitrogênio e fósforo, que contribuem para o aumento da biomassa. Detecta-se a presença de nitrogênio o qual afeta a natureza e o tipo de produtos intermediários em formação.
- FASE IV (fase de fermentação metânica): os produtos intermediários que aparecem durante a formação de ácidos são convertidos em metano e excesso de CO₂. O potencial redox se reduz aos menores valores, continuando o consumo de nutrientes. Relativamente às fases iniciais, a carga orgânica do lixiviado é bastante diminuída.
- FASE V (fase de maturação): ocorre estabilização da atividade biológica, e a falta de nutrientes passa a ser um limitante do processo de degradação. Nessa fase, se reduz a produção de biogás. Considerando que a produção de gás se reduz, a pressão interna da célula diminui, e aumenta a quantidade de oxigênio no interior das células, elevando novamente os valores de potencial redox.

As duas primeiras fases citadas por POHLAND et al. (1986) ocorrem em aerobiose e podem ser denominadas conjuntamente como *fase aeróbia* (REES, 1980). As três fases seguintes, por sua vez, ocorrem em anaerobiose, sendo classificadas conforme o metabólito predominante. Além disso, cada uma delas apresenta microbiotas características.

LUDVIGSEN et al. (1999), investigaram, se o lixiviado de aterro sanitário afetava a biomassa microbiana e/ou a composição da comunidade de um aquífero poluído por esse lixiviado, chegando à conclusão de que o lixiviado conduz a um aumento do número de células metanogênicas e redutoras de sulfato e ferro, além de fungos, sendo sua maior concentração verificada nas regiões mais próximas ao lançamento do lixiviado.

Considerando que, nos resíduos urbanos, é possível encontrar material fecal de várias origens, e que por esse motivo nesse material poderá também haver patógenos entéricos, um estudo feito a partir de vinte e duas amostras de lixiviado, levou à pesquisa da presença de vírus entéricos. Do total de amostras, somente uma delas apresentou a presença de poliovírus tipo 1 e 3, justamente onde a destinação final dos resíduos não era conduzida dentro dos critérios de engenharia. Isso levou à conclusão de que o lixiviado proveniente de unidades bem operadas não representa risco para a saúde pública no que se refere aos vírus entéricos (SOBSEY, 1978).

Na Tabela 3.1, são apresentados os microrganismos normalmente encontrados nas quatro primeiras fases de um aterro sanitário.

3.4.4 Microrganismos normalmente encontrados nos resíduos de serviços de saúde

Enquanto a maioria dos resíduos tóxicos costuma ser relativamente persistente, os resíduos infectantes tendem a perder seu caráter de periculosidade em períodos que variam, geralmente, de horas a algumas semanas, conforme o microrganismo. Com algumas exceções, os microrganismos não resistem às condições ambientais externas ao corpo humano e de outros animais, o que torna a contaminação ambiental, a médio e longo prazos, equivalente a dos resíduos domésticos.

Tabela 3.1 – Microorganismos normalmente encontrados em aterros sanitários.

	MICROORGANISMOS		
	BACTÉRIAS	FUNGOS	PROTOZOÁRIOS
FASES AERÓBIAS (FASES I E II)	<p><i>Cellvibrio spp.</i> <i>Cellulomonas spp.</i> <i>Celfacila spp.</i> <i>Myxophaga spp.</i> <i>Mixobacter poligancium spp.</i> <i>Clostridium omelianse</i> <i>Ruminobacter spp.</i> <i>Ruminococcus spp.</i></p>	<p><i>Compylobacter fetus</i> <i>Sporotrichum pulverulentum</i> <i>Phanerochaete chrysosporium</i> <i>Endomycopsis fibuligen</i> <i>Aspergillus spp.</i> <i>Chaetomium spp.</i> <i>Myrotherium spp.</i> Neurosporos</p>	<p><i>Diplodinus</i> <i>Entodinum</i> <i>Ophtyoscoles</i> <i>Epidinium ecaudatum</i> <i>Ophryoscolex purkynei</i> <i>Entodinium simplex</i> <i>Trochoderma spp.</i> <i>Verticillium spp.</i> <i>Basidiomycetes</i> <i>Eremoplastron bovis</i> <i>Polyplastron multivesiculatum</i></p>
FASE ACETOGENICA (FASE III)	BACTÉRIAS HIDROLISANTES	BACTÉRIAS FERMENTATIVAS	BACTÉRIAS ACIDOGÊNICAS
	<p><i>Clostridium thermohydrosulfuricum</i> <i>Clostridium thermocellum</i> <i>Bacteróides ruminicola</i> <i>Clostridium butyricum</i> <i>Fusobacterium nucleatum</i> <i>Desulfovibrio desulficans</i> <i>Desulfovibrio salexigens</i> <i>Acetivibrio cellulolyticus</i> <i>Bacteroides lactobacillus</i> <i>Propionibacterium acnes</i> <i>Fusobacterium polymorphum</i> <i>Fusififormis fusiformis</i> <i>Desulfovibrio vulgaris</i> <i>Fusobacterium hidrolýticum</i></p>	<p><i>Thermo-anaerobium brochil</i> <i>Subtilis fragilis</i> <i>Eubacterium sp.</i> <i>Lactobacillus bulgaricus</i> <i>Streptococcus lactis</i> Organismos “S” <i>Lactobacillus spp.</i> <i>Clostridium thermo-saccharoliticum</i> <i>Clostridium sp.</i> <i>Lactobacillus bifidus</i> <i>Propinibacterias</i> Bactérias lácticas</p>	<p><i>Syntotophomonas wolfei</i> <i>Acetogenium kivui</i> <i>Clostridium aceticum</i> <i>Butyribacterium sp.</i> <i>Acetobacterium woodii</i> <i>Acetobacter aceti</i> <i>Suntrophobacter wolinii</i> <i>Thermo-bacteroide acetoethilicus</i> <i>Thermo-anaerobacter ethanolicus</i> <i>Clostridium thermo-aceticum</i> <i>Lipomyces starkeyi</i></p>
FASE METANOGENICA (FASE IV)	BACTÉRIAS METANOGENICAS		
	<p><i>Methanococcus mazei</i> <i>Methanotherx soehgenii</i> <i>Methanothermus fervidus</i> <i>Methanobacterium formicicum</i> <i>Methanobacterium bryontii</i> <i>Methanobacterium bryontii SMO.</i> <i>Methanosarcina barkeri</i> <i>Methanosarcina barkeri s. 227</i> <i>Methanosarcina barkeri s. w.</i> <i>Fusobacterium</i> <i>Veillonella</i> <i>Methanosarcina barkeri s. z.</i> <i>Methanococcus vannielli</i> <i>Methanobacter omelianskii</i></p>	<p><i>Methanococcus voltae</i> <i>Methanomicrobium mobile</i> <i>Methanogenium cariaci</i> <i>Methanogenium marisnigri</i> <i>Methanospirillum hungatei</i> <i>Methanospirillum hungatei s. gp. 1.</i> <i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i> <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> <i>Methanobrevibacter arboriphilus</i> <i>Methanobrevibacter arboriphilus s. az.</i> <i>Methanosarcina barkeri s. usb.</i> <i>Methanobrevibacter arboriphilus s. dc.</i> <i>Methanosarcina tml</i> <i>Leptotrichia ssp.</i></p>	

Fonte: LIMA, 1995.

Ainda cabe ressaltar que os RSS, assim como os resíduos domésticos, são materiais naturalmente contaminados, pois a matéria orgânica presente e oriunda de várias origens contribui com uma variada gama de microrganismos, em sua maioria saprófitas, mas também alguns patógenos, tanto da flora endógena, quanto da flora exógena, também denominados patógenos primários.

Existem inúmeras pesquisas publicadas que relacionam resultados de análises microbiológicas dos RSS às análises de resíduos domiciliares. Praticamente todas as pesquisas concluíram que a carga bacteriana é menor nos RSS, inclusive infectantes. Em alguns laudos, obteve-se contagem zero, ou seja, os resíduos de algumas unidades eram estéreis (FERNANDES et al., 2000).

Na relação a seguir, serão apresentados aqueles cuja presença se destaca nos estabelecimentos de saúde, e que são classificados pela Resolução CONAMA 005 de 1993 no Grupo A – infectantes, ou seja, cujo potencial de risco está associado à presença de agentes biológicos. São eles: *Salmonella*, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae*, Helmintos, *Mycobacterium tuberculosis*, *Streptococcus pneumoniae*, vírus da herpes, *Neisseria gonorrhoeae*, *Bacillus anthracis*, vírus da imunodeficiência humana, *Staphylococcus spp.*, *Enterococcus*, *Klebsiella*, *Cândida albicans* e vírus das hepatites A, B e C.

3.4.5 Microrganismos patogênicos e microrganismos indicadores de patogenicidade

Atualmente, a utilização de microrganismos indicadores para a análise de águas de consumo ou águas residuárias, ao invés da pesquisa direta dos microrganismos patogênicos suspeitos de estarem presentes no meio, é uma prática aceita internacionalmente, pois possui vantagens (PELCZAR et al., 1997).

As análises microbiológicas de rotina realizadas para caracterizar uma amostra de água de consumo ou residuária não são e não devem ser baseadas no isolamento e identificação de microrganismos patogênicos pelas seguintes razões:

- os agentes patogênicos têm acesso esporádico ao ambiente hídrico e não demonstram sobrevivência durante um longo período de tempo; portanto poderiam ser perdidos em uma amostra submetida à análise laboratorial;

- estando em pequeno número, os microrganismos patogênicos podem não ser detectados pelos procedimentos laboratoriais; e
- quando o teste depende de cultura, é necessário um período de pelo menos 24 horas para a obtenção de resultados laboratoriais para microrganismos patogênicos. Detectada a presença desses microrganismos durante esse período, muitas pessoas já teriam consumido a água e estariam expostas a esses microrganismos patogênicos, antes de uma ação correta para a situação.

Pelas razões apresentadas, foram desenvolvidos métodos para analisar a água que não dependem de isolamento e identificação dos microrganismos patogênicos. Os testes são baseados na detecção de microrganismos indicadores.

Denominam-se “microrganismos indicadores” algumas espécies de microrganismos cuja presença na água é evidência de que ela contém material fecal de origem humana ou de outros animais de sangue quente, indicando que qualquer microrganismo patogênico que ocorra no trato intestinal destes animais pode também estar presente. Algumas características importantes de um microrganismo indicador são:

- está presente em águas poluídas e ausente em águas não poluídas;
- está presente na água, quando microrganismos patogênicos estão presentes;
- pode-se correlacionar o número de microrganismos indicadores com o índice de poluição;
- sobrevive melhor e por mais tempo na água do que os microrganismos patogênicos;
- apresenta propriedades uniformes e estáveis;
- geralmente é inofensivo ao homem e a outros animais;
- em casos de águas poluídas, pode ser mais facilmente evidenciado, visto que está presente em maior número do que os patogênicos; e

— é facilmente evidenciado por técnicas laboratoriais padronizadas.

Os microrganismos *Escherichia coli*, pertencentes ao grupo coliforme, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* são, nesse sentido, de grande interesse médico-sanitário por serem os grandes causadores de infecção hospitalar, além de serem os mais comumente encontrados em análises microbiológicas dos RSS, o que justifica a importância de conhecerem-se suas características (BIDONE, 2001).

O grupo coliforme é utilizado como o principal indicador de poluição para diversos tipos de águas residuárias e também para águas de uso doméstico, industrial e etc. Também poderão ser pesquisados *Staphylococcus* e *Pseudomonas aeruginosa*, microrganismos comumente associados ao trato respiratório superior ou à pele.

É importante, no entanto, que seja conhecida a origem da água a fim de que se possa fazer a interpretação segura dos resultados (PELCZAR et al., 1997).

A seguir apresentam-se as características mais relevantes dos microrganismos indicadores utilizados nesse trabalho.

Coliformes totais: são bactérias, na forma de bacilos, gram-negativas, não esporuladas, facultativas, que fermentam a lactose com produção de ácido e gás, em 48 h, a 37°C. São habitantes normais do trato intestinal de qualquer animal. Indicam a possibilidade da presença de bactérias dos gêneros *Enterobacter*, *Citrobacter*, entre outros.

Coliformes fecais: são bactérias, na forma de bacilos, gram-negativas, não esporuladas, facultativas, que fermentam a lactose com produção de ácido e gás, em 48 h a 44°C. São habitantes normais do trato intestinal de animais de sangue quente. Indicam a possibilidade da presença de bactérias como *Escherichia coli*, *Klebsiella sp.* e de enterobactérias como *Salmonella spp.* e *Shigella sp.*

Mesófilos hemolíticos: são bactérias que crescem a 37°C, e que produzem uma hemolisina que provoca a lise de hemácias, liberando a hemoglobina. A ocorrência de hemólise é utilizada como indicador de patogenicidade. Indicam a possibilidade da presença de bactérias dos gêneros *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Pasteurella*, *Mycobacterium* entre outros.

Clostrídios sulfito-redutores: são bactérias anaeróbias, formadoras de esporos. Podem ser encontradas no ambiente e no trato gastrointestinal de animais de sangue quente. No caso específico do *Clostridium perfringens*, as bactérias do tipo A são agentes freqüentes de enfermidades transmitidas por alimentos e causadoras de toxiinfecção por liberação de toxina *in vivo*, durante a esporulação de células vegetativas em nível intestinal. Esta toxina pode ser pré-formada no alimento, quando o mesmo apresenta condições que favoreçam a esporulação. Os sinais da doença são diarreia profusa, fortes dores abdominais após 8 a 12 h do consumo ou da ingestão do agente. As bactérias do tipo C causam problemas bem mais graves. É responsável por infecções necrotizantes em nível intestinal, podendo ser veiculadas através de alimentos. Todavia os casos registrados são raros e, em sua maioria, estão relacionados às deficiências imunológicas ou de resistência natural do organismo (RODRIGUES et al., 1997).

***Escherichia coli*:** um dos microrganismos mais prolíficos no trato intestinal humano é um dos mais comuns e facilmente cultiváveis de um laboratório de microbiologia. Normalmente é inofensivo, mas certas amostras podem ser patogênicas (TORTORA et al., 2000). São bacilos Gram-negativos, anaeróbios facultativos e não-esporulados, formam colônias lisas, circulares e convexas, com bordas bem definidas e morfologia altamente variável em amostras clínicas. Têm uma temperatura de crescimento ótima variando de 30 a 37°C (BROOKS, 1998 apud BIDONE, 2001). O pH ótimo varia de 6,0 a 7,0, e os valores mínimo e máximo são 4,4 e 9,0 respectivamente (TODAR, 2000 apud BIDONE, 2001). Os microbiologistas fundamentam um dos testes rotineiramente empregados para determinar a segurança de águas potáveis públicas pela presença ou ausência dessa bactéria. Águas potáveis seguras não contêm esses organismos que fazem parte da população microbiana normal que habita o intestino (PELCZAR et al., 1997).

***Pseudomonas aeruginosa*:** é a espécie patogênica mais comum. Bacilo Gram-negativo, é um patógeno oportunista que ocorre amplamente no ambiente: no solo, na água, no esgoto e nas plantas, entre outros. Em ambientes hospitalares, pode ocorrer em recipientes de água, vaso de flores, aparelhos de respiração, tubos de aquecimento, esponjas, pias, umidificadores, loções para o corpo, creme para as mãos, curativos contaminados, roupas de camas, urina contaminada e muitos outros itens. Causa principalmente infecções hospitalares, particularmente infecções de queimaduras, feridas e infecções do trato urinário. O risco aumenta muito em pacientes imunocomprometidos. Quase todas as partes do corpo podem ser infectadas, não existindo vacina disponível (PELCZAR et al., 1997). Aeróbias ou

anaeróbias facultativas, em forma de bastonetes, ocorrem isoladas, em pares ou em cadeias curtas. Cosmopolitas com uma temperatura ótima de crescimento de 37°C, constituem uma das poucas espécies de bactérias causadoras de infecção nosocomial que não pertence à microbiota de pessoas saudáveis (BROOKS, 1998 apud BIDONE, 2001). O pH ótimo varia de 6,6 a 7,0, e os valores mínimo e máximo são 5,6 e 8,0 respectivamente (TODAR, 2000 apud BIDONE, 2001).

Staphylococcus aureus: causadores de infecção de feridas, são cocos Gram-positivos, facultativos, arranjados em forma de cachos irregulares. Habitam comumente a superfície da pele e a nasofaringe. Podem causar infecções, se entrarem no corpo por meio de soluções de continuidade na pele, sendo uma causa comum de infecções pós-cirúrgicas (PELCZAR et al., 1997). Apesar de ser bem compreendida a patogênese das intoxicações estafilocócicas, não se sabe exatamente quais os fatores que determinam sua capacidade em invadir, proliferar e lesar tecidos do organismo humano (BIDONE, 2001). É um indicador de interesse nos alimentos que sofrem manipulação (RODRIGUES et al., 1997). O pH ótimo varia de 7,0 a 7,5, e os valores mínimo e máximo são 4,2 e 9,3, respectivamente, crescendo a uma temperatura ótima de 37°C (TODAR, 2000 apud BIDONE, 2001).

Existe também a possibilidade de serem pesquisados vírus entéricos em águas residuárias, o que incluiria o lixiviado de aterros sanitários. Os vírus entéricos são excretados com fezes ou urina de algumas espécies de animais, poluindo a água. Especialmente numerosos e de particular importância para a saúde, são os vírus que infectam o trato gastrointestinal humano em casos de doenças, sendo excretados com as fezes de indivíduos infectados.

Os vírus não fazem parte da flora normal do intestino humano, sendo excretados somente por indivíduos infectados. Além disso, se multiplicam somente no interior de células vivas, não podendo, dessa forma, se multiplicarem no esgoto. Pelo contrário, o tratamento do esgoto, a diluição, a inativação natural e o tratamento da água reduzem seu número ou sua viabilidade.

Sendo reconhecidos mais de cem tipos de vírus entéricos humanos, são mais comumente transmitidos de pessoa a pessoa pela via fecal-oral, mas também podem estar presentes no esgoto doméstico após vários graus de tratamento.

Considerando que o destino do esgoto doméstico tratado é, via de regra, um curso d'água, existirá a possibilidade de contaminação de fontes de águas de abastecimento, apresentando normalmente seu pico de concentração em climas temperados. Mas parece haver exceções, pois a incidência de doenças devido ao HIV e ao rotavírus aumenta nos meses mais frios. A infecção poderá ser ocasionada por poucas unidades de vírus, embora o risco de infecção aumente com o aumento das doses ingeridas.

Sua detecção e quantificação são bastante difíceis, não sendo possível utilizar as técnicas de cultura de células convencionais. Assim, nos exames de rotina de águas e esgotos, a pesquisa de vírus entéricos não é usual.

Os fungos estão presentes em lagos, rios, estuários, ambientes marinhos, águas residuárias, lodos, águas de chuva rurais e urbanas, drenagem ácida de mina, sistemas de combustível, sedimentos aquáticos, etc. em sua maioria são aeróbios ou microaeróbios, existindo alguns com metabolismo anaeróbio limitado e muito poucos capazes de crescimento totalmente anaeróbio. Algumas espécies não requerem luz.

Os principais protozoários patogênicos identificados em águas de abastecimento e águas residuárias são *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* e *Cryptosporidium parvum*. Estes microrganismos podem causar diarreia e gastroenterite de diversos graus de severidade (STANDARD, 1995).

3.4.6 A transmissão de doenças através dos RSSS

A flora normal do corpo humano é composta por um grande número de microrganismos que, em princípio, são inofensivos à saúde do hospedeiro, e cuja grande maioria se localiza nas superfícies internas do corpo. As mucosas do nariz, da boca, do trato respiratório superior, do trato intestinal e do trato geniturinário são locais em que esses microrganismos ocorrem normalmente. Entretanto ressalta-se que os órgãos e tecidos internos do corpo humano saudável estão usualmente livres de microrganismos. Quando são encontrados microrganismos nesses locais, provavelmente a pessoa esteja infectada e doente.

Existirão ainda microrganismos que penetram e permanecem no corpo humano por algumas horas, dias ou semanas e logo após são eliminados, não sendo considerados como parte da *flora normal*. Este grupo constitui a *flora transitória* ou *transiente*.

Além dos microrganismos inofensivos ao homem normalmente encontrados no ambiente e no próprio organismo humano e no de outros animais, existem os denominados microrganismos patogênicos ou patogênicos oportunistas, os quais são capazes de provocar doenças, sendo a flora normal do organismo uma forma de defesa contra a infecção por patógenos em potencial.

Excreções, secreções ou quaisquer tipos de matéria orgânica úmida proveniente do corpo humano podem ser potencialmente infectantes, mas escamas secas de pele podem também conter e transmitir microrganismos. A microbiota encontrada em pessoas doentes, no caso de infecções, é diferente da microbiota normal, principalmente, porque, em muitos casos, poderá vir acompanhada de leucócitos mortos que caracterizam a formação de pus (RODRIGUES et al., 1997).

No caso de existir alguma debilidade no sistema imunológico do organismo, os microrganismos que constituem a *flora normal* ou a *flora transitória* poderão, ao colonizar o organismo, se reproduzir desordenadamente e vir a causar doença. Serão, nesse caso, denominados patogênicos oportunistas. Surge, por conseguinte, o conceito de patogenicidade, devido ao fato de uma mesma espécie de microrganismo, em situações diferentes, apresentar comportamentos diferenciados em relação à capacidade de causar doença (PELCZAR et al., 1997).

Nesse sentido, surgem questões interessantes: em que condições um microrganismo patogênico ou mesmo patogênico oportunista é capaz de provocar doença? E ainda: como esse microrganismo chegou ao organismo que veio a ser vitimado pela doença? Ou seja, qual é sua origem?

Para que uma infecção venha a se manifestar em uma pessoa a partir de um contato com resíduo de serviço de saúde, cada um dos seguintes eventos deverá acontecer em seqüência:

- o resíduo deverá conter um patógeno humano viável;
- o indivíduo deverá entrar em contato direto com o resíduo;
- uma lesão deverá ocorrer após este contato, criando uma porta de entrada, ou a mesma já deverá existir;
- um número suficiente de agentes infecciosos viáveis deverá penetrar em um hospedeiro suscetível via esta porta de entrada;
- o agente causa a infecção que poderá ou não resultar em uma doença clínica (PELCZAR et al., 1997).

Pelo que foi exposto, percebe-se que a simples existência de microrganismos patogênicos no lixo ou nos próprios resíduos não é condição suficiente para que esses sejam considerados causadores de doenças, sendo, no entanto, condição necessária sem a qual nenhuma doença de origem microbiana poderia se manifestar (PELCZAR et al., 1997).

Assim, o risco de transmissão de doenças infecciosas não pode ser estabelecido somente pela verificação da presença de microrganismos patogênicos nos RSSS, sendo necessário considerar aspectos epidemiológicos envolvidos em cada situação de risco (RUTALA et al., 1989).

Sabe-se que um parasita utiliza todos os meios para estabelecer uma infecção, mas o organismo do hospedeiro possui vários mecanismos de defesa. Assim, as implicações das relações hospedeiro-parasita são muitas e variadas, não sendo possível considerar uma sem a outra (PELCZAR et al., 1997).

Considerando o caso especial em que o microrganismo causador da doença estivesse presente na massa de resíduos sólidos recolhida em um estabelecimento de saúde, é interessante avaliar quanto tempo tal microrganismo sobrevive nesse ambiente (MOREIRA et al., 1993).

A Tabela 3.2 apresenta o tempo de sobrevivência, na massa de resíduos sólidos, de alguns patógenos (RODRIGUES et al., 1997).

Tabela 3.2 - Tempo de sobrevivência de alguns patógenos na massa de resíduos sólidos.

Agente etiológico	Doença	Tempo de sobrevivência (dias)
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disenteria amebiana	8 a 12
<i>Leptospira interrogans</i>	Leptospirose	15 a 43
Poliovírus	Poliomielite	20 a 170
Larvas de vermes	Verminose	25 a 40
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifóide	29 a 70
Bacilo da tuberculose	Tuberculose	150 a 180
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos)	Ascariíase	2.000 a 2.500

Disso se pode depreender que a simples presença de microrganismos patogênicos em resíduos não é suficiente para torná-los infecciosos, pois não há evidência científica de nenhum caso de transmissão de agentes infecciosos para pessoas ou animais pelo contato com estes resíduos em aterros sanitários, com exceção dos acidentes com materiais pérfuro-cortantes (RUTALA et al., 1991).

Segundo a *U.S. Environmental Protection Agency*, o risco de serem causadas doenças através dos resíduos de serviços de saúde decresce desde o momento de sua geração até o momento da destinação final. Isso indica que os riscos ocupacionais são maiores do que os riscos ambientais, sendo muito mais suscetíveis de contaminação os indivíduos ocupacionalmente expostos do que a população em geral (DUGAN, 1992).

Como já foi mencionado no início desse capítulo, até o momento, não se tem notícia de trabalhos que comprovem a transmissão de doenças pelo contato com os RSSS, a não ser pelo contato acidental com pérfuro-cortantes. Apesar disso, o desconhecimento da questão ainda gera muito receio. Para esclarecer definitivamente as vias pelas quais os RSSS tornam-se perigosos, é preciso levantar dados a respeito das características do resíduo, do caminho que o mesmo percorre desde a geração até a disposição final, do comportamento dos microrganismos patogênicos fora do organismo humano e da relação entre estes aspectos (ZANON, 1990).

Considerando que a AIDS, em termos de doenças, é uma das grandes preocupações da atualidade, a seguir serão abordadas questões relacionadas com esse tema.

3.4.6.1 Transmissão da AIDS através de águas residuárias ou biossólidos

Mesmo que o assunto específico deste trabalho não se relacione diretamente a águas residuárias ou biossólidos, é importante abordar essa questão, considerando que os RSSS que são dispostos em aterros sanitários geram lixiviado, o qual, por sua vez, poderá chegar a um curso d'água, carreando microrganismos neles presentes. É, nesse sentido, que se justifica a abordagem.

As rotas de transmissão de HIV incluem relações sexuais, uso de drogas injetáveis por via intravenosa, transfusão de sangue, trocas de sangue como resultado de ferimentos percutâneos, trocas de líquidos do corpo via relação sexual oral e infecção de bebês, filhos de mães infectadas, antes, durante e depois do nascimento. O padrão dos casos de AIDS já reportado leva os pesquisadores a concluir que o vírus não pode ser transmitido de nenhuma outra maneira (PELCZAR et al., 1997).

A Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (SIDA ou AIDS) é a doença que resulta da infecção pelo Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV). Para a AIDS ocorrer, o HIV deverá ser transmitido e infectar uma pessoa (TORTORA et al., 2000). A possibilidade do HIV estar presente nos sistemas de esgotos municipais foi rapidamente levantada, questionando, se o HIV poderia ser transmitido através do contato com águas residuárias ou biossólidos. A questão é legítima e merece resposta, mas pesquisas têm refutado ligações entre o contato com águas residuárias ou biossólidos e a transmissão do HIV (MOORE, 1993).

Considerando que o HIV é capaz de sobreviver em líquidos como o sangue, MOORE (1993), decidiu investigar sua sobrevivência em água e águas residuárias. Seu estudo se focalizou no estabelecimento da inativação do HIV e linfócitos produtivamente infectados em água de torneira livre de cloro. Além disso, a sobrevivência do HIV foi comparada à sobrevivência de poliovírus. Os resultados mostraram que, tanto o HIV livre quanto o HIV associado a células, foram rapidamente inativados, com 90% de perda de infectividade dentro de 1 a 2 h a 25°C e 99,9% em 8 h. Em comparação, o poliovírus se mostrou sem perda de infectividade acima de 24 h. A presença de soro humano em água de torneira retardou a taxa de inativação do vírus para 8 h, mas não estabilizou o vírus após 24 h. Em adição, sangue de paciente infectado no estágio IV de AIDS foi introduzido na água da

torneira, e a recuperação do HIV foi monitorada pelo uso do ensaio de infectividade e pela técnica de Reação da Polimerase em Cadeia (PCR). As células infectadas não foram detectadas em tempo superior a 5 min em água de torneira declorada, enquanto que a seqüência de amplificação foi observada acima de 2 h. Assim a detecção de um fragmento da seqüência de RNA viral através da técnica de PCR não pode ser comparada ao risco de exposição ao HIV infeccioso.

ANSARI et al., (1992), realizaram pesquisas relativas à presença do vírus do HIV em 16 amostras ambientais, incluindo água residuária bruta, lodo do tratamento, efluente final, solo e água de rio, coletados em diferentes locais. Os constituintes das águas residuárias parecem ser inibidores das enzimas de transcriptase reversa e DNA polimerase. Também foram pesquisados poliovírus. Enquanto os poliovírus tipo 1 foram encontrados em todas as amostras de águas residuárias, nenhuma das amostras analisadas ou testadas apresentou o produto específico da amplificação do vírus da imunodeficiência humana.

Nas cidades de Belle Glade, Ocala e Gainesville no Estado da Flórida, amostras de águas residuárias brutas foram concentradas, utilizando várias técnicas para a pesquisa de enterovírus humanos. Análises autoradiográficas indicaram que a seqüência homóloga ao RNA genômico do HIV e DNA proviral foram encontradas nas águas residuárias de Belle Glade, mas não nas águas residuárias de Ocala e Gainesville (PRESTON et al., 1991).

3.5 Considerações a respeito de cinética química

Considerando-se que, partindo do mais simples até o mais complexo – o que inclui os aterros sanitários –, os processos biológicos podem ser classificados como fermentação, processos fisiológicos elementares e ação de entidades vivas. (LEVENSPIEL, 1974)

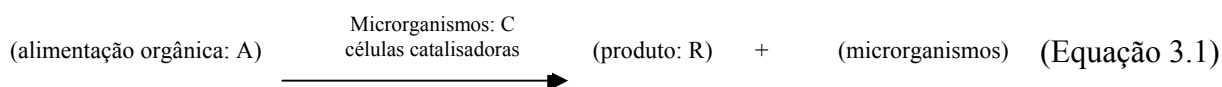
Fermentações formam a mais importante classe de reações. Elas são usadas pelo homem para produzir bebidas alcoólicas, antibióticos, vitaminas, proteínas, toxinas, leveduras e muitos alimentos, tais como chá, iogurte, chucrute e picles. São usadas também para purificar dejetos orgânicos, tais como as matérias provenientes de esgotos. Também na procura do homem em obter melhores alimentos e mais limpeza no seu meio ambiente, essas reações se constituem numa das mais importantes aplicações da engenharia das reações químicas (LEVENSPIEL, 1974).

Ao analisar-se um aterro sanitário, percebe-se que as bactérias fermentativas exercem importante papel nos dois estágios iniciais da digestão anaeróbia. São responsáveis pela produção de enzimas, que, ao serem liberadas no meio, hidrolisam compostos de cadeia complexa. Estes são fermentados, resultando produtos como etanol, butiratos, acetatos, propionatos, etc (BIDONE et al., 1999).

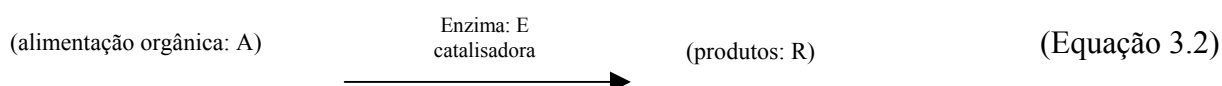
A fermentação poderá ser dividida em dois grandes grupos: aqueles promovidos e catalisados por microrganismos (leveduras, bactérias, algas, protozoários) e aqueles catalisados por enzimas, que são produtos químicos gerados por microrganismos. Em um aterro sanitário, o processo ocorre pelas duas vias.

Nas Equações 3.1 e 3.2, a seguir serão apresentados modelos para os mecanismos de ambas as vias (LEVENSPIEL, 1974).

Fermentação microbiana:

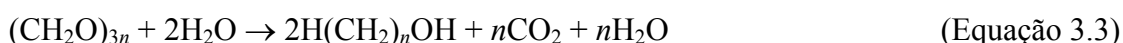


Fermentação enzimática

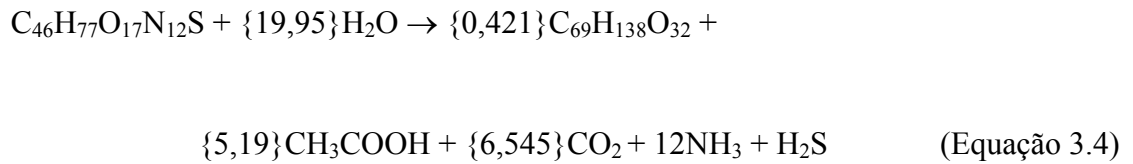


Já existem modelos mais detalhados a respeito dos aterros sanitários em que são apresentadas as reações idealizadas que ocorrem em células de aterro sanitário, como pode ser visto nas Equações 3.3 a 3.10 (SENIOR, 1995).

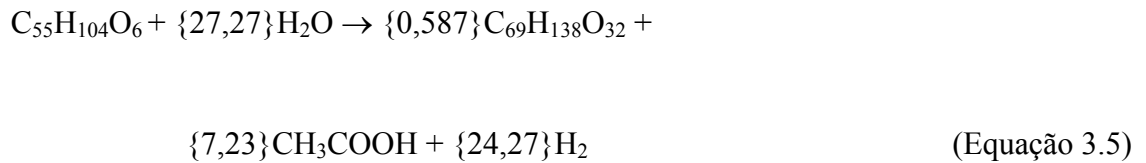
a) Hidrólise e fermentação de carboidratos, n= 1, ...



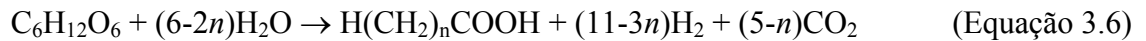
b) Degradação de proteínas



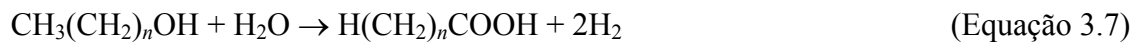
c) Degradação de gorduras



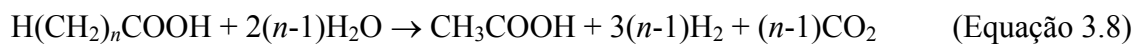
d) Acidogênese da glicose



e) Acidogênese de álcoois



f) Breakdown de ácidos carboxílicos



g) Degradação do ácido acético



h) Consumo de hidrogênio



Questão 2: Com que velocidade essas reações deverão ocorrer?

Na prática, a velocidade de uma reação química é avaliada através da taxa de reação (k), cuja unidade não é necessariamente móis/L . Assim, considerando que, qualitativamente, ocorrem as mesmas reações em todas as células, a resposta à segunda questão proposta para o estudo do reator *célula de aterro* é justamente a variável procurada para comparar as células de codisposição entre si.

Para explicar a cinética das reações não-elementares deve-se supor que, na seqüência das reações elementares, não se possa medir ou observar os intermediários formados, pois eles aparecerão apenas por um tempo desprezível. Observar-se-á apenas os reagentes iniciais e os produtos finais como se o conjunto de reações fosse uma reação simples (LEVENSPIEL, 1974).

Poderá ser uma tarefa extremamente difícil compilar e determinar a relação entre os processos. Dessa forma, em qualquer estudo, deveremos partir de situações simples e prosseguir, considerando fatores adicionais que nos permitam estudar os mais difíceis problemas (LEVENSPIEL, 1974).

Isso permite adotar uma simplificação: considerar que as reações que se processam no interior das células de aterro sanitário seguem uma cinética de primeira ordem, o que é corroborado pelas equações simplificadas da fermentação – Equações 4.2 e 4.3.

Uma equação de velocidade caracteriza a velocidade de uma reação. Sua forma pode ser conseqüência de considerações teóricas de um modelo ou resultado do ajuste de uma curva empírica. Em ambos os casos, o valor das constantes da equação só pode ser determinado experimentalmente (LEVENSPIEL, 1974).

As células de aterro sanitário, da forma que foram montadas, podem ser comparadas a um reator descontínuo, o qual pode ser utilizado como um “equipamento” para a obtenção das informações experimentais necessárias para a determinação da constante de velocidade.

O reator descontínuo é simplesmente um tanque que armazena as substâncias enquanto essas reagem. Tudo que deve ser determinado é a extensão da reação após diversos períodos de tempo, e o seu andamento pode ser acompanhado por uma das formas apresentadas a seguir:

1. pela concentração de um dado componente;
2. pela variação de alguma propriedade física do sistema, como condutividade elétrica ou índice de refração;
3. pela variação da pressão total de um sistema que opera a volume constante; e
4. pela variação de volume de um sistema que opera a pressão constante.

No processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos, ocorrem reações em série. Nesse trabalho, baseando a análise no que sugere LEVENSPIEL, (1974), considerou-se o processo através de uma reação de primeira ordem do tipo $A \rightarrow$ produtos.

Assim, de acordo com as Equações 4.2 e 4.3, podemos fazer uma aproximação, classificando as reações de fermentação como reações monomoleculares irreversíveis de primeira ordem, da forma da Equação 3.11:



Para a qual é possível testar uma equação de velocidade de primeira ordem, Equação 3.12, do tipo:

$$-r_A = -dC_A/dt = kC_A \quad (\text{Equação 3.12})$$

Separando e integrando, obtém-se a Equação 3.13:

$$-\ln C_A/C_{A0} = kt \quad (\text{Equação 3.13})$$

em que

C_A = concentração no tempo t (DQO total no tempo t)

C_{A0} = concentração inicial do tempo t_0 (DQO total no tempo t_0)

Para uma equação desse tipo, o gráfico de $\ln(C_A/C_{A0})$ em função de t fornece uma reta que passa pela origem, e a inclinação da reta assim obtida fornece o valor de k (indicador da velocidade da reação) como a inclinação da reta.

Resolvendo a Equação 3.13, obtém-se a equação 3.14:

$$C_A = C_{A0}e^{-kt} \quad (\text{Equação 3.14})$$

3.6 Sistemas de tratamento utilizados para RSSS

Segundo a resolução CONAMA 05 de 1993, entende-se por sistema de tratamento de resíduos de serviços de saúde o “conjunto de elementos, processos e procedimentos que altera as características físicas, químicas ou biológicas do resíduo e conduz à minimização do risco à saúde pública e à qualidade do meio ambiente” (RODRIGUES et al., 1997).

Na década de 80, com a grande preocupação advinda da AIDS, o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde tornou-se tema de extrema relevância. Todos os resíduos que entrassem em contato com pacientes eram considerados infectantes, merecendo, portanto, tratamento específico. A situação se modificou a partir de 1989, quando foi sugerida uma nova forma de abordagem do problema, indicando que somente uma pequena quantidade de resíduos de serviços de saúde deveria receber tratamento específico. No Brasil, onde se aplica a gestão clássica e onde, na grande maioria dos casos, não é realizada a segregação dos resíduos no estabelecimento gerador, o conjunto dos resíduos acaba sendo classificado como infectante e especial, mas acabam sendo coletados juntamente com os RSU e recebem o mesmo destino final destes, na maioria dos municípios.

As várias técnicas de tratamento dos RSSS foram surgindo de acordo com a realidade local, porém a maioria delas leva à contaminação do ar, da água ou do solo. A

escolha da melhor técnica varia segundo o potencial de risco do resíduo, realidade do país ou da região, seus recursos econômicos, entre outros fatores a serem analisados. Afinal o principal objetivo de qualquer uma das técnicas existentes é inativar a ação infectante dos microrganismos patogênicos porventura presentes nestes materiais (SCHNEIDER et al., 2001).

Da mesma forma que no Brasil, nos Estados Unidos, a partir de uma seleção prévia, pelo menos uma parcela dos resíduos gerados nos estabelecimentos de saúde, deverá passar por alguma forma de tratamento antes de ser conduzida à disposição final (MEANEY et al., 1989). A seguir são apresentadas técnicas de tratamento dos RSSS (BIDONE et al., 1999).

3.6.1 Desinfecção por fervura em água: é uma técnica muito simples que garante a desinfecção (não esteriliza) rápida, em alguns minutos de contato da água quente com microrganismos. Organismos mais resistentes permanecem vivos, após muitas horas de fervura. Assim esta técnica não garante a absoluta erradicação destes nos resíduos submetidos ao tratamento.

3.6.2 Tyndallização ou esterilização fracionada: consiste em submeter os resíduos a aquecimento por vapor a 100°C por alguns minutos, repetindo-se a operação de três a quatro vezes em intervalos de 24 horas. Os esporos mais resistentes tornam-se células vegetativas, sendo facilmente destruídas pelo novo aquecimento.

3.6.3 Esterilização a vapor em autoclaves: a autoclavagem é largamente utilizada para esterilização de vidrarias, instrumentos cirúrgicos, meios de cultura, roupas, alimentos, entre outros. Embora no Brasil não tenha uso no tratamento de resíduos infectantes de serviços de saúde, o processo pode ser utilizado para tanto, desde que o vapor consiga atingir toda a superfície do material. As duas temperaturas mais comuns para esterilização a vapor são 121°C e 132°C; os períodos de exposição conhecidos para esterilização de materiais hospitalares embalados são de 30 minutos a 121°C e 4 minutos a 132°C, em autoclaves de exaustão a vácuo.

3.6.4 Esterilização por aquecimento a seco: um forno comum, tipo caseiro, pode ser usado para a esterilização a seco. Temperaturas entre 165°C e 170°C, por um período de duas horas, ou pouco mais, eliminam do meio esporos vivos. Se a esterilização for com materiais para

uso posterior, somente artigos secos não danificáveis por cozimento, como vidrarias e instrumentos cirúrgicos, entre outros, podem ser submetidos ao processo.

3.6.5 Esterilização por radiação ionizante: é uma técnica de esterilização a baixas temperaturas, que tem sido utilizada em grande variedade de produtos médicos, drogas, produtos farmacêuticos e tecidos para transplantes. É um método caro frente àqueles de uso corrente, pois é utilizada radiação gama, o Co-60 como fonte e a emissão de raios catódicos para a eliminação de microrganismos nos resíduos.

3.6.6 Radiação gama: a técnica utiliza a alta energia dos raios gama, emitidos pelo radioisótopo sintetizado Co-60 que elimina os microrganismos por ionização induzida de componentes celulares. Embora de uso difundido na esterilização de produtos farmacêuticos e alimentos, a bibliografia cita somente um caso de utilização do processo no tratamento de resíduos de serviço de saúde.

3.6.7 Eletro-aceleradores (emissão de raios catódicos): os aceleradores de elétrons são utilizados para esterilizar suprimentos e equipamentos médicos, produtos farmacêuticos e peças de implantes, como marca-passos. Os resíduos infecciosos e patogênicos são processados em área protegida, na qual são submetidos a uma varredura por um “canhão de elétrons” por cerca de três minutos, obtendo-se completa destruição dos microrganismos patogênicos.

3.6.8 Esterilização por radiação não-ionizante: a técnica é fundamentada nas radiações eletromagnéticas de frequência igual ou inferior ao ultravioleta, denominadas não-ionizantes, por não possuírem energia suficiente para remover elétrons de elementos como carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, que são os elementos mais importantes da matéria viva. A eliminação dos microrganismos decorre de efeitos térmicos, como o aquecimento pela transformação da energia em calor, e não-térmicos, devido à interação direta do campo eletromagnético da radiação.

3.6.9 Radiação ultravioleta: é uma técnica mais adequada ao tratamento de efluentes líquidos do que propriamente de RSSS; não se conhece nenhum relato dessa aplicação. Isso pode dever-se ao fato de que a radiação ultravioleta esteriliza em superfície, não possuindo grande capacidade de penetração. Ao mesmo tempo, não altera a aparência dos resíduos, o que dificulta concluir pela esterilização dos resíduos, julgando pelo seu aspecto visual.

3.6.10 Desinfetantes líquidos: os desinfetantes líquidos mais utilizados são o cloro e seus compostos, o iodo, o mercúrio, o nitrato de prata, compostos fenólicos, álcoois e compostos de amônia. Entretanto perdem a sua eficiência em presença de grandes quantidades de material orgânico, razão pela qual são contra-indicados na desinfecção de peças anátomo-patológicas.

3.6.11 Desinfecção por gases e vapores químicos: estudos recentes têm mostrado o excepcional efeito esporicida de gases como o formaldeído, o óxido de etileno e o *b*-propiolactona. Como agentes esterilizantes, têm a vantagem de não precisarem de aquecimento, nem de serem dissolvidos em água, podendo ser usados em grandes volumes para a desinfecção de todas as unidades de um prédio. No entanto, atuam somente sobre superfícies expostas, não sendo usados no tratamento de RSSS, devido ao caráter cancerígeno atribuído ao óxido de etileno e formaldeído, determinando periculosidade para os trabalhadores que manuseiam os resíduos.

3.6.12 Encapsulamento de resíduos: no Brasil, a empresa TEC MAES, de São Bernardo do Campo, SP, lançou no mercado um forno elétrico, hermeticamente fechado, destinado à esterilização e encapsulamento de resíduos pérfuro-cortantes, como agulhas de seringas e lâminas de bisturis, por meio da fusão do material plástico que constitui a maior parte do corpo desses instrumentos, de acordo com informações prestadas pela própria empresa.

3.6.13 Incineração a LASER: a técnica compreende a fundição de materiais a intervalos de temperatura entre 3870°C e 5540°C, com a erradicação completa de patógenos do meio. É uma metodologia ainda recente.

3.6.14 Incineração com infravermelho: técnica recente, posto que desenvolvida no Japão a partir de 1991, já possui naquele país alguns milhares de unidades instaladas. Esses incineradores dispõem de três câmaras de incineração, dotadas de queimadores de óleo diesel ou querosene, onde é processada a combustão dos resíduos que apresentam menor densidade, maior densidade e fumos, ou vapores que escapam pelas câmaras primárias, respectivamente. Os incineradores desse tipo utilizam as emissões de ondas longas da faixa do infravermelho para promover a incineração dos resíduos ou dos fumos e gases.

3.6.15 Pirólise: é um processo caracterizado pela decomposição térmica de material orgânico em ausência de oxigênio. Os reatores pirolíticos ainda não têm seu uso devidamente

consagrado no Brasil, em virtude das dificuldades operacionais que a condução adequada do processo exige (BIDONE et al., 1999).

3.6.16 Incineração: consiste na oxidação dos materiais, a altas temperaturas, sob condições controladas, convertendo materiais combustíveis em resíduos não combustíveis, ocorrendo a emissão de gases. A principal vantagem da incineração é a redução significativa de volume dos resíduos (de 90 a 95%). É um processo sugerido, muitas vezes, como forma de disposição final. (SCHNEIDER et al., 2001). Todavia dois argumentos costumeiramente são levantados contra a incineração: alto custo e emissão de substâncias tóxicas como dioxinas e furanos (RODRIGUES et al., 1997).

3.7 Sistemas de disposição final para RSSS

Segundo a resolução CONAMA 005 de 1993, entende-se por sistema de disposição final de resíduos de serviços de saúde o “conjunto de elementos, processos e procedimentos que visa ao lançamento do resíduo no solo e assegura a proteção da saúde pública e qualidade do meio ambiente”. Esta é, portanto, a última etapa realizada no gerenciamento dos RSSS. Assim é preciso que se diferencie sistema de tratamento de sistema de disposição final. Em se tratando de RSSS, recomenda-se que os resíduos sejam tratados previamente para depois serem conduzidos à disposição final. Entretanto, algumas das técnicas de disposição final ainda hoje utilizadas não atendem aos critérios de segurança e conservação do meio ambiente (RODRIGUES et al., 1997). Assim, os sistemas de disposição final mais comuns são:

3.7.1 Disposição a céu aberto

Como o próprio nome diz, os RSSS são dispostos sobre o solo sem nenhuma proteção superior ou inferior ou em lixões. É um método que só traz desvantagens. Dentre elas, podemos citar a contaminação de mananciais de águas superficiais e subterrâneas, a proliferação de vetores, o surgimento de catadores que trabalham sem nenhuma proteção, pondo em risco sua saúde (SCHNEIDER et al., 2001).

3.7.2 Disposição em vazadouros

O material é utilizado no preenchimento de buracos e voçorocas provocados pelas chuvas, os quais normalmente ficam em terrenos inclinados. Dessa forma, o lixiviado gerado e os próprios resíduos acabam se dirigindo aos cursos d'água e provocando sua contaminação, além de ocasionar a perda de áreas (SCHNEIDER et al., 2001).

3.7.3 Alimentação de animais

Nessa forma de destinação final, os resíduos domiciliares e, em alguns municípios também os resíduos de serviços de saúde, são destinados para a alimentação de animais, principalmente suínos em propriedades particulares. É uma forma de destinação final inadequada, tendo em vista que estes animais poderiam se tornar hospedeiros intermediários de várias doenças e geralmente são destinados ao consumo humano (SCHNEIDER et al., 2001).

3.7.4 Vala séptica

Consiste no aterramento dos RSSS não tratados em vala escavada no solo a um metro de profundidade, preferencialmente em locais altos e onde o lençol freático esteja bem abaixo da superfície. O fundo da vala deve ser protegido com manta de material polimérico, e os resíduos são cobertos com uma camada de cal virgem e novamente cobertos com terra. O objetivo da utilização de cal é inativar a ação patogênica dos microrganismos, mas em 1990, a CETESB realizou um trabalho que provou que essa é uma técnica ineficiente (SCHNEIDER et al., 2001).

3.7.5 Aterro sanitário

O aterro sanitário é uma forma de disposição final de RSU no solo, dentro de critérios de engenharia e normas operacionais específicas, proporcionando o confinamento seguro dos resíduos, evitando danos ou riscos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais. É implementada a impermeabilização do fundo, a drenagem periférica para afastamento de águas de chuvas, a drenagem de fundo para a coleta do lixiviado, o sistema de tratamento do lixiviado drenado e a drenagem e queima dos gases gerados durante o processo

de bioestabilização da matéria orgânica. São descritos cuidados especiais de embalagem e transporte dos RSS destinados a aterros, bem como o recobrimento com argila para evitar acesso de aves e outros animais que possam espalhar os resíduos. Os resíduos perfurocortantes devem receber cuidados especiais de embalagem e manuseio, diante do potencial para causar acidentes que lhes é inerente (BIDONE, 1999).

3.7.6 Aterro controlado

É uma forma de destinação final no solo, em que são adotadas precauções tecnológicas executivas, durante o desenvolvimento do aterro como o recobrimento dos resíduos com argila (normalmente sem compactação). É uma técnica preferível ao lançamento a céu aberto, mas não substitui o aterro sanitário. É mais utilizada em municípios pequenos que não dispõem de equipamentos compactadores (BIDONE, 1999).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este experimento foi dividido em três etapas, a fim de estudar a codisposição de RSSS com RSU, ressaltando principalmente a questão microbiológica.

Denominadas de forma geral *Codisposição*, *Recirculação* e *Inoculação*, tais etapas serão descritas a seguir:

Etapa 1 (*Codisposição*) – Células de aterro sanitário monitoradas quanto a variáveis físicas, químicas e microbiológicas.

Etapa 2 (*Recirculação*) – Recirculação do lixiviado das células de codisposição sobre macrófitas e investigação do poder germinativo de quatro culturas na presença e ausência de lixiviado.

Etapa 3 (*Inoculação*) – Inoculação de microrganismos indicadores em lixiviado de aterro sanitário bruto e esterilizado e estudo das curvas de crescimento bacteriano.

A seguir será descrita a metodologia adotada para a execução das três etapas anteriormente citadas.

4.1 Etapa 1 (*Codisposição*) – Células de aterro sanitário monitoradas quanto a variáveis físicas, químicas e microbiológicas.

A estrutura física da primeira etapa deste trabalho foi montada na cidade de Porto Alegre, sobre a *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte, o qual se encontrava encerrando atividades na época da montagem do experimento. Note-se, portanto, que as células experimentais foram escavadas e montadas sobre uma base de resíduos.

Foram construídas seis células, em escala real, denominadas **C1**, **C2**, **C3**, **C4**, **C5** e **C6**, de mesmas dimensões e características de montagem para codisposição de RSSS e RSU que procuraram simular, o mais perfeitamente possível, as condições existentes em células reais de aterro sanitário. As células foram construídas à intempérie, recebendo, portanto, a

parcela de líquido relativa à infiltração das chuvas da região. Foram construídos drenos para o líquido lixiviado e para o gás. Os drenos de líquido e gás possuíam comunicação entre si em cada célula, como é apresentado na Figura B6 do Anexo B. Também, no Anexo B, através das Figuras B1 a B5, são apresentados outros esquemas ilustrativos da disposição das células no aterro, bem como de detalhes do projeto das células. As dimensões de cada célula são apresentadas a seguir.

- Base inferior: 2,0 m x 3,0 m;
- Base superior: 7,0 m x 8,0 m;
- Profundidade: 2,5 m; e
- Volume: 70 m³.

A área total ocupada pelo conjunto das células sobre a **Célula 4** do Aterro Sanitário Zona Norte foi de 610 m².

A montagem das células teve duração de aproximadamente dois meses e meio, desde a escavação até seu preenchimento com resíduo e recobrimento com argila. A tarefa poderia ter sido realizada em menor intervalo de tempo, mas a grande incidência de chuvas dificultou os trabalhos. As atividades de montagem tiveram início em 22 de março de 1999 e se completaram em 7 de junho do mesmo ano.

Os resíduos urbanos e de serviços de saúde utilizados para o preenchimento das células foram cedidos pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana da Prefeitura de Porto Alegre, bem como todo o maquinário necessário ao desenvolvimento do trabalho.

Na Tabela 4.1, são apresentados os valores de percentagem mássica de RS previstos no projeto para o preenchimento das células.

As massas de resíduos e as percentagens mássicas reais de RSSS e RSU utilizadas no preenchimento das células são apresentadas na Tabela 4.2. Ao comparar-se esta tabela com a Tabela 4.1, pode-se perceber que os valores percentuais são iguais àqueles previstos no projeto, exceção feita somente à célula C2, que apresentou uma pequena diferença.

Tabela 4.1 – Percentagens de RSU e RSSS para as células, previstas no projeto original.

Denominação da célula	% RSU	%RSSS
C1	100,0	0,0
C2	95,0	5,0
C3	75,0	25,0
C4	50,0	50,0
C5	25,0	75,0
C6	0,0	100,0

Tabela 4.2 – Massas de RSU e RSSS e respectivas percentagens mássicas das células.

Denominação da célula	Massa RSU (kg)	Massa RSSS (kg)	Densidade da célula (t/m ³)	% RSU	%RSSS
C1	54840	-	0,78	100,0	0,0
C2	33800	2000	0,51	94,4	5,6
C3	17430	5800	0,33	75,0	25,0
C4	11390	11390	0,33	50,0	50,0
C5	4310	12910	0,25	25,0	75,0
C6	-	26220	0,37	0,0	100,0

4.1.1 Etapas de montagem das células de codisposição

Como já foi mencionado, o trabalho de montagem das células durou aproximadamente dois meses e meio, nos quais foram executadas, em seqüência, as seguintes etapas:

1. levantamento planialtimétrico da *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte;
2. escavação de células e valas para assentamento dos drenos de lixiviado;
3. colocação de areia no fundo das células e valas;
4. instalação de drenos de lixiviado nas células e valas;
5. recolocação de resíduo nas valas;
6. colocação de BIDIM 400 nas células;

7. colocação de manta PEAD nas células;
8. colocação de BIDIM 180 nas células;
9. colocação de camada de brita no fundo das células;
10. colocação de drenos de gás nas células;
11. colocação da mistura de resíduos nas células;
12. composição gravimétrica dos resíduos depositados nas células – caracterização;
13. cobertura das células com argila compactável.

As Figuras C1 a C21 do Anexo C ilustram as etapas de montagem das células.

Na seqüência, serão detalhadas as etapas de montagem das células.

4.1.1.1 Levantamento planialtimétrico da *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte

Para garantir a construção de células com 2,5 m de profundidade, foi realizada a altimetria da *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte, e para manter o alinhamento entre as medidas das células e estabelecer, com o máximo de precisão, suas dimensões, optou-se por realizar a planimetria do local. Em princípio, seria feito o levantamento topográfico completo, mas verificou-se que a altimetria e a planimetria foram suficientes para os objetivos do trabalho.

A diferença de nível entre o topo da *Célula 4* e o nível da rua que passa na frente desta célula foi de 4,8 m. De posse dessa informação, concluiu-se que a montagem das células neste local, com a profundidade prevista no projeto, era viável.

A Figura C1, do Anexo C, apresenta uma das medições realizadas.

4.1.1.2 Escavação de células e valas para assentamento dos drenos de lixiviado

Considerando que as células experimentais seriam montadas sobre uma célula de aterro sanitário pré-existente – a *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte –, a escavação foi realizada diretamente no resíduo, utilizando-se uma máquina tipo retroescavadeira, cedida

pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU). O formato das células ficou muito próximo do previsto no projeto. Seu formato, a numeração utilizada para designar cada célula e outros detalhes do projeto são apresentados através das Figuras do Anexo B.

A escavação não se limitou às células. Para instalar os drenos de líquido a cada célula, foi necessário escavar o talude da **Célula 4** por uma extensão de, aproximadamente, 30 m para cada célula, formando as valas que receberiam os drenos de lixiviado. O resíduo daí retirado foi depositado ao lado das células para poder ser recolocado no local depois da instalação dos drenos.

As Figuras C2, C3 e C4 do Anexo C ilustram a escavação das células e valas.

4.1.1.3 Colocação de areia no fundo das células e valas

Foi colocada uma camada de, aproximadamente, 20 cm de areia média, em cada fundo de célula e ao longo das valas. Tendo em vista que a base inferior das células possuía 6 m², o volume total de areia utilizado para as seis células foi de 7,2 m³.

Ao se recolocar o resíduo retirado das valas sobre os drenos de lixiviado, previu-se que a tubulação ficaria submetida a diversos esforços. A camada de areia foi importante para proteger os drenos de líquido, amortecendo as tensões a que foram submetidos devido ao peso do resíduo e à operação de compactação realizada pelo trator de esteira. A utilização da areia foi, portanto, uma medida preventiva importante contra quaisquer danos, impossíveis de serem reparados depois de recolocado o resíduo nas valas.

As Figuras C5, C6 e C7 do Anexo C ilustram a colocação de areia para assentamento dos drenos de lixiviado.

4.1.1.4 Instalação de drenos de lixiviado nas células e valas

A saída do lixiviado de cada célula foi viabilizada através da instalação de tubos hidráulicos de DN 40, de inclinação 2 % por 30 metros, até a face do talude, resistentes às variações de pressão do líquido em seu interior. A escolha do DN 40 deveu-SE à maior

resistência deste tubo aos esforços normais, quando comparada à resistência de tubos de maior diâmetro.

Os tubos hidráulicos anteriormente mencionados foram furados para permitir a saída do lixiviado. Os furos foram feitos com furadeira, somente nas faces superiores dos tubos, a fim de facilitar o deslocamento do lixiviado através das faces inferiores que não receberam furos. Foram feitos três furos a cada 5 cm, pela extensão de 3 m, ou seja, somente na região que ficaria dentro da célula.

Foi considerada a possibilidade de entupimento dos furos. Para evitar que isso ocorresse, a região do tubo que foi perfurada recebeu uma capa de BIDIM 400. Esta capa de geotêxtil foi preparada antes de ser colocada no tubo. Foram cortadas tiras de BIDIM, posteriormente soldadas com soldador elétrico, para fazer uma capa que se adaptasse perfeitamente ao tubo.

4.1.1.5 Recolocação de resíduo nas valas

Após serem instalados os drenos de lixiviado, as valas foram preenchidas com o resíduo retirado. As operações de escavação / instalação do dreno / recolocação de resíduo foram efetuadas de forma completa para cada célula, para somente depois serem iniciadas as mesmas etapas na célula seguinte, tendo em vista a pequena distância existente entre as valas de duas células justapostas.

As Figuras C6 e C7 do Anexo C ilustram esta etapa do trabalho.

4.1.1.6 Colocação de BIDIM 400 nas células

A membrana geotêxtil BIDIM 400 foi utilizada para a proteção da manta de PEAD, colocada posteriormente, contra perfurações ou outras avarias. O BIDIM colocado nas células foi soldado na ligação entre as células, se constituindo em uma faixa inteira desde a célula C1 até a célula C6. Suas beiradas foram ancoradas com terra ao redor das células, em uma vala de aproximadamente 30 cm de profundidade e 50 cm de comprimento, que contornava o conjunto das células.

A Figura C8 do Anexo C ilustra a instalação do BIDIM 400 e, na Figura C11, pode-se visualizar a emenda de BIDIM entre as células.

4.1.1.7 Colocação de manta PEAD 2 mm nas células

O objetivo da instalação desta membrana foi a impermeabilização das células, tornando-as estanques e impedindo a infiltração do lixiviado oriundo do resíduo no solo. Foram necessários vários recortes para otimizar o assentamento desta nas células. Para unir as partes recortadas utilizou-se um aparelho de solda especialmente destinado a esta finalidade.

Utilizou-se PEAD de 2mm de espessura para suportar os esforços advindos da movimentação do trator de esteira no momento da compactação do resíduo e da argila no recobrimento das células.

As Figuras C9 a C13 do Anexo C ilustram esta etapa do trabalho, e a Figura C11, especificamente, ilustra a operação de soldagem.

4.1.1.8 Colocação de BIDIM 180 nas células

O BIDIM 180 deveria possibilitar a melhor drenagem de lixiviado no interior das células e, principalmente, permitir a proteção da manta de PEAD contra perfurações, quando da colocação dos resíduos no interior das células.

As Figuras C14 e C15 do Anexo C apresentam o detalhe de umas das células recobertas por BIDIM e o conjunto de todas as seis células, respectivamente.

4.1.1.9 Colocação de camada de brita no fundo das células

No fundo de cada célula, após a instalação do BIDIM 180, foi depositada uma camada de brita de aproximadamente 20 cm. Sua função era evitar o entupimento dos drenos de lixiviado e servir como uma espécie de pré-tratamento para o lixiviado, tendo em vista que essa já é uma prática adotada em muitos aterros sanitários.

A Figura C14 do Anexo C ilustra esta etapa do trabalho.

4.1.1.10 Colocação de drenos de gás nas células

Para facilitar a saída dos gases oriundos da digestão da matéria orgânica, foram instalados drenos verticais em cada célula. Os tubos possuíam 3 m de profundidade com DN 40, ao redor dos quais foram feitos conjuntos de 4 furos (\varnothing 4 mm) por toda volta do tubo, de 5 em 5 cm, ao longo dos 2,5 m de profundidade da célula. Para evitar entupimento nos furos, os tubos foram encapados com BIDIM 400, como descrito anteriormente no item 4.1.1.4.

A Figura C15 do Anexo C apresenta uma vista de todos os tubos de saída de gás.

4.1.1.11 Colocação da mistura de resíduos nas células

Esta foi uma etapa crucial na montagem do experimento. Para manter a percentagem mássica da mistura de resíduos prevista no projeto, foi preciso fazer um controle rigoroso da massa de resíduo que chegava ao aterro, através da pesagem dos caminhões de coleta na chegada e na saída do aterro. Foram coletados resíduos de diversos hospitais da região metropolitana de Porto Alegre, como é apresentado na Tabela 4.3.

Com base nas percentagens previstas no projeto original, os resíduos foram dispostos em cada célula, de acordo com o seguinte critério: colocar-se o RSU sempre abaixo do RSSS a fim de permitir um maior contato entre os lixiviados do RSSS e do RSS. Foi adotado esse procedimento, por acreditar-se na provável atenuação da infectividade dos microrganismos, quando esses são colocados em contato com os RSU, antes de serem lançados aos corpos receptores.

O aterro dispunha de balança, com precisão da ordem de 10 kg, para a pesagem dos caminhões que faziam a coleta dos resíduos destinados a este aterro. Utilizou-se esta balança para controlar a massa de resíduo a ser colocada nas células. Conforme chegavam os caminhões de resíduo ao aterro, estes eram pesados e encaminhados às células, sendo descarregados integralmente dentro das mesmas. Na saída, os caminhões eram novamente pesados, a fim de obter-se a massa de resíduo adicionada à célula. Ver Figura C16 do Anexo C.

Tabela 4.3 – Hospitais de onde procedeu o RSSS, massas e datas da disposição nas células.

Célula	Hospital	Massa (kg)	Data da disposição
C1	-	-	-
C2	Grupo Hospitalar Conceição	1450	04/6/99
	Hospital de Pronto Socorro	<u>450</u>	04/6/99
		2000	
C3	Hospital Santa Casa de Misericórdia	2800	04/6/99
	Hospital Beneficência Portuguesa	280	04/6/99
	Hospital São Lucas da PUC	1530	04/6/99
	Hospital de Pronto Socorro	460	04/6/99
	Hospital da Brigada Militar	200	04/6/99
	Hospital Moinhos de Vento	<u>530</u>	04/6/99
		5800	
C4	Hospital de Pronto Socorro	460	05/6/99
	Hospital Ernesto Dornelles	1180	05/6/99
	Grupo Hospitalar Conceição	1260	05/6/99
	Hospital Mãe-de-Deus	1520	05/6/99
	Hospital Moinhos de Vento	610	05/6/99
	Hospital São Lucas da PUC	1540	05/6/99
	Hospital São Lucas da PUC	2020	07/6/99
	Instituto de Cardiologia	1320	07/6/99
	Grupo Hospitalar Conceição	<u>1480</u>	07/6/99
	11390		
C5	Hospital Santa Casa de Misericórdia	2920	01/6/99
	Hospital de Clínicas de Porto Alegre	4510	02/6/99
	Hospital São Lucas da PUC	1840	02/6/99
	Hospital Santa Casa de Misericórdia Hospital	3020	02/6/99
	Hospital Moinhos de Vento	<u>620</u>	04/6/99
	12910		
C6	Hospital Forense	990	03/5/99
	Hospital Santa Casa de Misericórdia	2200	03/5/99
	Hospital Ernesto Dornelles	1510	03/5/99
	Hospital Moinhos de Vento	610	04/5/99
	Hospital São Lucas da PUC	1540	04/5/99
	Hospital Santa Casa de Misericórdia	2860	04/5/99
	Hospital São Lucas da PUC	2060	05/5/99
	Hospital Ernesto Dornelles	1240	27/5/99
	Grupo Hospitalar Conceição	1780	27/5/99
	Hospital de Clínicas de Porto Alegre	4320	31/5/99
	Hospital de Pronto Socorro	450	31/5/99
	Hospital Ernesto Dornelles	1290	31/5/99
	Hospital Moinhos de Vento	630	31/5/99
	Hospital Santa Casa de Misericórdia	2570	31/5/99
Grupo Hospitalar Conceição	1840	01/6/99	
Hospital Moinhos de Vento	<u>330</u>	01/6/99	
	26220		

Levando em consideração que se trabalhou com massas da ordem de toneladas, foi necessário utilizar um caminhão de apoio para retirar, quando necessário, algum excesso de massa adicionado às células, a fim de atender aos valores da percentagem mássica previstos no projeto. O resíduo retirado de cada célula também foi cuidadosamente pesado.

Com o decorrer do trabalho, a percepção da relação massa-volume já se fazia sentir. Além disso, já se podia estimar a magnitude aproximada das massas de resíduo que eram trazidas pelos caminhões em cada coleta. Dessa forma, não foi preciso fazer uma grande movimentação de resíduo através do caminhão de apoio.

Em um primeiro momento, buscou-se calcular a quantidade de resíduo que iria formar cada célula, a partir do preenchimento das células C1 e C6 e do cálculo da densidade dos resíduos verificada para estas células. Entretanto, ao realizar-se o enchimento das células C2 até C5, os valores obtidos dessa forma para as massas de RSU e RSSS não puderam ser seguidos, pois a densidade destes resíduos não se manteve. Optou-se por atender à percentagem mássica estabelecida através de tentativas, conforme a chegada dos caminhões de coleta ao aterro.

As Figuras C16 a C21 do Anexo C ilustram esta etapa do trabalho.

4.1.1.12 Composição gravimétrica dos resíduos depositados nas células – caracterização

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos utilizados para o preenchimento das células é uma informação indispensável para a avaliação dos resultados obtidos a partir das análises do lixiviado e dos gases. Considerando-se esta afirmação, realizou-se a caracterização de amostras representativas dos RSSS e RSU depositadas nas células.

Os resultados desta caracterização são apresentados nas Tabelas 4.4 e 4.5, e as Figuras C22 a C28 do Anexo C ilustram a execução da caracterização dos RSSS.

Os resultados da porcentagem mássica de RSU de Porto Alegre e dos RSSS do Hospital de Clínicas de Porto Alegre podem ser observados na Tabela 4.4. Na Tabela 4.5, são apresentados os valores das percentagens mássicas das células C1 a C6.

Tabela 4.4 – Composição gravimétrica dos RSU do Município de Porto Alegre e dos RSSS do Hospital de Clínicas de Porto Alegre – HCPA.

Tipo de material	RSU de Porto Alegre (%)*	RSSS do HCPA (%)
Matéria orgânica	41,89	4,70
Papel e papelão	20,74	26,70
Plástico	22,51	42,00
Metal	4,15	3,30
Borracha	0,50	8,50
Madeira	4,13	0,07
Trapos	3,62	11,80
Vidros	2,08	0,30
Cerâmica	0,19	0,00
Caixas de pérfuro-cortantes	0,00	2,60
Outros	0,19	0,03
Total	100	100

* Fonte: OLIVEIRA, 2002

Com as Tabelas 4.2 e 4.4, através de um cálculo de média ponderada, foi possível obter-se os valores da composição mássica média do resíduo sólido disposto nas células. Os resultados são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Composição gravimétrica do resíduo sólido disposto nas células (%).

Tipo de material	C1(%)	C2(%)	C3(%)	C4(%)	C5(%)	C6(%)
Matéria orgânica	41,89	39,85	32,59	23,30	14,00	4,70
Papel e papelão	20,74	21,09	22,23	23,72	25,21	26,70
Plástico	22,51	23,62	27,38	32,26	37,13	42,00
Metal	4,15	4,11	3,94	3,73	3,51	3,30
Borracha	0,50	0,95	2,50	4,50	6,50	8,50
Madeira	4,13	3,91	3,12	2,10	1,09	0,07
Trapos	3,62	4,08	5,67	7,71	9,76	11,80
Vidros	2,08	1,98	1,64	1,19	0,75	0,30
Cerâmica	0,19	0,18	0,14	0,10	0,05	0,00
Caixas de pérfuro-cortantes*	0,00	0,15	0,65	1,30	1,95	2,60
Outros	0,19	0,18	0,15	0,11	0,07	0,03

* Observe-se que, no cálculo da porcentagem de materiais pérfuro-cortantes, está incluída a massa das caixas de papelão nas quais estes eram depositados.

As amostras caracterizadas não foram coletadas a partir dos próprios resíduos depositados nas células. A caracterização dos RSU, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.4, foi realizada no IPH/UFRGS a partir de um caminhão de resíduos cedido pelo DMLU da Prefeitura de Porto Alegre, e seguiu as indicações da Norma Brasileira – NBR 10007 (OLIVEIRA, 2002), enquanto que os RSSS foram coletados no Hospital de Clínicas de Porto Alegre e caracterizados no pátio externo do próprio hospital, sendo utilizados EPIs adequados e tomadas as devidas medidas de precaução, quando da manipulação de resíduos desta natureza.

Nesse estudo, optou-se por seguir, parcialmente (o material não foi quarteado), o procedimento indicado pela normatização brasileira – NBR 10007 – Amostragem de resíduos. O material proveniente de unidades distintas do hospital foi coletado por um período equivalente a $\frac{1}{4}$ de dia (6 horas). O material foi separado e pesado de acordo com as categorias de materiais listadas na Tabela 4.4. Foram coletados resíduos do Bloco Cirúrgico, CTI, Centro Cirúrgico Ambulatorial e Emergência.

Não foram caracterizados resíduos de outras unidades do hospital, porque os valores obtidos nas unidades estudadas foram bastante semelhantes entre si.

Não foi dada ênfase ao estado, contaminado ou não, do resíduo separado e classificado na operação de caracterização. A caracterização visava simplesmente a identificar a composição gravimétrica dos resíduos gerados pelo hospital, pois a contaminação de materiais é muito relativa. Por exemplo, o fato de um saco de resíduo conter um par de luvas, por exemplo, é suficiente para considerá-lo contaminado por inteiro, mesmo que o par de luvas ali presente efetivamente não esteja contaminado. São medidas preventivas adotadas pelos estabelecimentos de saúde para garantir a segurança do pessoal envolvido na geração, coleta, transporte e disposição final do resíduo.

No preenchimento das células, foram utilizados RSSS de vários hospitais da região metropolitana de Porto Alegre. Mas, considerando que a composição média dos resíduos gerados nos diferentes hospitais seja semelhante, utilizaram-se somente as informações obtidas no HCPA, extrapolando-se os resultados para os outros hospitais que forneceram resíduos para o preenchimento das células.

4.1.1.13 Cobertura das células com argila compactável

Foi colocada uma camada de argila de 60 cm de altura sobre cada célula após serem preenchidas com resíduo. Ao redor dos drenos de gás (posição central de cada célula), a altura da camada de argila foi maior, formando um cone, para impedir, tanto quanto possível, a infiltração de água de chuva e aumentar, por conseguinte, o escoamento superficial. A compactação da argila, e conseqüentemente do resíduo abaixo dela, foi feita com trator de esteiras.

As Figuras C29 e C30 do Anexo C mostram, respectivamente, a compactação da argila de recobrimento de uma das células e o conjunto de células com a cobertura de argila.

4.1.2 Procedimentos de coleta de gás e lixiviado

Os procedimentos de coleta de gás e lixiviado seguiram as orientações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 1995.

O projeto original previa coletas quinzenais, entretanto esta frequência foi modificada. Resolveu-se fazer coletas semanais para todas as análises. Esta modificação foi adotada como estratégia para impedir que qualquer imprevisto separasse as coletas pelo intervalo de tempo de um mês, ou mais, o que seria muito inconveniente para o bom acompanhamento do desempenho do processo.

As análises microbiológicas não seguiram a mesma frequência. Assim foram realizadas mensalmente, durante os cinco primeiros meses. Considerando os dados constantes na bibliografia referentes à sobrevivência de patógenos (RODRIGUES et al., 1997), bem como os resultados negativos obtidos quanto à presença de microrganismos indicadores, as análises foram interrompidas. Uma última coleta foi realizada em maio de 2001 a fim de verificarem-se possíveis alterações nas concentrações dos microrganismos indicadores.

4.1.3 Análises físicas, químicas e microbiológicas para caracterização do lixiviado

Foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas no lixiviado das células de codisposição por um período de aproximadamente 850 dias, nos quais se inclui o

período referente à recirculação, que ocorreu nos últimos 140 dias de operação das células e que será descrito posteriormente. Nas tabelas do Anexo A, os resultados referentes a este período aparecem sombreados.

As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Saneamento do IPH da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e as análises microbiológicas, no Laboratório de Patologia de Ruminantes do Centro de Pesquisas Veterinárias Desidério Finamor (CPVDF), com o apoio da Médica Veterinária Rosane Maia Machado.

Em dois momentos, durante o transcorrer do experimento, o lixiviado das células de codisposição foi submetido a análises microbiológicas no laboratório particular *Pró-Ambiente* para a identificação de algumas espécies de interesse. Aos 183 e 293 dias de operação das células foram pesquisados *Staphylococcus aureus*, CTB aeróbias, *Shigella sp*, *Proteus sp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Leptospira spp*, clostrídios sulfito-redutores, *Streptococcus sp*, *Vibrio cholerae* e Rotavírus.

Os resultados relativos a essas análises são apresentados nas Tabelas A16, A17, A18 e A19 e Figuras A1, A2 e A3 do Anexo A.

4.1.3.1 Análises físicas e químicas do lixiviado das células de *Codisposição*

O procedimento analítico para as análises do lixiviado foi realizado segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, (1995).

Na Tabela 4.6, são apresentadas as variáveis analisadas durante a execução da primeira etapa do trabalho. Prossegue-se com a análise das mesmas variáveis na Etapa 2, tendo em vista que se desejava acompanhar as características do lixiviado também durante a operação de recirculação.

Tabela 4.6 – Variável, método de análise, unidade, local de realização e frequência de análise do lixiviado das células de codisposição.

Parâmetro	Método*	Unidade	Local de realização e frequência
Condutividade	Potenciométrico	micromhos/cm	IPH – semanal
Cor aparente	Potenciométrico	mg Pt/L	IPH – semanal
pH	Potenciométrico	-	IPH – semanal
Potencial redox	Potenciométrico	mV	IPH – semanal
Turbidez	Nefelométrico	UNT	IPH – semanal
DBO ₅ total	Titulométrico	mg/L	IPH – semanal
DQO total	Titulação em refluxo fechado	mg O ₂ /L	IPH – semanal
NTK	Macro-kjeldahl	mg/L	IPH – semanal
Amônia	Titulométrico	mg NH ₃ -N/L	IPH – semanal
Cádmio	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Cálcio	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Chumbo	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Cobre	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Cromo	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Ferro	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Magnésio	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Manganês	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Níquel	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Potássio	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Sódio	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Zinco	Absorção atômica	mg/L	IPH – semanal
Ácidos voláteis como HAC**	Cromatografia gas.	mg/L	IPH – semanal
Sólidos totais	Gravimétrico	mg/L	IPH – semanal
Sólidos fixos	Gravimétrico	mg/L	IPH – semanal
Sólidos voláteis	Gravimétrico	mg/L	IPH – semanal
Dióxido de carbono	Cromatografia gasosa	%	IPH – semanal
Gás metano	Cromatografia gasosa	%	IPH – semanal
Gás nitrogênio	Cromatografia gasosa	%	IPH – semanal
Volume lixiviado	Hidrometria	m ³	IPH – semanal
Temperatura das células	Direto	°C	IPH – semanal
Coliformes totais	Métodos bioquímicos de microbiologia clássica	-	CPVDF- Centro de Pesquisas Veterinárias Desidério Finamor
Coliformes fecais			
Mesófilos hemolíticos			
Clostrídios sulfito-redutores			

*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995.

** Considerando que a maior contribuição em termos de ácidos voláteis é devida ao ácido acético, calculou-se a concentração de ácido acético equivalente, através da multiplicação dos resultados obtidos para cada ácido pela massa molar do ácido acético e divisão pela massa molar de ácido respectivo, somando-se posteriormente todos os resultados obtidos. Obteve-se assim a concentração do ácido em termos de ácido acético, também denominada concentração de ácido acético equivalente.

4.1.3.2 Análises microbiológicas para caracterização do lixiviado

Neste trabalho, as análises microbiológicas buscaram comparar a concentração de microrganismos indicadores de patogenicidade do lixiviado das seis células de codisposição. Para isso, foram escolhidos como microrganismos indicadores os coliformes totais, coliformes fecais, mesófilos hemolíticos e clostrídios sulfito-redutores.

A metodologia empregada nas análises microbiológicas seguiu as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1995), e os meios de cultura de eleição foram os abaixo descritos. Em todas as análises foram utilizadas triplicatas.

Na avaliação da presença de coliformes totais e fecais, foi utilizado o método presuntivo dos números mais prováveis (tubos múltiplos), e os meios de cultura foram o caldo lactosado com indicador de produção de gás (tubo de Duran) incubado a 37°C por 24-48 horas para os coliformes totais e caldo Verde Brilhante e Bile com indicador de produção de gás (tubo de Duran) incubado a 44°C por 24-48 horas.

Para a verificação da presença de bactérias mesófilas hemolíticas, o meio de cultura utilizado foi o Ágar Sangue de Carneiro a 10%, incubado a 37°C por 24 horas.

A presença de clostrídios sulfito-redutores foi avaliada em meio de *Tarozzi* selado com parafina sólida. Após a inoculação, as amostras foram aquecidas em banho-maria a 100 °C, durante 10 min, e após incubadas a 37°C por 24 horas.

As Figuras C31 a C35 ilustram as análises realizadas.

4.2 Etapa 2 (Recirculação) – Recirculação do lixiviado sobre células com cobertura de macrófitas.

Nesta etapa, estudou-se a influência da recirculação do lixiviado em termos de redução do volume, através da evaporação promovida pela disposição do lixiviado sobre a superfície superior das células, e da atenuação de poluentes, estudando-se também a influência de macrófitas nesse processo. O lixiviado de cada célula foi recirculado unicamente sobre a célula de origem. Este procedimento foi realizado semanalmente a partir do 694º dia

do experimento, prosseguindo até o 848º. dia, momento em que as observações relativas ao desempenho das células foram encerradas.

A escolha da espécie vegetal a ser plantada sobre as células como auxiliar no processo de depuração do lixiviado foi definida a partir do estudo do poder germinativo de quatro espécies de macrófitas na presença e ausência de lixiviado bruto, em escala de bancada, com o intuito de verificarem-se os efeitos do lixiviado sobre o poder germinativo dessas espécies vegetais, identificando, dessa forma, a espécie que melhor se adaptasse às aplicações de lixiviado na situação de campo. No item 4.2.2, é apresentada a metodologia utilizada nesse experimento de apoio.

Definida a espécie vegetal, realizou-se a semeadura e aguardou-se seu crescimento. Assim a recirculação de lixiviado foi iniciada somente depois que as macrófitas já apresentavam um considerável desenvolvimento.

A recirculação de lixiviado consistiu na disposição de todo o volume de lixiviado gerado por uma célula sobre a argila de recobrimento desta mesma célula. Note-se que os volumes lixiviados de cada célula eram naturalmente diferentes entre si. Em um primeiro momento, pretendia-se manter o mesmo volume recirculado em todas as células, em função da análise estatística, mesmo que fosse necessário descartar uma parcela do lixiviado gerado pelas células que o gerassem em maior quantidade.

Entretanto esse procedimento se mostrou inviável. Como exemplo, tem-se a Célula C5 que, em determinado momento, deixou de apresentar lixiviado, o que não aconteceu nas outras células. Na maioria dos dias, a quantidade de lixiviado coletada desta célula era suficiente somente para realizarem-se as análises de rotina. E, em alguns dias, não havia volume suficiente nem para isso. Além disso, seria necessário recolher o volume de todas as células antes de realizar-se a recirculação, a fim de saber qual delas apresentaria um menor volume, o qual serviria de padrão para as restantes.

Tendo em vista que havia uma diferença de nível de aproximadamente 4 m entre a superfície superior das células e a saída do dreno de lixiviado, a recirculação foi realizada através de sistema de bombeamento, utilizando-se bomba de sucção. O volume de lixiviado recalçado foi medido em baldes de 20 L. Havia dois baldes. Enquanto um, já cheio, era

descarregado sobre a argila de recobrimento da célula, o outro era carregado. Este trabalho foi realizado uma vez por semana, ou em todas as vezes que houve coleta de lixiviado para análise, durante aproximadamente cinco meses.

A Tabela A14a do Anexo A apresenta os volumes recirculados, e as Fotos C36 a C39 do Anexo C, as operações referentes à recirculação.

Observe-se que, somente a partir do 694º dia do experimento, iniciou-se a recirculação. Essa medida foi adotada propositadamente, considerando-se que dados da bibliografia sugerem que a recirculação não se inicie antes deste momento, ou seja, antes do perfeito estabelecimento da fase metanogênica, sob pena de provocar falhas no desempenho das células, como o azedamento dos reatores (PINTO, 2000).

É necessário observar que as análises físicas e químicas do lixiviado das células, realizadas ao longo da primeira etapa, não foram interrompidas após o início da etapa de recirculação, justamente, porque estes resultados indicariam a eficiência da operação de recirculação. Nas Tabelas do Anexo A, os resultados correspondentes a este intervalo são apresentados com sombreamento, a fim de indicar a mudança de etapa.

4.2.1 Distribuição de macrófitas sobre as células de codisposição

Sabe-se que o sistema radicular de algumas macrófitas possui uma grande capacidade de aprisionamento de metais e outros poluentes, sendo ainda bastante eficiente em termos da oxigenação que promove ao seu redor, e, por conseguinte, promovendo o aprisionamento desses mesmos poluentes. Normalmente a maioria das macrófitas possui uma boa resistência a efluentes com elevada concentração de matéria orgânica, mas apesar disso, optou-se por verificar a resistência de algumas espécies de macrófitas, quando submetidas a aplicações sistemáticas de lixiviado de aterro sanitário. Realizou-se, portanto, o teste do poder germinativo de quatro espécies vegetais, eleitas segundo a estação do ano em que se desenvolvem e entre gramíneas e leguminosas.

De acordo com o experimento referente ao poder germinativo, apresentado no item 4.2.2, apesar de aveia e ervilhaca terem apresentado semelhantes poderes germinativos, foi selecionada para ser semeada sobre a argila de recobrimento das células de codisposição a

leguminosa de inverno ervilhaca, por ser uma leguminosa e por esse motivo apresentar nódulos em seu sistema radicular, os quais são eficientes na remoção de compostos de nitrogênio.

Não foi cogitada a utilização das culturas de verão, pois o plantio deveria ocorrer no final de março – início do outono.

Inicialmente, utilizaram-se 300 g de sementes de ervilhaca da marca CRA – Central Riograndense de Agroinsumos Ltda, em faixas de solo. Essa semeadura foi realizada no dia 27 de março de 2001.

A Figura C36 do Anexo C apresenta a faixa da leguminosa ervilhaca que se desenvolveu após o plantio, de metro em metro, como indicado pelo fabricante da semente, sobre a cobertura de argila da célula.

Tendo em vista que a quantidade de semente recomendada pelo fabricante pareceu ser insuficiente para os propósitos do trabalho, depois de um mês, resolveu-se distribuir por toda a superfície das células a mesma quantidade de sementes inicialmente utilizada, ou seja, mais 300 g. Portanto, ao todo, cada célula recebeu 600 g de sementes de ervilhaca.

As Figuras C37, C38 e C39 apresentam a realização da recirculação de lixiviado propriamente dita e o aspecto das plantas após a germinação.

4.2.2 Estudo do poder germinativo de quatro culturas vegetais semeadas em substrato argiloso, na presença e ausência de lixiviado

Este experimento de apoio foi montado no Laboratório de Análises de Sementes da FEPAGRO/RS.

Com o intuito de selecionar uma espécie de macrófita para atuar como auxiliar no processo de depuração do lixiviado recirculado sobre as células de aterro sanitário, na etapa denominada *Recirculação*, foi estudado o poder germinativo de quatro espécies de forrageiras, usando como fonte de umidade, lixiviado bruto de aterro sanitário ou água deionizada. Foram elas:

- Ervilhaca (*Vicia sativa*): leguminosa de inverno;
- Aveia preta (*Avena strigosa*): gramínea de inverno;
- Alfafa (*Medicago sativa*): leguminosa de verão; e
- Pensacola (*Paspalum notatum*): gramínea de verão.

As legendas a seguir foram utilizadas para facilitar a apresentação dos resultados.

- E: ervilhaca com água deionizada;
- Av: aveia preta com água deionizada;
- Al: alfafa com água deionizada; e
- P: pensacola com água deionizada.
- **E**: ervilhaca com lixiviado;
- **Av**: aveia preta com lixiviado;
- **Al**: alfafa com lixiviado; e
- **P**: pensacola com lixiviado.

Foram comparadas as culturas de inverno entre si e as culturas de verão entre si, na ausência e presença de lixiviado, quanto ao poder germinativo.

Tendo em vista que, das duas culturas de verão selecionadas para o teste, uma foi gramínea e a outra, leguminosa, comparou-se gramínea com leguminosa. Isso valeu também para as outras duas culturas de inverno estudadas. A escolha de gramínea e leguminosa foi proposital, tendo em vista que era interesse da pesquisa verificar qual se adaptaria melhor às aplicações de lixiviado.

As Figuras C40 a C57 apresentam todo o procedimento de montagem deste experimento, além do acompanhamento do crescimento das sementes.

Foram utilizadas quatro replicatas para cada espécie e sua respectiva forma de umidificação, ou seja, cada espécie que recebeu lixiviado foi semeada em quatro caixas. O mesmo foi feito para as sementes que receberam água deionizada. As sementes foram semeadas equidistantemente com prensa de marcação para semeadura, em caixas de 11 x 11

cm, contendo 300 g de argila pesados em balança Marte LC20 Máx.: 20 kg Precisão: 5 g - 110 V . Cada caixa recebeu 100 sementes, em fileiras de 10 unidades cada. Depois de dispostas nas caixas, as sementes receberam uma única aplicação de 30 mL de água deionizada ou 30 mL de lixiviado. Tanto o lixiviado quanto a água deionizada foram aplicados sobre a argila com aspersor de jardim. Observe-se que o lixiviado utilizado não teve origem nas células de codisposição montadas para a primeira etapa deste trabalho. Na Tabela 5.6, é apresentada a caracterização do lixiviado utilizado para a umidificação do substrato argiloso. A argila em que foram plantadas as sementes foi recolhida no Aterro Sanitário da Extrema (Lami-POA) e compactada nas caixinhas para aproximar, tanto quanto possível, as condições experimentais das condições encontradas em um aterro sanitário.

Depois de montadas (com argila, sementes e lixiviado ou água deionizada), as caixinhas foram colocadas por cinco dias em geladeira a 7°C para quebrar a dormência. Depois desse período, as sementes de inverno foram mantidas em câmara fria a 18°C, e as sementes de verão foram mantidas em incubadora a 28°C por treze dias, findo os quais, foram obtidos os resultados referentes ao poder germinativo das sementes nesse período. Foram obtidos resultados em termos do número de sementes germinadas *normais*, *anormais* e *duras/mortas*.

Como pode ser visto nas Figuras 4.1 e 4.2, foram montados dois blocos com dezesseis caixas cada um. Um dos blocos continha as sementes de inverno e o outro, as sementes de verão. O bloco das sementes de inverno continha oito caixas com ervilhaca (leguminosa de inverno) e oito caixas com aveia preta (gramínea de inverno). Quatro caixas de ervilhaca receberam aplicações de lixiviado (30 mL/caixa), e as outras quatro receberam água deionizada (30 mL/caixa). Da mesma forma, procedeu-se com a aveia: quatro caixas receberam lixiviado e as outras quatro receberam água deionizada. O bloco das sementes de verão continha as espécies alfafa (leguminosa de verão) e pensacola (gramínea de verão). Foram montadas oito caixas com pensacola e oito caixas com alfafa. Quatro caixas de pensacola receberam aplicações de lixiviado (30 mL/caixa), e as quatro caixas restantes receberam aplicações de água deionizada (30 mL/caixa). Da mesma forma, procedeu-se com a alfafa: quatro caixas receberam lixiviado e as outras quatro receberam água deionizada. Assim, mesmo considerando que o efeito da posição das caixas em um experimento de dimensões tão reduzidas não fosse influenciar os resultados, foi utilizada a tabela de números aleatórios (HALD, 1970) para decidir a disposição das caixas no ambiente frio.

As Figuras 4.3 a 4.8 se referem à forma como foram apresentados os resultados obtidos, e as caixas sombreadas se referem à ervilhaca e alfafa, leguminosas de inverno e verão respectivamente. Essa diferenciação visual foi promovida para uma melhor interpretação do experimento.

E①	E②	Av①	<u>Av①</u>
<u>Av②</u>	<u>E①</u>	<u>Av③</u>	E③
Av②	E④	<u>E②</u>	Av③
Av④	<u>E③</u>	<u>Av④</u>	<u>E④</u>

Figura 4.1 – Posição das caixas de culturas de inverno

Al①	Al②	P①	<u>P①</u>
<u>P②</u>	<u>Al①</u>	<u>P③</u>	Al③
P②	Al④	<u>Al②</u>	P③
P④	<u>Al③</u>	<u>P④</u>	<u>Al④</u>

Figura 4.2 – Posição das caixas de culturas de verão

88	87	78	<u>72</u>
<u>74</u>	<u>68</u>	<u>66</u>	88
86	86	<u>74</u>	84
81	<u>74</u>	<u>72</u>	<u>67</u>

Figura 4.3 – Número de sementes germinadas normais de inverno.

76	64	75	<u>66</u>
<u>69</u>	<u>72</u>	<u>65</u>	68
75	70	<u>84</u>	73
77	<u>82</u>	<u>64</u>	<u>79</u>

Figura 4.4 – Número de sementes germinadas normais de verão.

8	12	5	<u>1</u>
<u>12</u>	<u>21</u>	<u>11</u>	9
5	10	<u>8</u>	5
0	<u>9</u>	<u>11</u>	<u>15</u>

Figura 4.5 – Número de sementes germinadas anormais de inverno.

5	0	0	<u>2</u>
<u>2</u>	<u>4</u>	<u>2</u>	3
0	0	<u>0</u>	0
0	<u>0</u>	<u>3</u>	<u>1</u>

Figura 4.6 – Número de sementes germinadas anormais de verão.

4	1	17	<u>27</u>
<u>14</u>	<u>11</u>	<u>23</u>	3
9	4	<u>18</u>	11
19	<u>17</u>	<u>17</u>	<u>18</u>

Figura 4.7 – Número de sementes duras e mortas de inverno.

19	36	25	<u>32</u>
<u>29</u>	<u>24</u>	<u>33</u>	29
25	30	<u>16</u>	27
23	<u>18</u>	<u>23</u>	<u>20</u>

Figura 4.8 – Número de sementes duras e mortas de verão.

4.3 Etapa 3 (Inoculação) – Inoculação de microrganismos indicadores em lixiviado de aterro sanitário bruto e esterilizado e estudo das curvas de crescimento bacteriano

Este experimento de apoio buscou estudar, através da curva de crescimento bacteriano, o comportamento de três espécies de bactérias indicadoras do crescimento e sobrevivência de bactérias patogênicas, quando inoculadas em lixiviado estéril de aterro sanitário (*in vitro*), sob três diferentes condições de pH. Dessa forma, propôs-se utilizar o lixiviado como meio de cultura, considerando que este meio, por conter matéria orgânica, macro e micro-elementos, constitui-se em meio de cultura complexo para bactérias.

Tendo em vista que, em um aterro sanitário, se estabelecem diferentes faixas de pH ao longo do tempo, julgou-se interessante verificar o comportamento dos microrganismos em cada uma das diferentes condições estabelecidas para células de aterro sanitário reais – ácida, neutra e básica –, utilizando-se ácido acético *pa.*, com o intuito de ajustar-se o pH do lixiviado às faixas de pH desejadas. Foram adotados os pH 5, 7 e 9.

A escolha do ácido acético para ajustar o pH do meio para as condições desejadas se deveu ao fato de ser este o ácido gerado em maior quantidade no processo de degradação anaeróbia de resíduos em células de aterro sanitário.

Foram estudadas as espécies *Escherichia coli* (proveniente do *American Type Culture Collection* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923). A escolha dessas espécies deveu-se ao fato de serem elas consideradas *microrganismos indicadores*, além de serem microrganismos comumente

encontrados em estabelecimentos de serviços de saúde. Isso significa que estas espécies indicam a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos no meio, sem que, contudo, sejam elas próprias necessariamente patogênicas.

A presença de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus* é indicadora da existência de microrganismos mesófilos hemolíticos (microrganismos que atuam na faixa de temperatura do corpo humano, capazes de lisar as hemácias) no meio, sendo representantes, respectivamente, de bactérias Gram-negativas e Gram-positivas. Adicionalmente, a presença da *Escherichia coli* indica a existência de coliformes fecais, ou seja, de microrganismos comumente presentes no aparelho digestivo de animais de sangue quente.

A seguir será apresentada a estrutura física do experimento de inoculação e, na seqüência, serão descritos os procedimentos realizados.

4.3.1 Estrutura física do experimento de inoculação e material utilizado nas análises

Foram utilizados doze reatores (Figura C62 do Anexo C), montados em frascos de vidro de 3L de capacidade (preenchidos com 1L de lixiviado), divididos em três conjuntos de quatro reatores, de acordo com os diferentes valores de pH já mencionados. Os reatores RA1, RA2 e RA3 (triplicatas) continham lixiviado com pH 5; os reatores RB1, RB2 e RB3 (triplicatas) continham lixiviado com pH 7, e os reatores RC1, RC2 e RC3 (triplicatas) possuíam lixiviado com pH 9. Os reatores BrA, BrB e BrC, que aparecem na Figura C62 do Anexo C, são reatores de controle, que possuem o mesmo pH do conjunto respectivo, mas não receberam o inóculo de microrganismos. Todos os reatores, tanto os de controle quanto aqueles que receberam o inóculo de microrganismos, foram mantidos em estufa a temperatura constante de 25°C, durante todo o período em que se realizou o experimento. A Figura 4.9 apresenta um esquema do conjunto de reatores utilizados no experimento, e as Figuras C58 a C64 do Anexo C ilustram o trabalho com fotos.

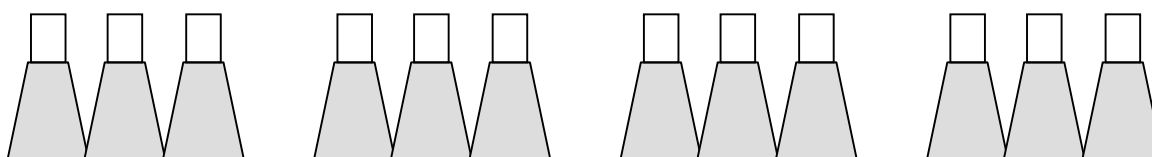


Figura 4.9 – Esquema representativo dos reatores utilizados no experimento de inoculação.

4.3.2 Etapas desenvolvidas no experimento de inoculação

As etapas citadas a seguir foram realizadas durante o experimento de Inoculação de microrganismos em lixiviado de aterro sanitário bruto e esterilizado no Centro de Pesquisas Veterinárias Desidério Finamor (CPVDF), com o auxílio das Médicas Veterinárias Rosane Maia Machado e Vanessa Felipe de Souza. Uma listagem das etapas é apresentada a seguir, respeitando-se a ordem em que tais etapas foram executadas.

Para facilitar o entendimento, a seguir será apresentado um resumo das etapas executadas desde a obtenção, passando pela inoculação da solução-mãe nos reatores, até a obtenção da concentração do microrganismo inoculado ao longo do tempo. Como já foi dito, todos os procedimentos foram executados para os três microrganismos estudados.

4.3.2.1 Esterilização do lixiviado em autoclave

O lixiviado utilizado como meio de cultura foi esterilizado previamente em autoclave por 45 min a 121 °C (Figura C58 do Anexo C), tendo em vista que seria impossível verificar, através da metodologia de análise escolhida, a presença dos microrganismos de interesse em meio à variada microbiota do lixiviado. O lixiviado foi levado à autoclavagem nos próprios reatores. Antes de serem levados à autoclave, os bocais dos reatores receberam bucha, papel pardo e papel alumínio para garantir ambiente completamente estéril em seu interior, mesmo durante o seu manuseio em ambiente não esterilizado. A esterilização foi, portanto, uma forma de garantir que, após a inoculação, no interior dos reatores, houvesse somente uma única espécie, – a espécie do microrganismo estudado no momento.

4.3.2.2 Ajuste do pH dos reatores

Com ácido acético *pa.*, ajustou-se o pH dos reatores para os valores 5 e 7. Para os reatores de pH 9, nenhum ajuste precisou ser feito, tendo em vista que este era o pH inicial do lixiviado após a esterilização.

4.3.2.3 Obtenção de cepas liofilizadas provenientes do ATCC

As amostras foram gentilmente cedidas pela Dra. Marisa Cardoso, da Faculdade de Veterinária – UFRGS, acondicionadas em *Eppendorf* e conservadas em geladeira durante o período do experimento, caso fosse necessário repeti-lo.

4.3.2.4 Rehidratação das cepas liofilizadas

Transferiu-se, com alça de platina, uma pequena quantidade de amostra para um tubo de ensaio com 10 mL de BHI caldo (37°C / 18 h) a fim de fornecer nutrientes aos microrganismos e revitalizá-los.

4.3.2.5 Semeadura em placa de *Petry* por esgotamento

Com alça, realizou-se a semeadura por esgotamento em placa de *Petry* contendo ágar-sangue, segundo metodologia usual e incubação a 37°C durante 18h. Este procedimento levou à obtenção de colônias isoladas.

4.3.2.6 Preparação da solução-mãe

Foi preparada uma solução concentrada de microrganismos (solução-mãe), transferindo uma colônia isolada para tubo de ensaio contendo 10 mL de BHI caldo, segundo metodologia usual e incubação a 37°C durante 18h. No item 4.3.4, apresentam-se, em maior detalhe, os procedimentos executados nessa etapa do trabalho.

4.3.2.7 Titulação da solução de microrganismos multiplicados em caldo BHI

Este procedimento foi realizado a fim de titular a solução-mãe para descobrir sua concentração. Foram realizadas diluições sucessivas, em base 10, a partir de 1mL da solução mãe em 9 mL de água esterilizada/deionizada até a diluição 10^{-13} . Foram semeados 0,3 mL de cada diluição em placa, por esgotamento conforme descrito anteriormente, seguido de incubação a 37°C durante 18h. Após este período, foi realizada a leitura das placas.

4.3.2.8 Cálculo do volume de solução-mãe a inocular nos reatores

Foi calculado o volume a adicionar nos reatores (três reatores de pH 5, três reatores de pH 7, três reatores de pH 9). O volume obtido através do cálculo para a concentração inicial de solução-mãe foi muito baixo. Como a concentração de microrganismos obtida foi muito elevada, fez-se necessário realizar diluições de ajuste da solução-mãe, a fim de reduzir a possibilidade de erro durante a pipetagem.

4.3.2.9 Inoculação da solução-mãe diluída no lixiviado

Dos 10 mL de solução-mãe produzidos, foram inoculados, após diluição, 1 mL de solução diluída em cada reator, cujas concentrações são apresentadas na Tabela 4.7. Fique claro que, conforme já foi mencionado, a solução-mãe preparada a partir de *S. aureus* não sofreu diluição. Além disso, o volume dessa solução inoculado nos reatores foi menor: 200 μL .

4.3.2.10 Coleta de amostras

Foram colhidas amostras de 1 mL de lixiviado dos reatores, com pipeta esterilizada e individual para diluição, dispondo a alíquota em tubo de ensaio de 9 mL de água destilada estéril.

4.3.2.11 Plaqueamento

Foram inoculadas 3 gotas ou 0,3 mL das diluições mais adequadas, escolhidas em projeto piloto, em placas de Petry contendo BHI sólido e semeadas por esgotamento, espalhando o líquido com alça de *Grigalsky*. As placas foram incubadas a 37°C durante 18 a 24h.

4.3.2.12 Coleta e contagem

A coleta e contagem dos microrganismos foram efetuadas após 18 horas do plaqueamento. Eram contadas somente as placas que apresentavam um número de colônias

entre 30 e 300. Se, por algum motivo, o número de colônias ficasse fora desse intervalo, o teste era repetido com outra diluição mais adequada.

O trabalho de coleta e contagem prosseguiu, de 24 em 24 h ou em intervalos de tempo maiores, até $t = 528$ h para *E. coli*, $t = 168$ h para *P. aeruginosa* e $t = 322$ para *S. aureus*. Com esses dados foram montadas as Tabelas A20.1, A20.2 e A20.3 e as Figuras A4, A5 e A6, apresentadas no Anexo A.

4.3.3 Caracterização do lixiviado utilizado na etapa de inoculação

Como já foi mencionado no item 4.3.2.1, o lixiviado utilizado nesta etapa do trabalho precisou ser esterilizado. Sua caracterização foi realizada antes e após a esterilização, e os resultados são apresentados na Tabela 5.16.

Observe-se que não são grandes as diferenças entre os valores das variáveis antes e após a esterilização.

4.3.4 Obtenção da solução de microrganismos (solução-mãe)

A solução-mãe foi produzida através da obtenção de cepas liofilizadas, provenientes do *American Type Culture Collection* (ATCC) e inoculação de microrganismos, em solução de caldo BHI, oriundos de uma colônia isolada do microrganismo de interesse, coletados com alça, em placa de cultivo, com ágar-sangue.

Tendo em vista que esta etapa do trabalho buscava estudar o comportamento de três espécies distintas de microrganismos, foram preparadas três soluções-mãe, separadamente, para cada um dos microrganismos de interesse. As soluções não foram preparadas no mesmo momento, mas, para facilitar o entendimento, as operações realizadas serão descritas conjuntamente.

Por se tratar de uma solução de organismos vivos, em que as condições metabólicas de tais organismos influenciariam sobremaneira o bom desempenho do experimento, no momento da inoculação, a solução-mãe não poderia ter mais de 24 h, o que exigia que a

preparação de cada solução fosse feita um dia antes da inoculação do microrganismo respectivo.

Como já foi mencionado anteriormente, as soluções-mãe não tinham mais de 18 h, pois, transcorrido um intervalo de tempo superior a este, a concentração da solução aumentava muito, o que reduzia o volume a ser inoculado nos reatores, conforme se verifica na Equação 4.1. E, como se sabe, a medição de quantidades muito pequenas introduz grandes erros experimentais em práticas laboratoriais. Mesmo assim, tanto para *E. coli* quanto para *P. aeruginosa*, as soluções-mãe precisaram ser diluídas para que fosse possível inocular um volume maior nos reatores. O mesmo não foi feito para *S. aureus*, pois o volume de solução-mãe inoculado não foi tão baixo. A Figura 4.10 ilustra os procedimentos executados para a preparação da solução-mãe e sua posterior inoculação nos reatores.

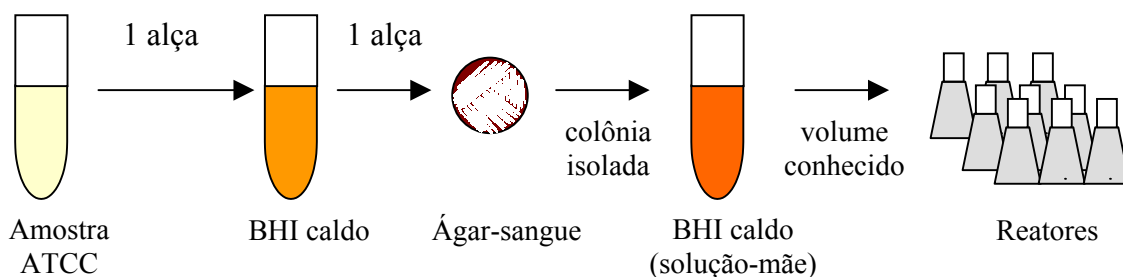


Figura 4.10 – Esquema das etapas envolvidas na preparação da solução-mãe e inoculação de microrganismos em lixiviado.

4.3.5 Cálculo do volume inoculado nos reatores

Nesse item, serão apresentados os cálculos que levaram à determinação do volume de solução-mãe inoculado nos reatores.

C_m é a concentração da solução-mãe determinada através de titulação. Esse valor foi determinado para os três microrganismos estudados, ao passo que C_0 é a concentração da solução obtida após a diluição.

$$C_m (P. aeruginosa) = 3,0 \cdot 10^9 \text{ UFC/mL diluída a } C_0 = 3 \cdot 10^7 \text{ UFC/mL (} 90 \mu\text{L / } 9 \text{ mL água);}$$

C_m (*E. coli*) = $2,0 \cdot 10^9$ UFC/mL diluída a $C_0 = 2 \cdot 10^6$ UFC/mL (10 μ L /10 mL água); e

C_m (*S. aureus*) = $6,0 \cdot 10^{16}$ UFC/mL que não sofreu diluição, portanto $C_0 = 6,0 \cdot 10^{16}$ UFC/mL.

C_1 é a concentração que se desejava estabelecer no interior dos reatores no momento inicial do experimento.

C_1 (*Pseudomonas aeruginosa*) = $3,0 \cdot 10^4$ UFC/mL, no interior dos reatores;

C_1 (*Escherichia coli*) = $2,0 \cdot 10^3$ UFC/mL, no interior dos reatores; e

C_1 (*Staphylococcus aureus*) = $1,2 \cdot 10^{13}$ UFC/mL, no interior dos reatores.

O cálculo do volume de solução-mãe a inocular nos reatores seguiu a formulação dada pela Equação 4.1.

$$V_0 = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_0} \quad (\text{Equação 4.1})$$

Em que

V_0 = volume de solução-mãe a inocular nos reatores;

V_1 = volume de lixiviado dos reatores = 1000 mL;

C_0 = concentração da solução após diluição; e

C_1 = concentração inicial do microrganismo no interior dos reatores.

Os valores obtidos foram:

$$V_0$$
 (*P. aeruginosa*) = $C_1 \cdot 1000 / C_0 = 3 \cdot 10^4 \cdot 1000 / 3 \cdot 10^7 = 1$ mL;

$$V_0$$
 (*E. coli*) = $C_1 \cdot 1000 / C_0 = 2 \cdot 10^3 \cdot 1000 / 2 \cdot 10^6 = 1$ mL; e

V_0 (*S. aureus*) = 200 μ L com a concentração da solução-mãe.

Foram produzidos 10 mL de solução-mãe para cada microrganismo estudado, cujas concentrações e respectivos códigos ATCC são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Código ATCC para os microrganismos estudados e respectivas concentrações das soluções-mãe, soluções inoculadas e concentrações iniciais dos reatores.

Código ATCC	Concentração da solução-mãe C_m (UFC/mL)	Concentração da solução inoculada C_0 (UFC/mL)	Concentração inicial dos reatores C_1 (UFC/mL)
<i>P. aeruginosa</i> – 27853	$3,0 \cdot 10^9$	$3,0 \cdot 10^7$ (1 mL)	$3,0 \cdot 10^4$
<i>E. coli</i> – 25922	$2,0 \cdot 10^9$	$2,0 \cdot 10^6$ (1 mL)	$2,0 \cdot 10^3$
<i>S. aureus</i> – 25923	$6,0 \cdot 10^{16}$	$6,0 \cdot 10^{16}$ (200 μ L)	$1,2 \cdot 10^{13}$

4.4 Metodologia de análise e interpretação dos resultados das Etapas 1, 2 e 3

Tendo em vista que este trabalho foi dividido em três etapas, a análise e interpretação dos resultados foram feitas separadamente para cada etapa, mas os resultados obtidos em cada uma foram utilizados para o entendimento da codisposição de RSSS com RSU de uma forma geral.

Os resultados relativos à análise e interpretação dos resultados são apresentados no Capítulo 5. Nos itens 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3, apresentam-se as metodologias de análise e interpretação dos resultados das Etapas 1, 2 e 3 respectivamente.

4.4.1 Etapa 1 - Codisposição

Nesse trabalho, surge a necessidade de comparar as células entre si, a fim de poder responder à seguinte questão:

- A codisposição de RSSS com RSU é uma prática aconselhável e eficaz para a destinação final de resíduos?

Surge então outra questão:

- Como comparar as células que recebem somente RSU ou somente RSSS e aquelas em que se faz a codisposição, ou seja, quais os critérios de comparação?

Acredita-se que duas questões devam ser consideradas a fim de elegerem-se os critérios de comparação:

1. o potencial de risco do lançamento de lixiviado contaminado por microrganismos patogênicos no ambiente, avaliado via presença e concentração de microrganismos; e
2. o processo propriamente dito, o qual envolve a eficiência dos reatores em termos da taxa de degradação da matéria orgânica neles contida.

Dessa forma, foram utilizados os seguintes critérios de comparação, cujos dois últimos se referem ao acompanhamento do desenvolvimento do processo:

- presença de microrganismos patogênicos no lixiviado das células de codisposição;
- taxa de degradação (constante de velocidade) do material depositado nas células; e
- gráficos que cruzam o pH das células ao longo do tempo com a razão entre o valor atual e o máximo valor da variável ao longo do tempo, construídos para cada célula separadamente. As variáveis apresentadas nesses gráficos foram amônia, DQO total, DBO₅ total e NTK.

4.4.1.1 Comparação entre as células através da presença de microrganismos indicadores de patogenicidade no lixiviado das células de codisposição

A análise, tomando por base este critério de comparação, foi feita através da análise das curvas de crescimento de microrganismos e das espécies de microrganismos encontradas no lixiviado das células de codisposição.

As Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 referem-se a valores característicos obtidos através das curvas de crescimento para as células C1 a C6. Através desses valores, foi possível

estabelecer comparações entre as células, quanto aos microrganismos indicadores de patogenicidade eleitos para representar o universo de microrganismos patogênicos possivelmente presentes nesses sistemas.

Os resultados referentes a esse critério de comparação são apresentados no Capítulo 5 – Resultados (item 5.1.17.1) e discutidos no Capítulo 6 – Discussão (item 6.1.17.1).

4.4.1.2 Comparação entre as células de codisposição através das taxas de degradação (constante de velocidade) do material depositado nas células

Descartados os efeitos da presença dos microrganismos patogênicos, resta, portanto, avaliar a taxa de degradação da matéria orgânica como um indicador da eficiência do processo nas diferentes células. Isso será feito analisando-se o aterro sanitário como se esse fosse um reator descontínuo de volume constante em que ocorrem reações múltiplas.

Assim, na construção de uma célula de aterro sanitário, procede-se da mesma forma que na escolha do melhor projeto para um reator. O que se quer é o maior rendimento do processo. Analisa-se, portanto, qual, dentre várias combinações de matéria-prima, concentração de reagentes, consumo de energia e tempo de processamento será a mais eficiente. Nesse estudo, foram testadas as combinações descritas no item 4.1.

Tendo em vista que, no projeto de um aterro sanitário, busca-se aumentar a eficiência de degradação da matéria orgânica e reduzir o volume de efluente gerado, optou-se por avaliar a taxa de degradação, ou, utilizando a linguagem do estudo de reatores, a *velocidade da reação*, como forma de comparar as células entre si.

Visualizando a situação por esse prisma, para um entendimento mais profundo do processo, duas questões deverão ser respondidas:

Questão 1: Quais as reações que podem ser esperadas?

No item 3.5, apresentam-se considerações a respeito da cinética química aplicada a aterros sanitários.

Nesse estudo, a forma escolhida para acompanhar o andamento dos reatores e determinar as constantes de velocidade foi a DQO total (uma concentração) do lixiviado das células, seguindo a primeira alternativa proposta.

Os gráficos das Figuras 4.11 a 4.16 foram construídos com o intuito de obter as constantes de velocidade “k” para as células C1 a C6, as quais correspondem ao coeficiente angular das retas formadas através dos pontos experimentais.

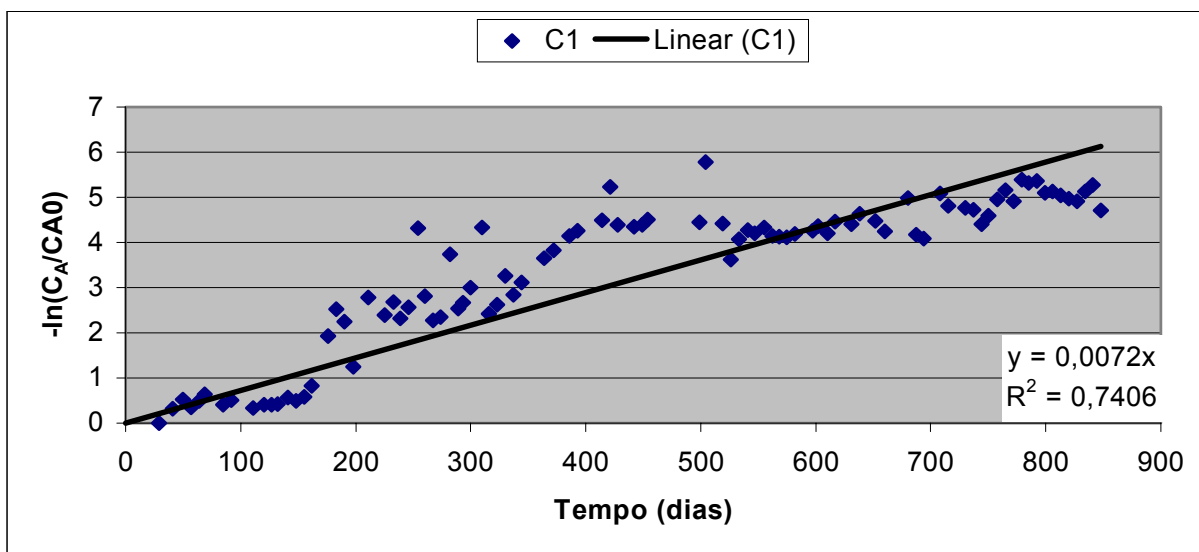


Figura 4.11 – Obtenção da constante de velocidade para equação de 1º. ordem (Célula C1).

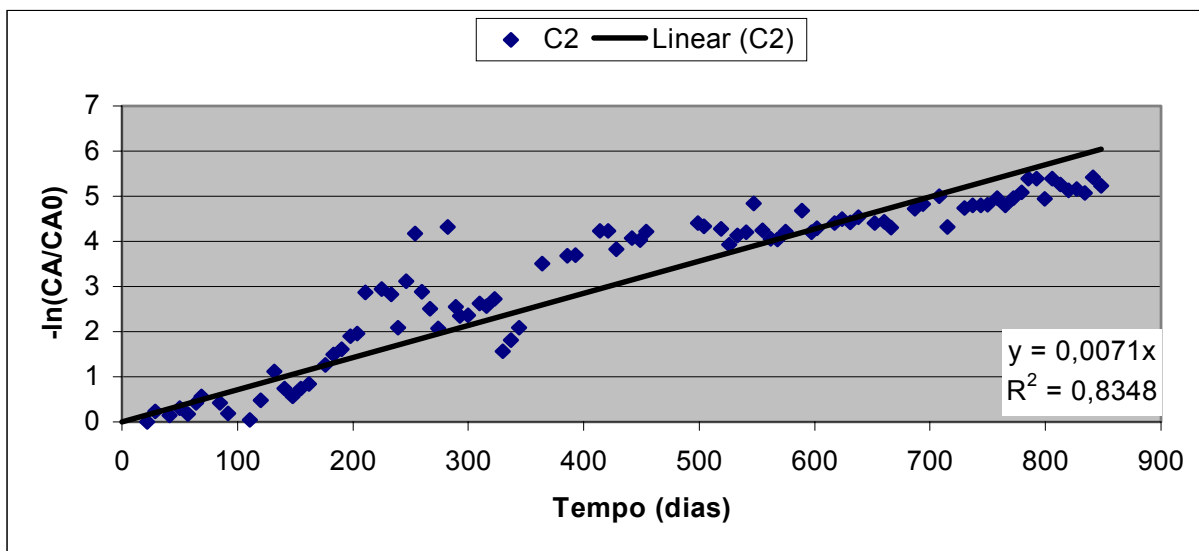


Figura 4.12 – Obtenção da constante de velocidade para equação de 1º. ordem (Célula C2).

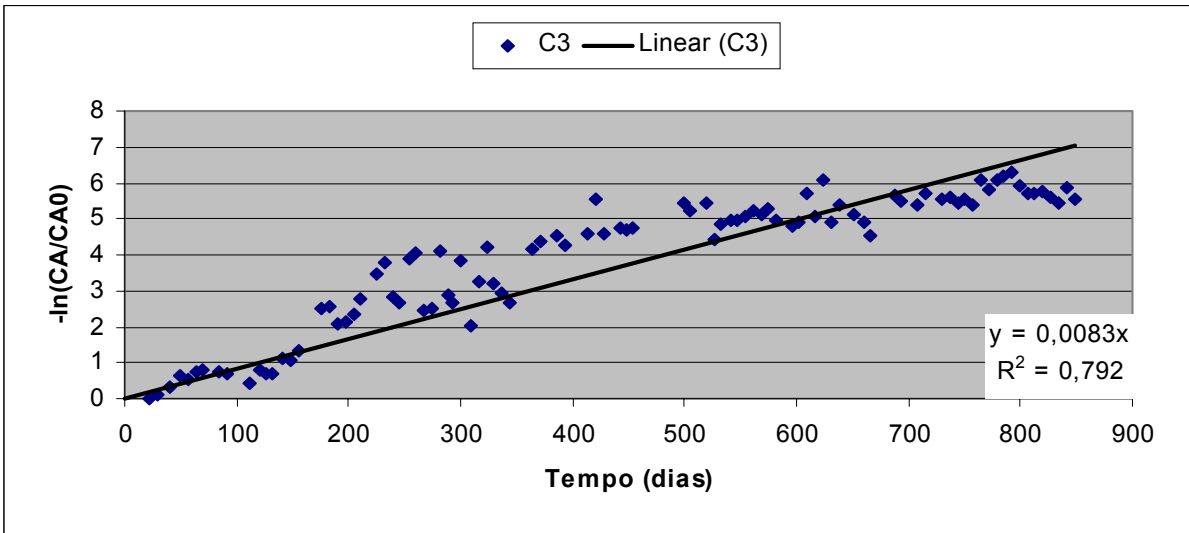


Figura 4.13 – Obtenção da constante de velocidade para equação de 1°. ordem (Célula C3).

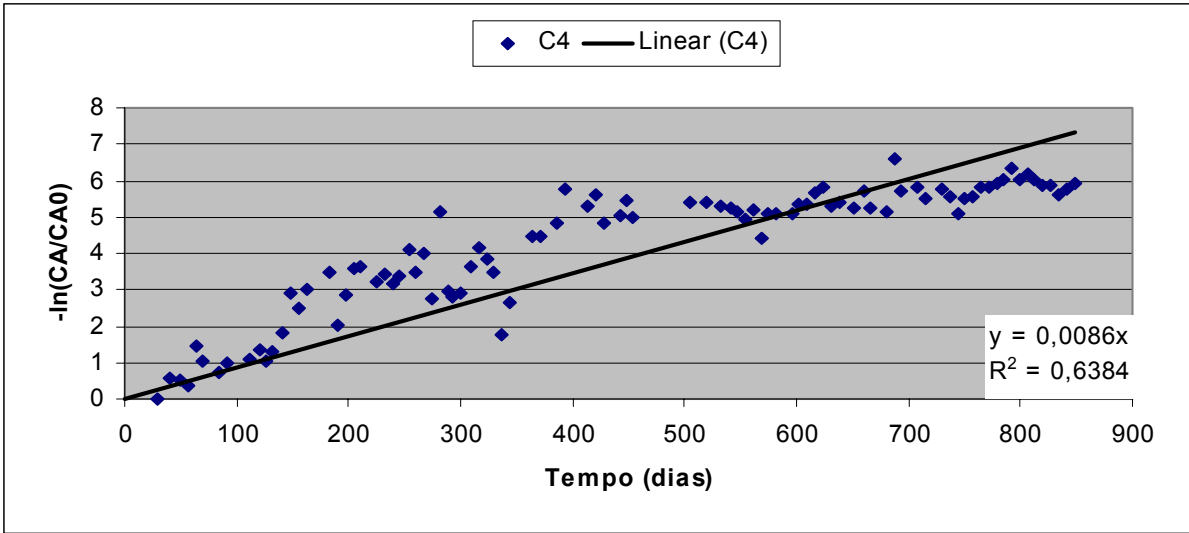


Figura 4.14 – Obtenção da constante de velocidade para equação de 1°. ordem (Célula C4).

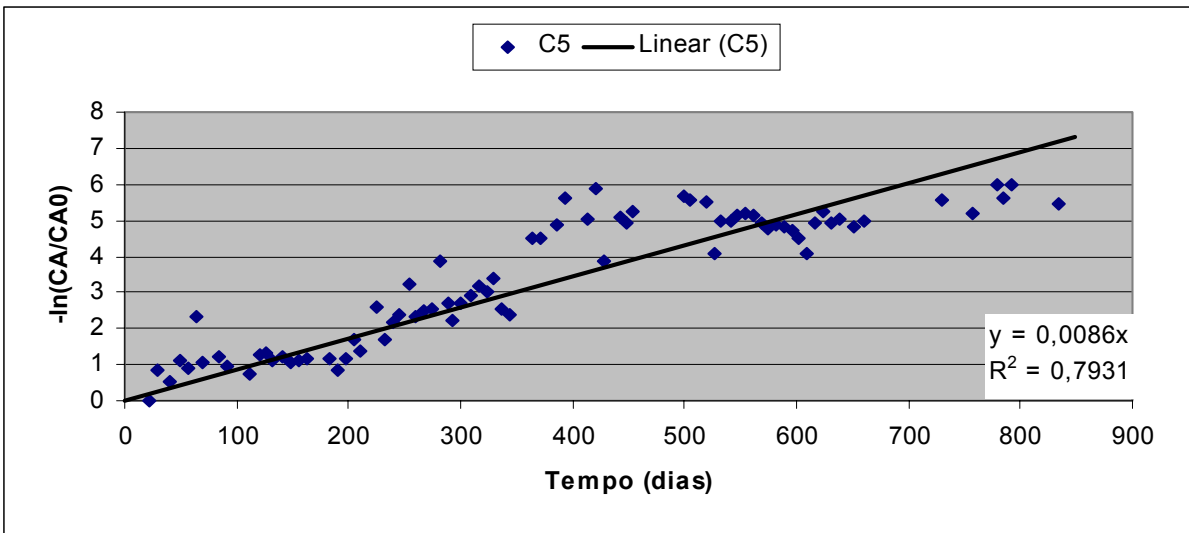


Figura 4.15 – Obtenção da constante de velocidade para equação de 1°. ordem (Célula C5).

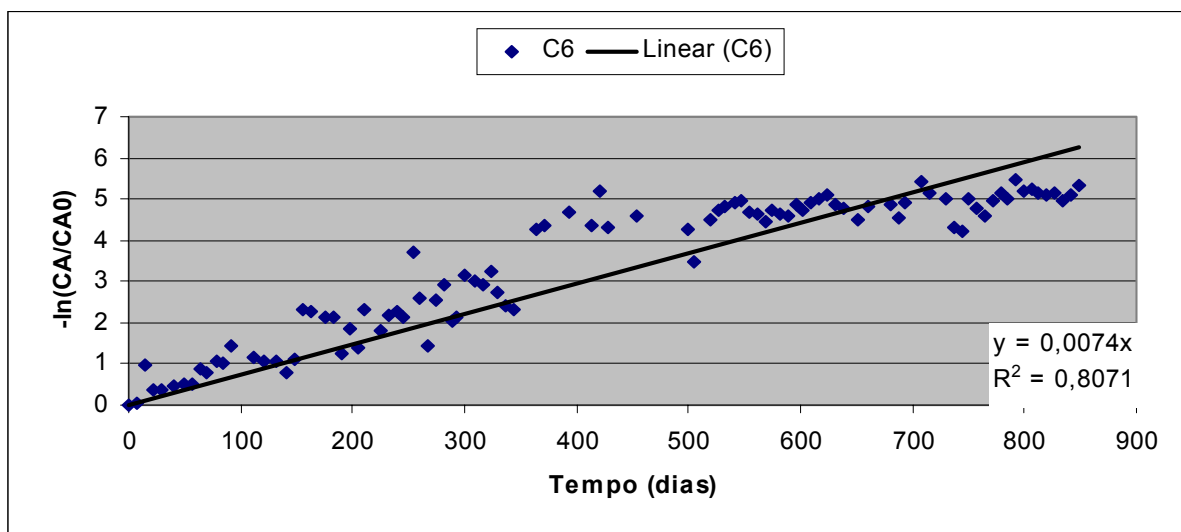


Figura 4.16 – Obtenção da constante de velocidade para equação de 1°. ordem (Célula C6).

Os valores obtidos para as constantes de velocidade através dos gráficos são dados pela inclinação da reta que explica o fenômeno:

$$kC1 = 0,0072 \text{ dia}^{-1}$$

$$kC2 = 0,0071 \text{ dia}^{-1}$$

$$kC3 = 0,0083 \text{ dia}^{-1}$$

$$kC4 = 0,0086 \text{ dia}^{-1}$$

$$kC5 = 0,0086 \text{ dia}^{-1}$$

$$kC6 = 0,0084 \text{ dia}^{-1}$$

O decaimento dos valores de DQO total segue o modelo apresentado pela Equação 3.14. Dessa forma, utilizando as constantes de velocidade obtidas, pode-se gerar equações de decaimento específicas para cada uma das células de codisposição.

E ainda, quanto maior for a inclinação da reta, maior será o valor da constante de velocidade e, portanto, maior será a velocidade da redução da concentração de DQO total do lixiviado das células.

Os resultados referentes a esse critério de comparação são apresentados no Capítulo 5 – Resultados (item 5.1.17.2) e discutidos no Capítulo 6 – Discussão (item 6.1.17.2).

As curvas de decaimento reais e dos modelos apresentadas nas Figuras 5.32 a 5.37 também são apresentadas na Tabela 5.5.

4.4.1.3 Comparação entre as células através das alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro sanitário

Esse critério de comparação é pertinente por permitir a comparação das células entre si e também com outras células conhecidas, verificando, se as células deste experimento acompanham a tendência apresentada por aterros sanitários em geral, considerando que existem gráficos referenciados na bibliografia (POHLAND et al., 1986) através dos quais é possível estabelecer comparações.

Para a utilização deste critério de comparação foram construídos gráficos que relacionam o pH das células ao longo do tempo e a razão entre o valor atual e o máximo valor da variável ao longo do tempo, construídos para cada célula individualmente. As variáveis apresentadas nesses gráficos serão pH, amônia, DQO total, DBO₅ total e NTK.

Os resultados referentes a esse critério de comparação são apresentados no Capítulo 5 – Resultados (item 5.1.17.3) e discutidos no Capítulo 6 – Discussão (item 6.1.17.3).

Através dos gráficos apresentados nas Figuras 5.38 e 5.39 a 5.44, foi possível avaliar, se existia similitude entre as células com relação às variáveis selecionadas.

4.4.2 Etapa 2 - Recirculação

Esta etapa foi composta pelos resultados da recirculação do lixiviado e do experimento de poder germinativo. A recirculação foi analisada quanto à redução de volume lixiviado e à redução das concentrações de poluentes, estabelecendo-se comparações entre as células experimentais, em continuidade à etapa de *Codisposição*, como já foi apresentado nos itens 4.4.1.1, 4.4.1.2 e 4.4.1.3.

A seguir, será apresentada a forma como foi encaminhada a análise estatística do experimento de poder germinativo.

4.4.2.1 Análise estatística do experimento de poder germinativo

Os resultados do estudo do poder germinativo foram analisados através do teste de significância da análise de variância para as sementes normais, anormais, duras/mortas, o qual é mais apropriado para o caso em que se tem mais de dois tratamentos ou variedades.

A análise de variância testa a significância das diferenças entre médias amostrais, ou seja, testa a hipótese nula de que as médias amostrais sejam todas iguais. Para a aplicação dessa ferramenta de análise estatística alguns pressupostos deverão ser considerados, sendo eles:

1. as amostras devem ser tomadas de forma aleatória;
2. as amostras devem ser independentes entre si; e deverá haver
3. distribuição normal da população de onde as amostras são extraídas (GOMES, 1984).

Relativamente ao primeiro pressuposto, foram tomadas sementes de lotes diferentes para a semeadura, o que atribuiu aleatoriedade às amostras. O segundo pressuposto que exige independência das amostras entre si também foi satisfeito, tendo em vista que as caixas montadas para observação não apresentavam qualquer forma de dependência entre si. Finalmente, considerou-se que o terceiro pressuposto foi atendido para efeito da aplicação do teste.

Foram realizados dois experimentos (inverno e verão) bifatoriais no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os fatores de variação foram compostos por dois níveis cada, ou seja, para o experimento da estação de inverno teve-se o fator espécie formado por aveia e ervilhaca, e o fator lixiviado formado por água deionizada e lixiviado. Para o experimento da estação de verão, o fator espécie formado pelos níveis pensacola e alfafa, e o fator lixiviado formado por lixiviado e água deionizada.

Tendo em vista serem nulos quase todos os resultados obtidos para as sementes anormais de inverno, utilizou-se o artifício de somar-se “0,5” a cada um deles, a fim de possibilitar a aplicação da ferramenta de análise estatística, o que não modificou o resultado final do teste.

Os níveis de significância considerados foram 5% e 1%. Quando não era constatada diferença significativa entre os tratamentos ao nível de significância 5%, não realizou-se obviamente, o teste a 1% de significância. Em tempo, quando F crítico é maior do que F calculado, não existe diferença significativa entre os tratamentos.

As respostas ao teste de análise de variância foram apresentadas para cada fator separadamente (espécie e lixiviado) e para a interação entre os fatores. Para cada um desses três casos, em não havendo diferença significativa, apresentaram-se as seguintes conclusões:

1. fator espécie: as duas espécies apresentam comportamento semelhante quanto ao poder germinativo;
2. fator lixiviado: a aplicação ou não de lixiviado não interferiu no poder germinativo; e
3. fator interação lixiviado*espécie: o comportamento de um fator não se alterou com a mudança do outro fator.

Nos casos em que se apresentou diferença significativa para os fatores espécie e lixiviado, trabalhou-se com as médias do poder germinativo.

Para as variáveis com interação espécie*lixiviado, foram comparados os níveis de lixiviado dentro de cada espécie.

Os resultados relativos a este experimento de apoio são apresentados no Capítulo 5 – Resultados.

4.4.3 Etapa 3 - Inoculação

Foi realizado um estudo quali-quantitativo das curvas de crescimento das três espécies de microrganismos estudadas, verificando-se em qual pH as espécies melhor se adaptavam e qual seu tempo de sobrevivência.

Os gráficos das curvas de crescimento são apresentados no Capítulo 5 – Resultados (item 5.3), e a discussão dos resultados é apresentada no Capítulo 6 – Discussão (item 6.3).

5 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados relativos às três etapas que compuseram este trabalho.

Tendo em vista que os resultados das análises referentes à etapa de *Recirculação* (segunda etapa) foram, para efeitos práticos, uma continuação dos resultados da etapa de *Codisposição* (primeira etapa), até o item 5.1.16, deve-se considerar que são apresentados os resultados para as duas etapas conjuntamente. Note-se, entretanto, que, nos gráficos apresentados no Anexo A, na passagem da primeira para a segunda etapa, não foi possível observar grandes variações nos resultados das grandezas analisadas, ao se tentar comparar a primeira com a segunda etapa. Isso deveu-se ao fato de as variações terem sido realmente pequenas e também ao efeito de escala dos gráficos (ocorreram variações muito pequenas que não puderam ser percebidas).

Considere-se que, ao todo, foram dois anos e meio de dados para as etapas de *Codisposição* e *Recirculação*. Agregaram-se ainda os experimentos de apoio – *Poder de Germinação*, que fez parte da segunda etapa, e *Inoculação*, que se constitui na terceira etapa do trabalho.

Nas tabelas de resultados apresentadas no Anexo A, existe referência ao que se decidiu denominar “Relatório”. Considerando terem sido realizadas coletas de gás e lixiviado para a análise de diversas variáveis durante um período bastante longo, esse número permitiu que se relacionassem os resultados de diferentes variáveis realizadas para uma mesma coleta.

5.1 Resultados da primeira etapa – *Codisposição*

As variáveis analisadas na primeira etapa para as quais são apresentados os resultados nos itens 5.1.1 a 5.1.16 foram:

1. condutividade (acompanhada de nitratos)
2. cor aparente;
3. pH;
4. potencial redox;
5. turbidez;

6. DBO₅ total;
7. DQO total;
8. NTK;
9. amônia;
10. metais;
11. ácido acético equivalente;
12. sólidos totais, fixos e voláteis;
13. gases;
14. volume lixiviado;
15. temperatura do interior das células; e
16. microrganismos indicadores.

Foi dada ênfase às análises do lixiviado, em relação ao resíduo sólido depositado nas células. Isso se justifica, porque, no caso de não ser realizado nenhum tipo de tratamento no lixiviado, é o lixiviado bruto que deixará as células, sendo recebido pelos corpos d'água, conduzindo microrganismos e poluentes que poderão infectar a população e contaminar o meio ambiente, enquanto o resíduo sólido propriamente dito fica confinado nas células.

5.1.1 Condutividade

Na Figura 5.1, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para condutividade para as células C1 a C6. Na Tabela A1 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

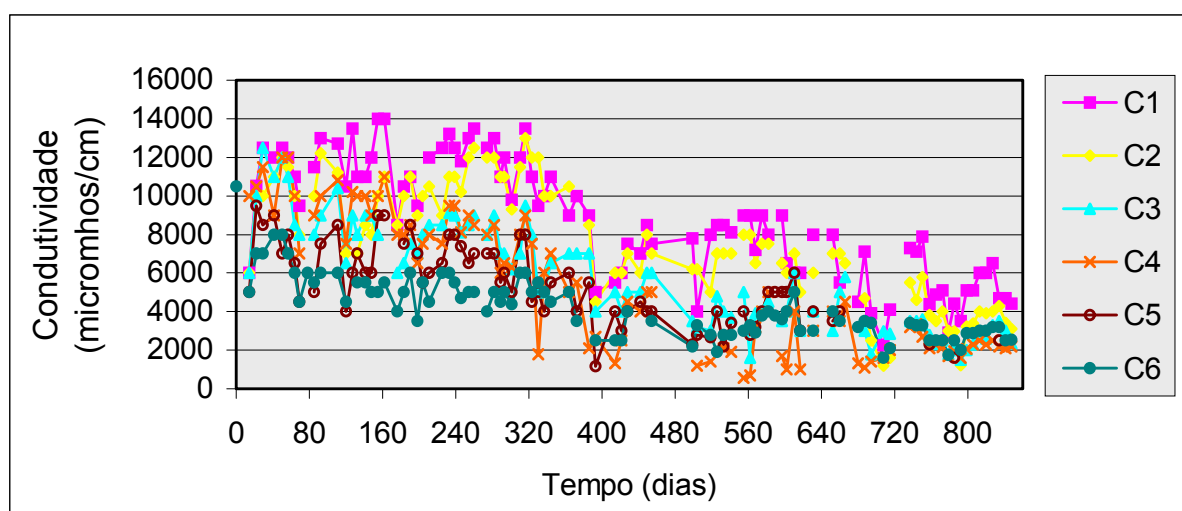


Figura 5.1 – Condutividade do lixiviado das células (µmhos/cm).

Considerando que a concentração de nitratos é um dos fatores de grande influência na condutividade, na Figura 5.2 apresenta-se o gráfico relativo à concentração de nitratos das células de codisposição.

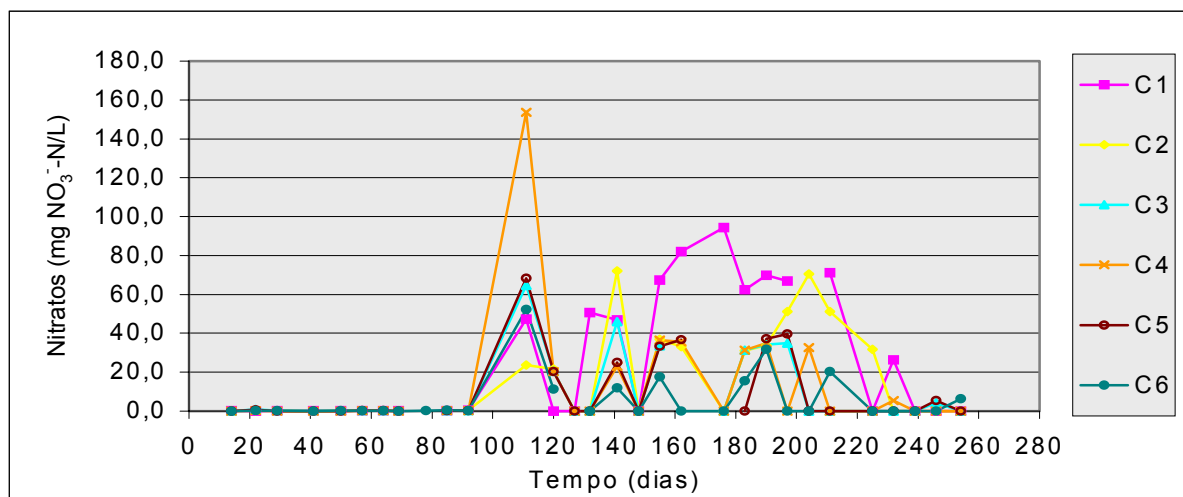


Figura 5.2 – Concentração de nitratos do lixiviado das células (mg NO₃⁻-N/L).

Os valores de condutividade variaram entre 550 µmhos/cm para a célula C4 e 14.000 µmhos/cm para a célula C1. Durante o transcorrer do experimento, os valores mais elevados de condutividade ocorreram quase sempre para a célula C1, composta somente por RSU. A tendência de os maiores valores de condutividade ocorrerem para as células com maior percentagem de RSU e, por conseguinte, com maior quantidade de material orgânico, não se manteve por todo o período de observação das células, pois, a partir do dia 300, a célula C4 iniciou uma queda mais acentuada nos valores de condutividade, quando comparada às células C5 e C6.

Considerando-se ainda a observação do conjunto de células ao longo do tempo, até o dia 400, percebe-se uma redução mais acentuada nos valores de condutividade; a partir de então, os valores continuaram se reduzindo, mas menos marcadamente, tendendo para uma estabilização em todas as células.

5.1.2 Cor aparente

Na Figura 5.3, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para cor aparente para as células C1 a C6. Na Tabela A2 do Anexo A, encontra-se a tabela de dados respectiva.

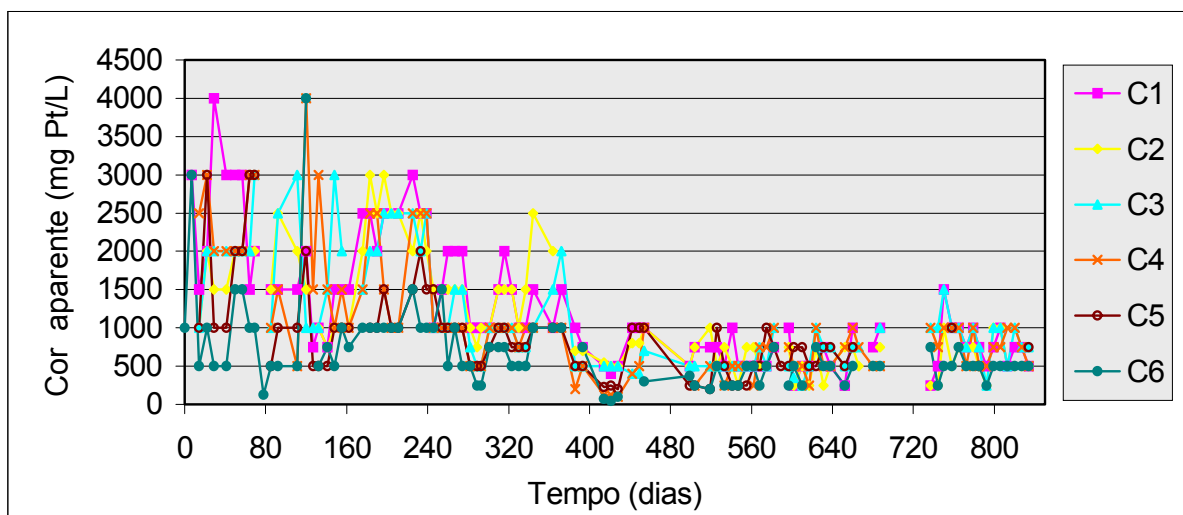


Figura 5.3 – Cor aparente do lixiviado das células (mg Pt/L).

Inicialmente, os valores obtidos para cor aparente chegaram a 4.000 mg Pt/L para a célula C1. Entretanto os valores se reduziram sobremaneira, chegando a 50 mg Pt/L. Comparando-se as células entre si, não se pode afirmar que aquelas com maior percentagem de matéria orgânica possuíam sempre os maiores valores de cor aparente, mas observou-se que a célula C6 apresentou os menores valores em muitos momentos. A partir do dia 400, aproximadamente, percebe-se que se estabeleceu uma tendência de invariabilidade nos resultados, sendo estes quase sempre menores do que 1.000 mg Pt/L.

A partir do dia 400, ocorre uma variação menor dos valores, não passando de 1.000 mg Pt/L, com exceção das células C1 e C3 que apresentaram um pico no dia 750.

5.1.3 pH

Na Figura 5.4, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para pH para as células C1 a C6. Na Tabela A3 do Anexo A, encontra-se a tabela de dados respectiva.

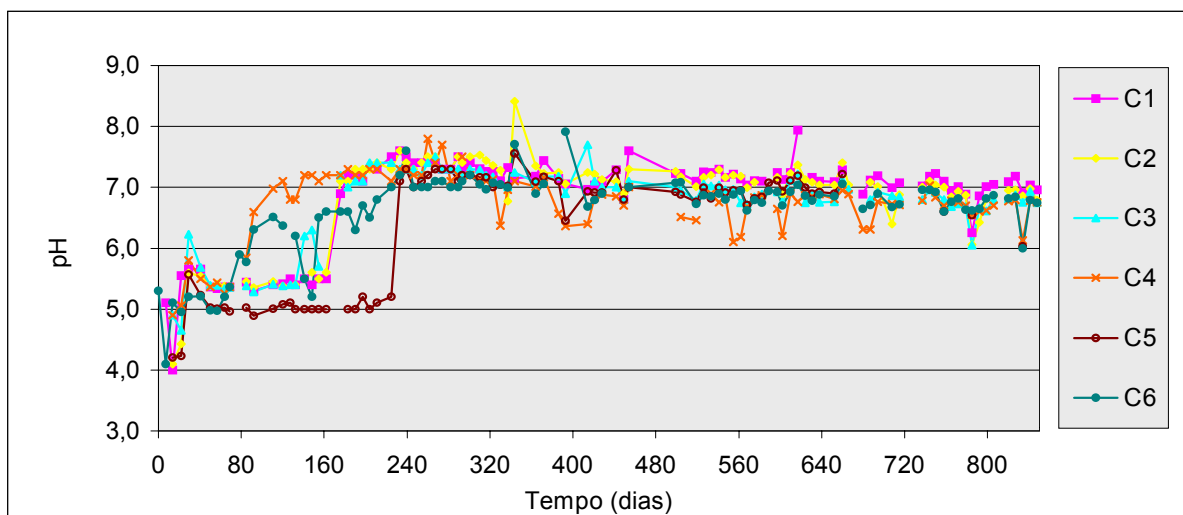


Figura 5.4 – pH do lixiviado das células.

Considerando todo o intervalo de tempo do experimento, os valores de pH variaram de 4,0 a 7,9 para a célula C1, 4,1 a 8,4 para a célula C2, 4,7 a 7,7 para a célula C3, 4,9 a 7,8 para a célula C4, 4,2 a 7,6 para a célula C5 e 4,1 a 7,9 para a célula C6, sendo os menores valores observados na fase inicial de operação do aterro, como já era esperado. Aparentemente, não existiu relação entre a composição das células e o pH, tendo em vista que não houve um decréscimo ou acréscimo de pH de C1 a C6.

Percebeu-se, através dos valores de pH observados, que, ao redor do dia 200, o aterro passou das fases acidogênica/acetogênica para a fase metanogênica, em que o pH oscilou ao redor da neutralidade.

5.1.4 Potencial redox

Na Figura 5.5, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para potencial redox para as células C1 a C6. Na Tabela A4 do Anexo A, encontra-se a tabela de dados respectiva.

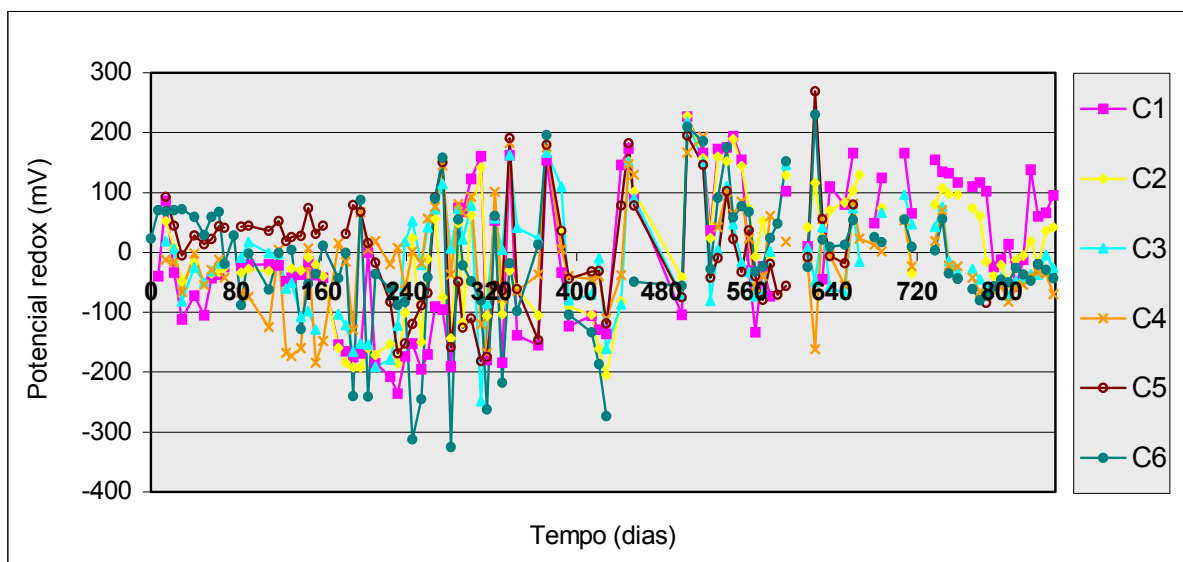


Figura 5.5 – Potencial redox do lixiviado das células (mV).

Os valores oscilaram entre positivos e negativos para todas as células ao longo do tempo, parecendo apresentar uma tendência para valores negativos a partir do dia 200 até o dia 400 para cada célula. A partir desse momento, começou a haver uma elevação nos valores, sendo menor a quantidade de resultados negativos do que positivos.

O menor valor se estabeleceu para a célula C6, sendo de -325 mV no dia 282, e o maior valor, de 269 mV, ocorreu no dia 624 para a célula C5. De C1 a C6 não pareceu haver tendência de aumento ou redução nos valores.

5.1.5 Turbidez

Na Figura 5.6, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para potencial redox para as células C1 a C6. Na Tabela A5 do Anexo A, encontra-se a tabela de dados respectiva.

Os valores de turbidez variaram entre 8 e 170 UNT, ambos para a célula C1, considerando o conjunto de células, tendo sido bastante variáveis durante todo o transcorrer do experimento. Não existiu uma tendência clara de redução dos valores ao longo do tempo, tampouco evidências claras de decréscimo ou acréscimo de C1 a C6.

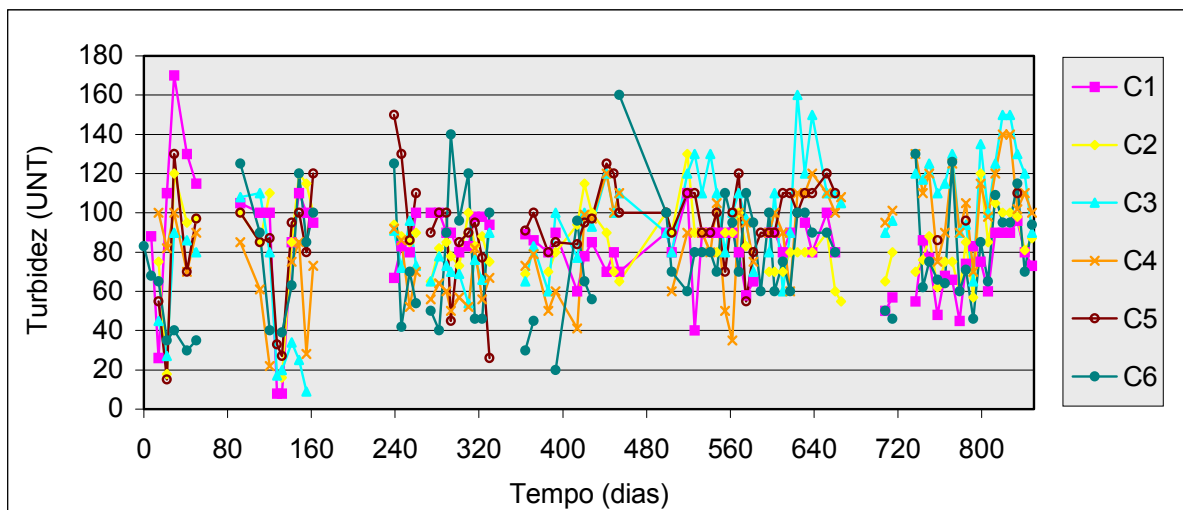


Figura 5.6 – Turbidez do lixiviado das células (UNT).

5.1.6 DBO₅ total

Na Figura 5.7, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para DBO₅ total para as células C1 a C6. Na Tabela A6 do Anexo A, encontra-se a tabela de dados respectiva.

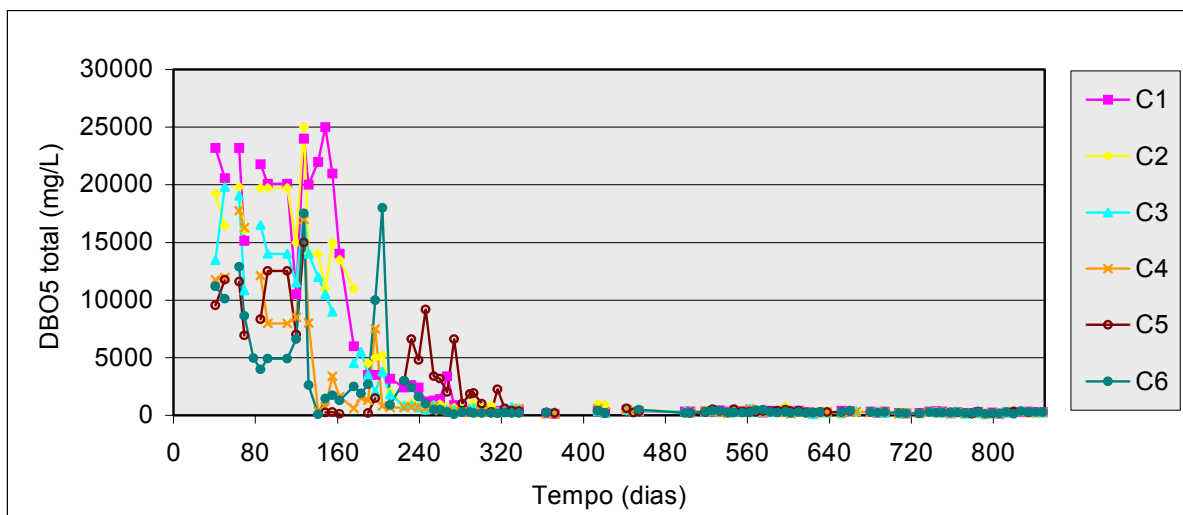


Figura 5.7 – DBO₅ total do lixiviado das células (mg/L).

Os valores de DBO₅ total se reduziram notadamente para todas as células ao longo do tempo, tendo sido inicialmente mais elevados para as células com maior quantidade de

RSU e, portanto, com maiores quantidades de material orgânico, como é indicado na Tabela 4.5. Os valores obtidos variaram entre 25.000 mg/L, para as células C1 e C2, no início do experimento, e algo em torno de 100 mg/L no final. Pôde-se perceber, principalmente no início do experimento, que os maiores valores de DBO₅ total foram obtidos para as células com maior concentração de matéria orgânica, ficando este fato mais evidente para a célula C1.

5.1.7 DQO total

Na Figura 5.8, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para DQO total para as células C1 a C6. Na Tabela A7 do Anexo A, encontra-se a tabela de dados respectiva.

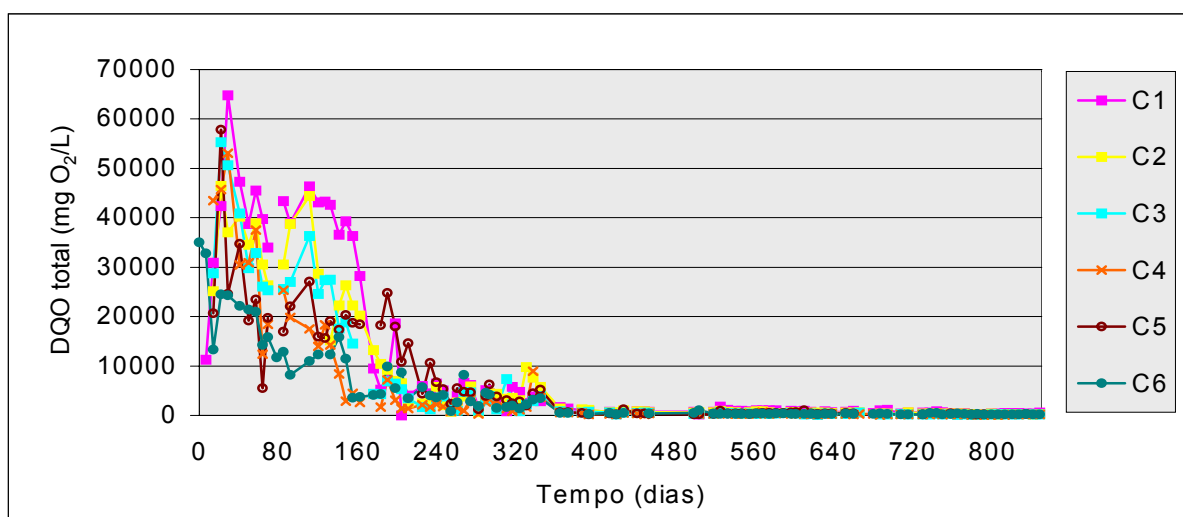


Figura 5.8 – DQO total do lixiviado das células (mg O₂/L).

Da mesma forma que para DBO₅ total, os valores de DQO total se reduziram para todas as células ao longo do tempo, confirmando os resultados já obtidos para DBO₅ total. Percebeu-se que os maiores valores de DQO total foram obtidos para as células com maior percentagem de RSU, ou seja, para aquelas com maior quantidade de matéria orgânica. O valor máximo obtido foi de 65.000 mg O₂/L para a célula C1, no início do experimento, e o menor valor foi de 74 mg O₂/L para a célula C4 no dia 687. Comparando os valores de DQO total com os de DBO₅ total, percebeu-se que, em termos gerais, a DQO total suplanta a DBO₅ total, como é de se esperar.

5.1.8 NTK

Na Figura 5.9, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para NTK para as células C1 a C6. Na Tabela A8 do Anexo A, encontra-se a tabela de dados respectiva.

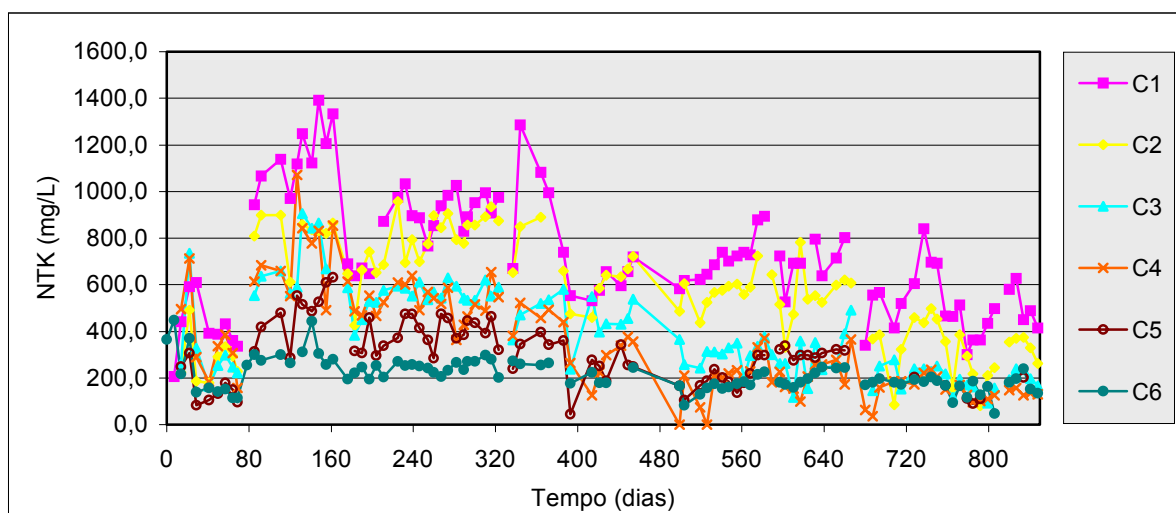


Figura 5.9 – NTK do lixiviado das células (mg NTK-N/L).

Os valores variaram entre 34,8 e 1.392,4 mg/L para as células C4 e C1 respectivamente. Percebe-se, entretanto, como esperado, que os maiores valores ocorreram sempre para as células com maior quantidade de matéria orgânica, com exceção feita à célula C4 que fugiu ao padrão e apresentou, em muitos momentos, valores menores do que aqueles apresentados pelas células C5 e C6.

Embora tenha existido uma grande diferença entre o mínimo e o máximo valor de NTK, ao longo do tempo, a variação dos valores não chegou a seguir uma exponencial como aconteceu para DBO₅ total e DQO total. A redução, embora ocorra, se estabelece de uma forma menos intensa.

5.1.9 Amônia

Na Figura 5.10, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para NTK para as células C1 a C6. Na Tabela A9 do Anexo A, encontra-se a tabela de dados respectiva.

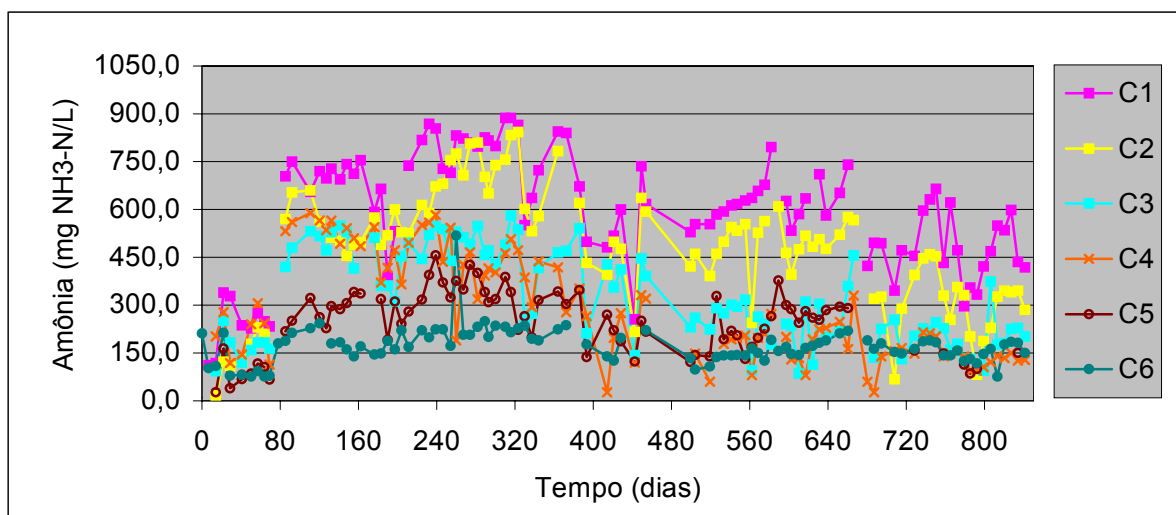


Figura 5.10 – Amônia do lixiviado das células (mg NH₃-N/L).

Os valores mínimo e máximo para amônia foram 18,1 e 886,7 mg/L para as células C2 e C1, respectivamente. Os menores valores ocorreram no início da operação das células, e seu incremento se estabeleceu na medida do avanço cronológico da vida dos reatores. Pôde-se perceber que, a partir do 80º. dia, a concentração de amônia começou a apresentar uma elevação mais acentuada que prosseguiu até o dia 400, momento a partir do qual ocorreu uma pequena redução até o dia 450. Deste ponto em diante, os valores pareceram manter uma certa estabilidade.

5.1.10 Concentração de metais

Nesse experimento, a concentração de metais não foi uma variável de extrema importância, quando comparada a outras variáveis analisadas, pois, nas concentrações em que os metais pesquisados se apresentaram, pouca influência tiveram na sobrevivência dos microrganismos patogênicos e dos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica presentes na massa de resíduos urbanos e de serviços de saúde. As análises se justificam, todavia como uma forma de acompanhar o processo. Assim, considerando todo o período de realização do experimento, de uma forma geral, as concentrações de todos os metais analisados se reduziram em todas as células. Entretanto alguns deles passaram por variações peculiares, como será apresentado a seguir. Pode-se perceber, no entanto, que ao redor do dia 80, as concentrações sofrem precipitação química como decorrência da elevação do pH, como pode ser visto na Figura 5.4.

Nas Figuras 5.11 a 5.22, são apresentados os gráficos construídos a partir dos resultados obtidos para a concentração de metais para as células C1 a C6. Nas Tabelas A10.1 a A10.12 do Anexo A, encontram-se as tabelas de dados respectivas.

5.1.10.1 Concentração de cádmio: de acordo com a Tabela A10.1 e a Figura 5.11, cádmio apresentou um pico acentuado de concentração (máximo de 0,36 mg/L para a célula C5 no 22º dia) entre os dias 0 e 80, passando a evidenciar valores menores, mas ainda assim oscilantes a partir de então. Ocorreram pequenos picos até o dia 560, momento a partir do qual as concentrações praticamente se anularam.

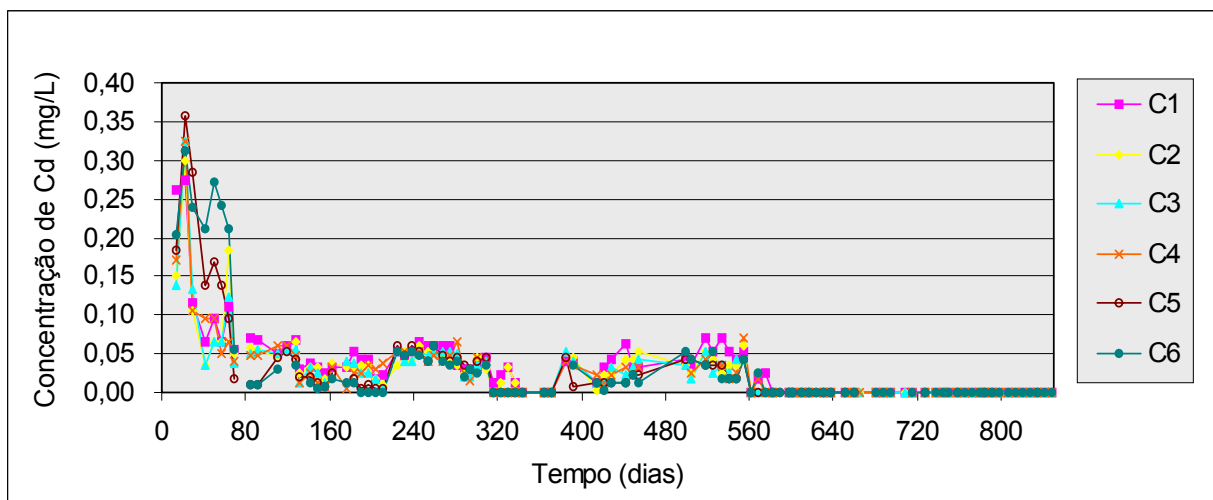


Figura 5.11 – Concentração de cádmio do lixiviado das células (mg/L).

5.1.10.2 Concentração de cálcio: de acordo com a Tabela A10.2 e a Figura 5.12, cálcio também apresentou um pico entre os dias 0 e 80 (máximo de 1.676,37 mg/L para a célula C3 no 29º dia). Outro pico ocorreu no 85º dia. (máximo de 2.248,39 mg/L para a célula C4). A partir desse momento, se estabeleceu uma suave redução nos valores, não havendo resultados nulos durante todo o experimento.

5.1.10.3 Concentração de chumbo: de acordo com a Tabela A10.3 e a Figura 5.13, a concentração de chumbo, no início do experimento, apresentou valores entre 0,16 e 0,81 mg/L. Da mesma forma que cádmio e cálcio, apresentou-se um pico entre 0 e 80 dias (máximo de 3,3 mg/L para a célula C1 no 41º dia), seguindo uma tendência de redução até o dia 160, momento a partir do qual ocorreu um aumento nos valores, cujo máximo chegou a mais de 1 mg/L para a célula C1. Nova redução significativa ocorreu por volta do dia 400 e, daí em diante, as concentrações de chumbo se anularam para todas as células.

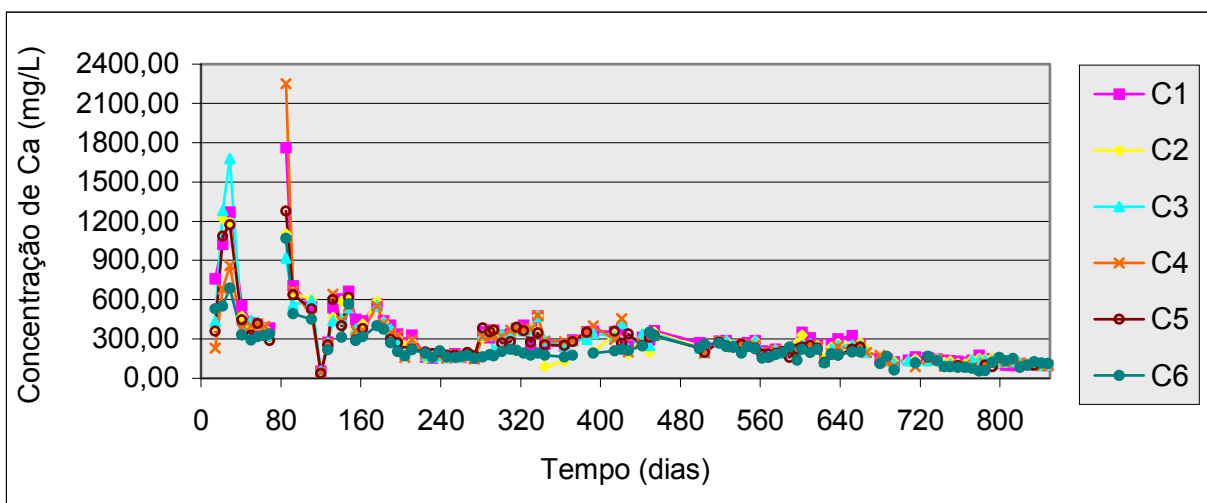


Figura 5.12 – Concentração de cálcio do lixiviado das células (mg/L).

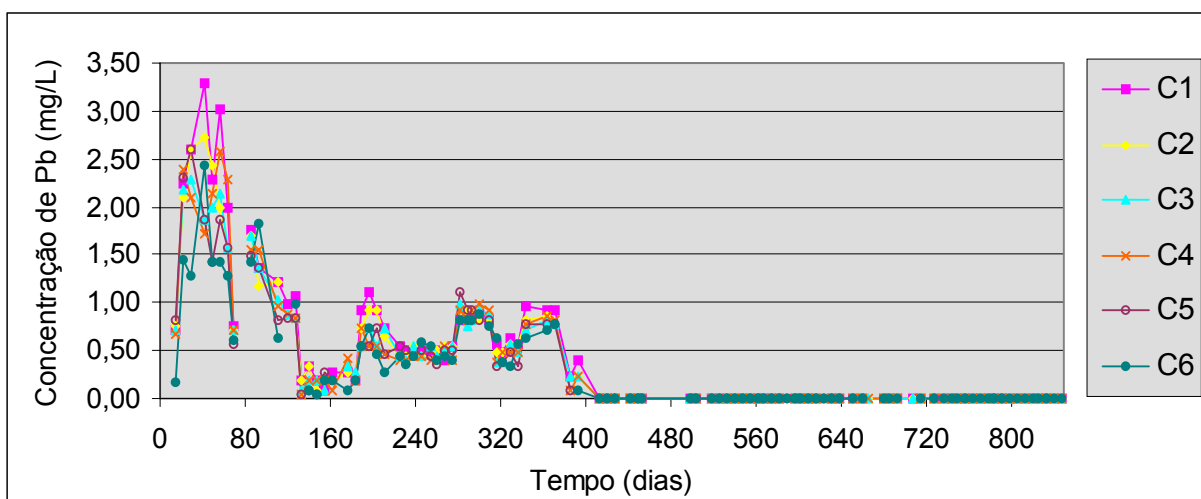


Figura 5.13 – Concentração de chumbo do lixiviado das células (mg/L).

5.1.10.4 Concentração de cobre: de acordo com a Tabela A10.4 e a Figura 5.14, cobre também apresentou um pico de concentração entre os dias 0 e 80 (máximo de 3,6 mg/L para a célula C5 no 29º. dia). Nesse caso específico, o pico ocorreu em torno do dia 20. Desse dia em diante, as concentrações se estabilizaram em valores muito baixos ou nulos.

5.1.10.5 Concentração de cromo: de acordo com a Tabela A10.5 e a Figura 5.15, cromo apresentou intensas variações de concentração até o dia 560, passando a apresentar valores nulos a partir de então para todas as células. O maior valor, 0,62 mg/L, ocorreu na célula C3, no 29º. dia. Ocorreram, entretanto, outros picos de concentração bastante elevados antes do dia 560.

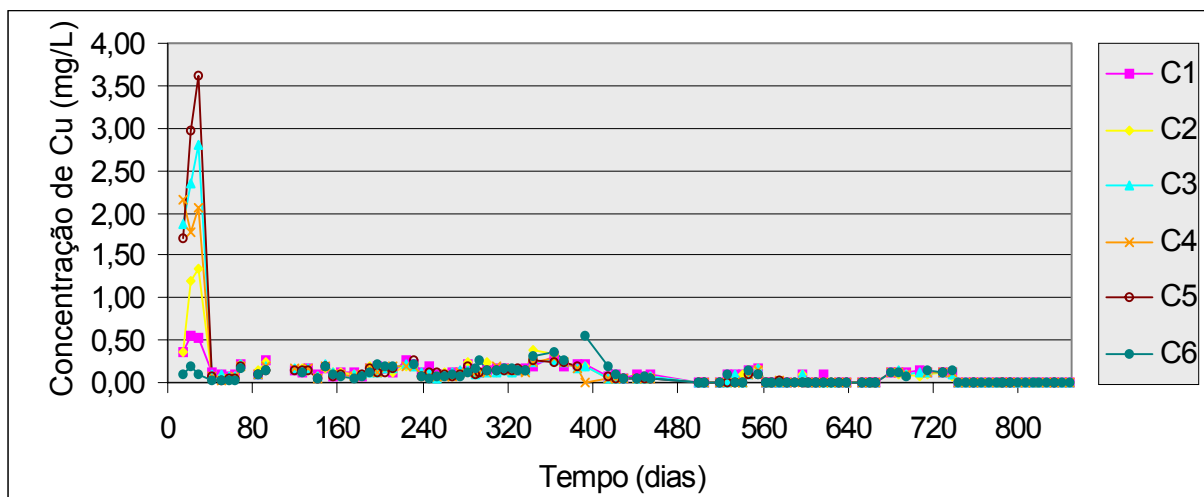


Figura 5.14 – Concentração de cobre do lixiviado das células (mg/L).

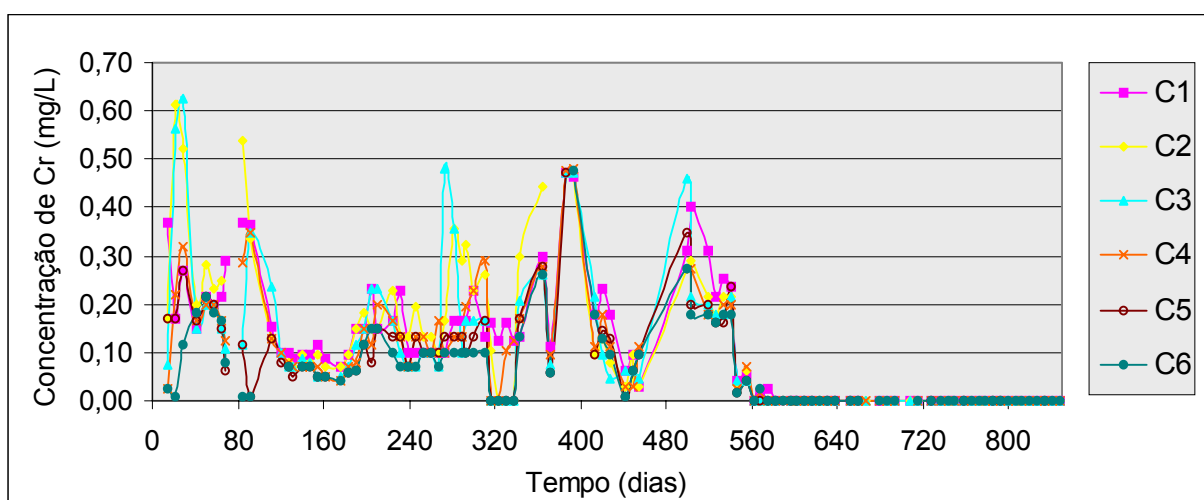


Figura 5.15 – Concentração de cromo do lixiviado das células (mg/L).

5.1.10.6 Concentração de ferro: de acordo com a Tabela A10.6 e a Figura 5.16, para ferro, até o dia 240, as concentrações foram mais elevadas e variaram de forma bastante acentuada. A célula C1 apresentou o maior valor durante todo o experimento, sendo de 217,94 mg/L. Do dia 240 em diante, as concentrações apresentaram uma certa estabilidade até o dia 680, a partir do qual se reduziram mais acentuadamente.

5.1.10.7 Concentração de magnésio: de acordo com a Tabela A10.7 e a Figura 5.17, magnésio apresentou uma tendência de aumento de concentração até algo em torno do dia 80, apresentando um pico no 22º. dia para a célula C2 de 715,45 mg/L. Do dia 80 ao 120, os valores se reduziram, estabilizando-se entre 200 e 400 mg/L para todas as células. A partir

daí, os valores passaram a aumentar até o dia 660, quando se apresentou uma drástica redução até chegar-se a valores na faixa de 30 mg/L ao final do experimento.

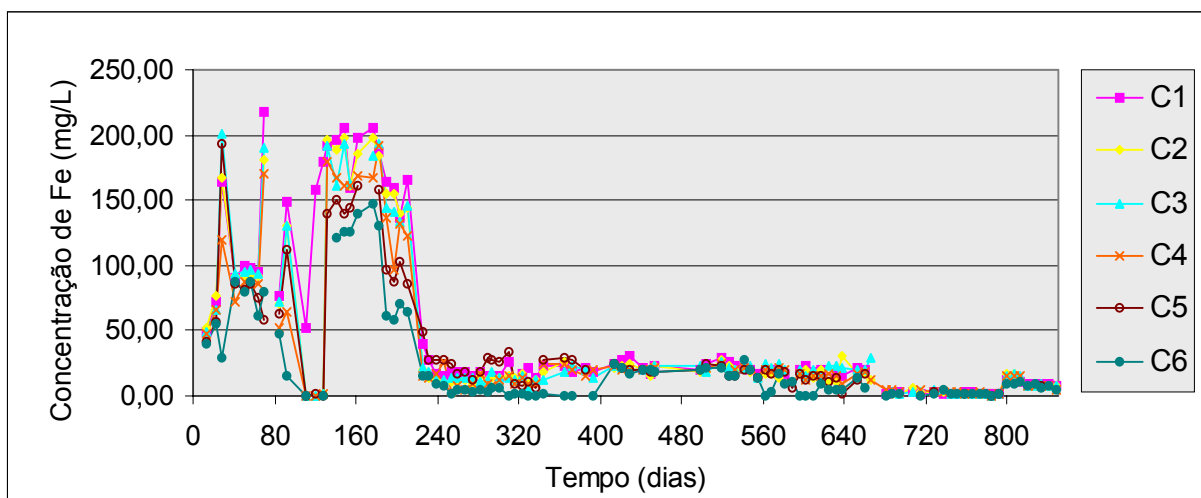


Figura 5.16 – Concentração de ferro do lixiviado das células (mg/L).

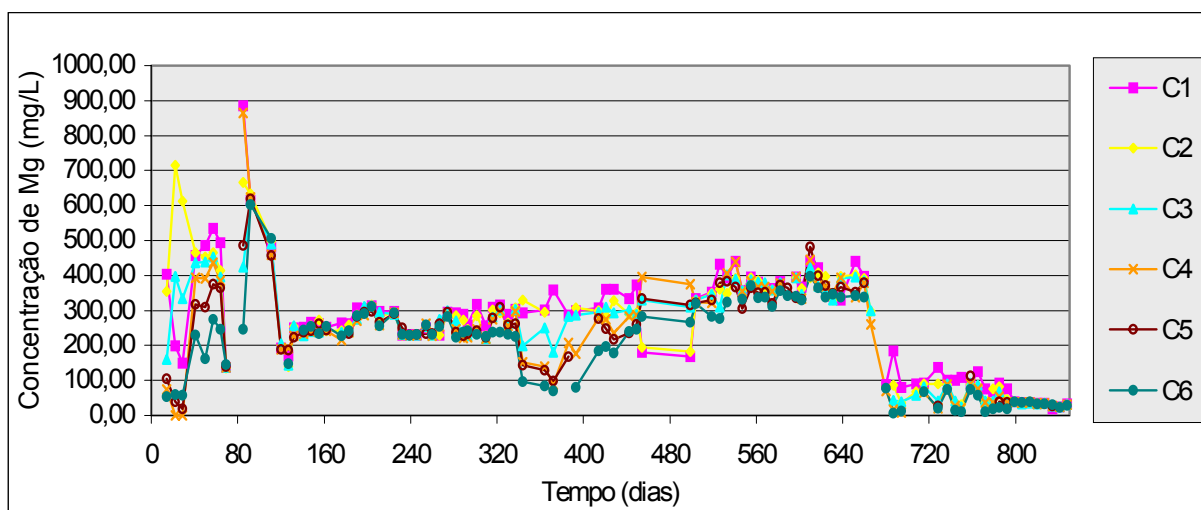


Figura 5.17 – Concentração de magnésio do lixiviado das células (mg/L).

5.1.10.8 Concentração de manganês: de acordo com a Tabela A10.8 e a Figura 5.18, manganês apresentou um pico de concentração entre os dias 0 e 80 (máximo de 28,14 mg/L para a célula C3 no 29º. dia). A partir desse pico, os valores se reduziram gradativamente até chegarem a menos de 2 mg/L para todas as células no final do experimento.

5.1.10.9 Concentração de níquel: de acordo com a Tabela A10.9 e a Figura 5.19, para níquel estabeleceram-se picos entre 0 e 80 dias (máximo de 2,88 mg/L para a célula C4 no 29º. dia), mas a tendência geral foi de redução na concentração, o que pôde-se evidenciar pelos valores nulos que ocorreram a partir do dia 500 para todas as células.

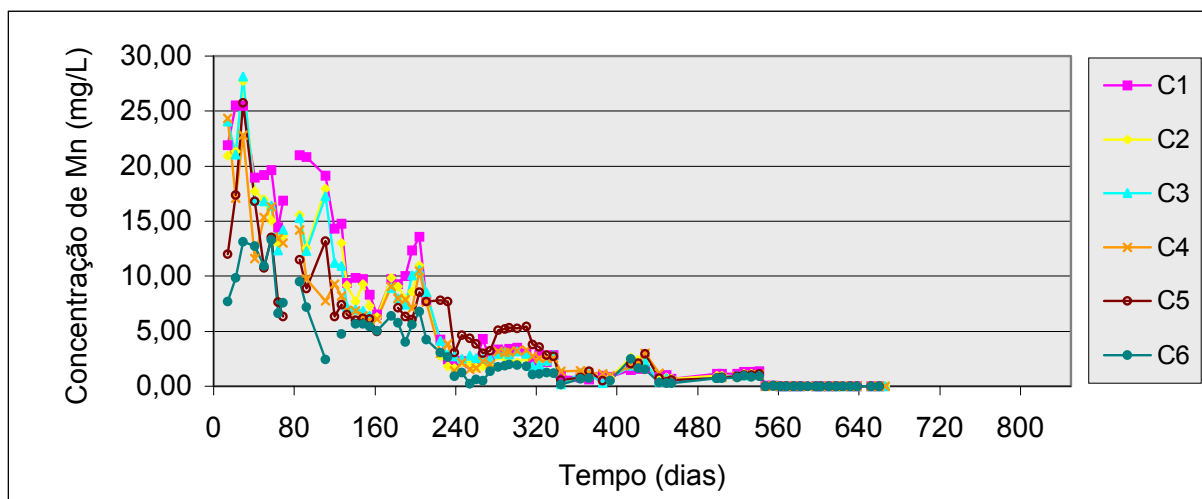


Figura 5.18 – Concentração de manganês do lixiviado das células (mg/L).

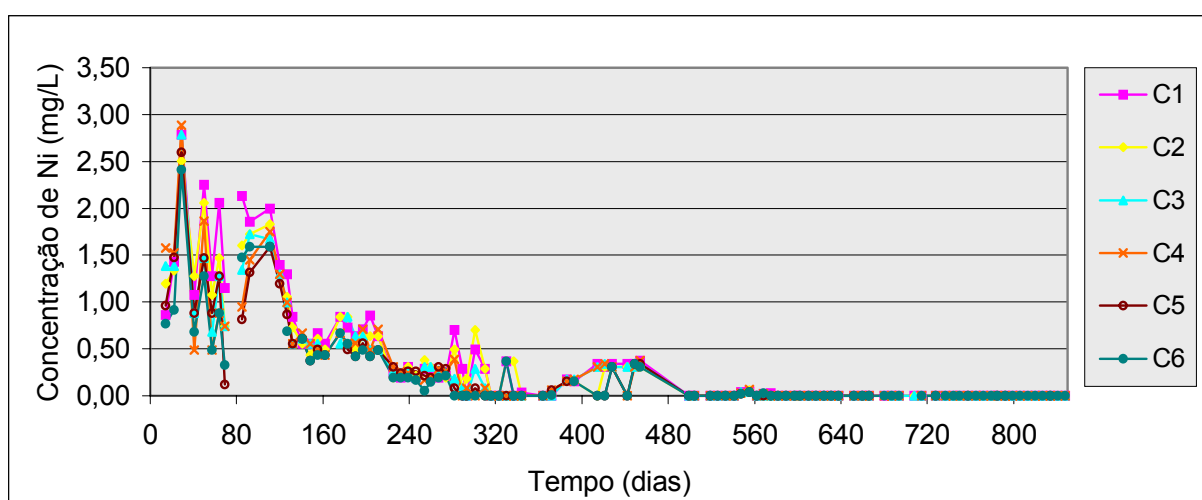


Figura 5.19 – Concentração de níquel do lixiviado das células (mg/L).

5.1.10.10 Concentração de potássio: de acordo com a Tabela A10.10 e a Figura 5.20, potássio apresentou um comportamento um tanto diferente dos outros metais. Seus valores de concentração foram bastante variáveis. Além disso, sofreram aumentos, estabilizações e reduções em períodos longos, sendo menos freqüentes os picos de concentração. A partir do dia 360, começou a haver um aumento na concentração que seguiu até o dia 720. A partir de então, ocorreu redução, atingindo-se os menores valores por volta do dia 780. A maioria dos valores ficou em torno de 1.000 mg/L, mas os menores chegaram a algo em torno de 300 mg/L;

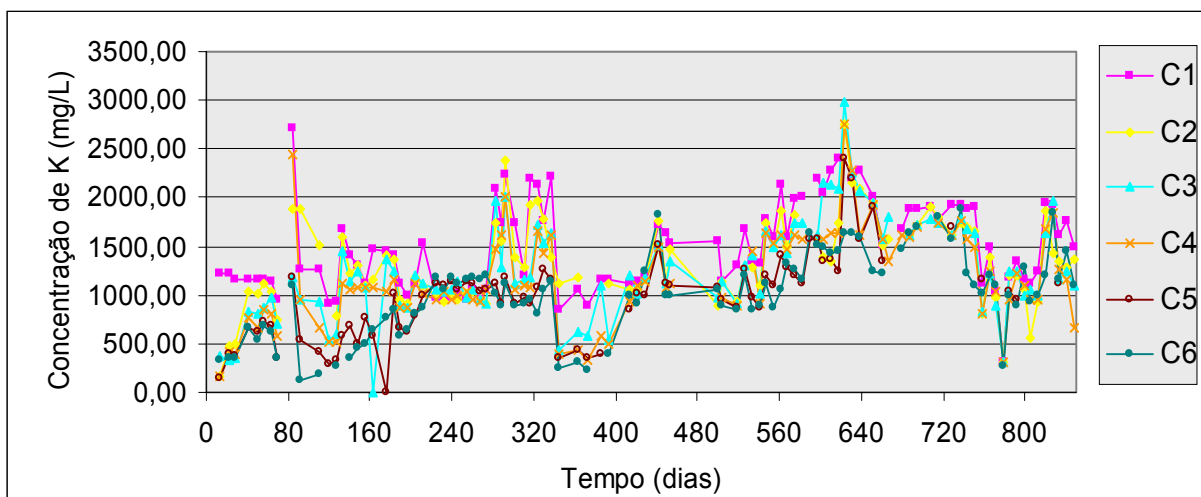


Figura 5.20 – Concentração de potássio do lixiviado das células (mg/L).

5.1.10.11 Concentração de sódio: de acordo com a Tabela A10.11 e a Figura 5.21, a concentração de sódio, da mesma forma que a concentração de potássio, apresentou muitas variações. Até o dia 160, não se verificou nenhuma tendência de estabilização dos valores. Desse ponto em diante, os valores se estabilizaram para todas as células um pouco abaixo de 500 mg/L, quando começaram a aumentar até o dia 640. Nesse ponto, atingiram o máximo valor de concentração de sódio de todo o experimento, 2.980,21 mg/L para a célula C3.

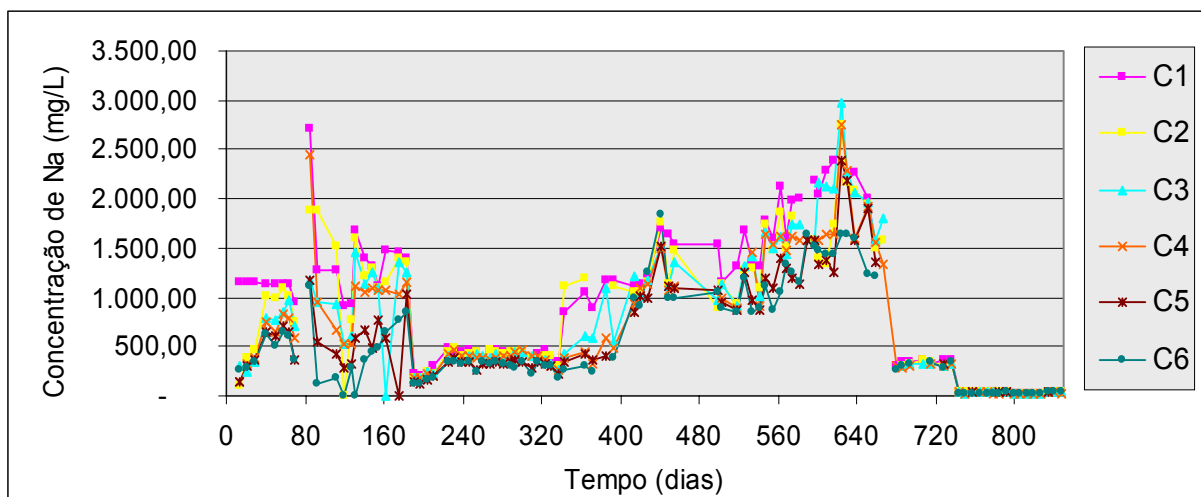


Figura 5.21 – Concentração de sódio do lixiviado das células (mg/L).

5.1.10.12 Concentração de zinco: de acordo com a Tabela A10.12 e a Figura 5.22, zinco apresentou um pico de concentração no 85º. dia de 2.719,31 mg/L para a célula C1. Do dia 80 em diante, os valores não passaram de 5 mg/L.

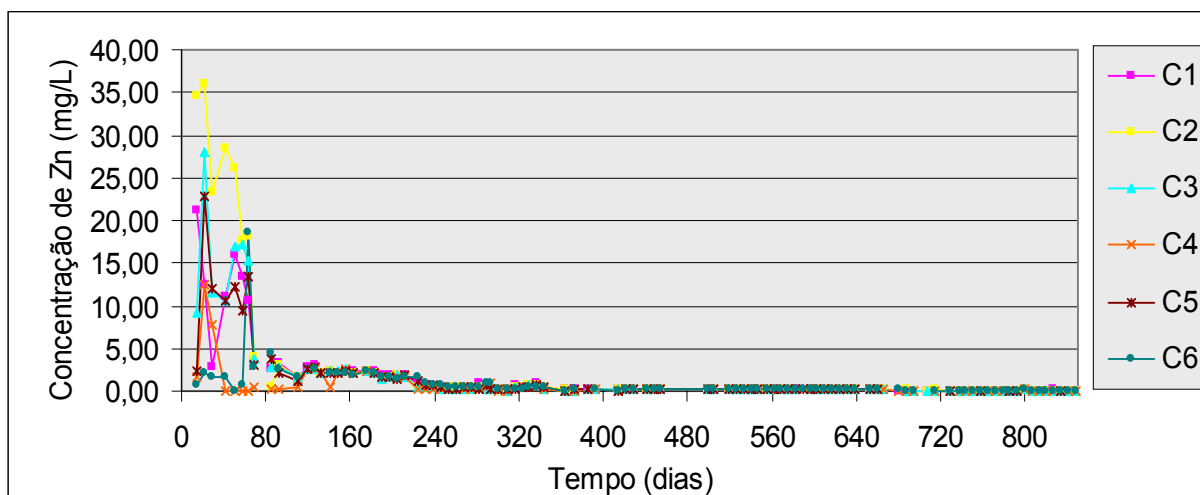


Figura 5.22 – Concentração de zinco do lixiviado das células (mg/L)

5.1.11 Concentração de ácidos voláteis como equivalente em termos de ácido acético

De acordo com a Tabela A11 e a Figura 5.23, estabeleceu-se, ao longo do tempo e para todas as células, uma tendência de redução nos valores de ácido acético equivalente. O máximo valor obtido para o conjunto de células se apresentou para a célula C1, sendo de aproximadamente 10.000 mg HAC/L – equivalente em termos de ácido acético. Os menores valores estavam na faixa de 10 mg HAC/L. De C1 a C6 não ocorreu acréscimo ou decréscimo nos valores.

Do dia 454 ao 602, se apresentou uma falha de valores nos resultados, devido a problemas com o equipamento de cromatografia gasosa do IPH.

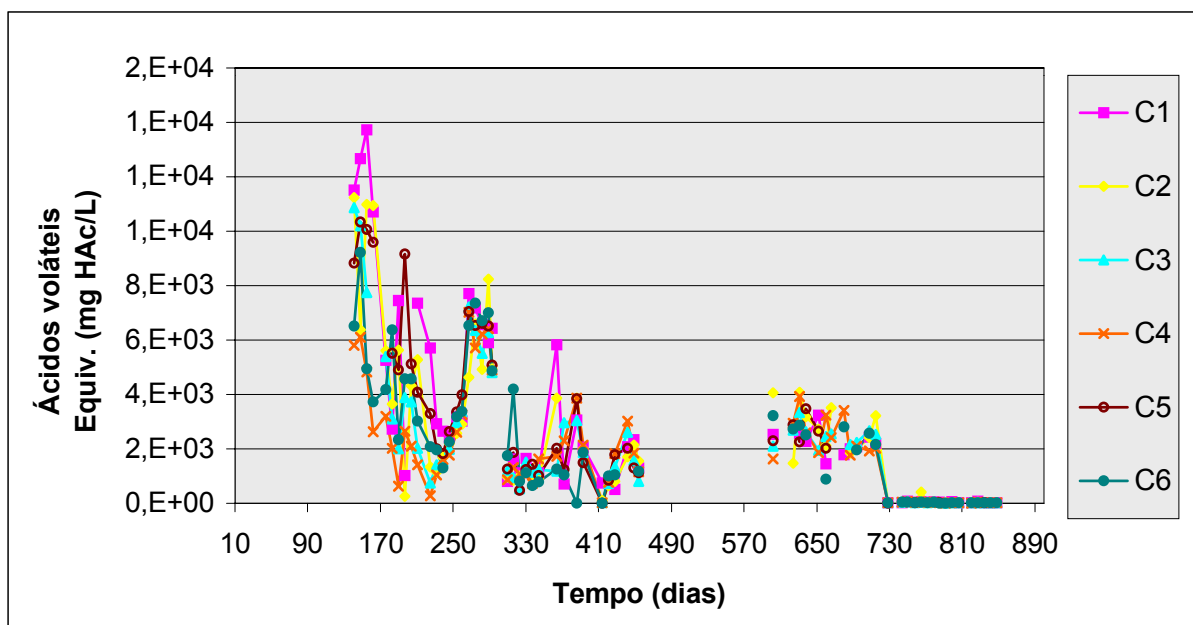


Figura 5.23 – Concentração de ácidos voláteis do lixiviado das células (mg/L) – equivalente em termos de ácido acético.

5.1.12.1 Sólidos totais

De acordo com a Tabela A12.1 e a Figura 5.24, os valores obtidos para sólidos totais inicialmente se apresentaram bastante elevados, chegando a 40.000 mg/L para a célula C1, mas se reduziram consideravelmente ao longo do tempo, alcançando valores menores do que 1.000 mg/L no final do experimento. É interessante observar que as células com maior percentual de RSU e por conseguinte de matéria orgânica, apresentaram os valores mais elevados para este parâmetro, de uma forma geral. Verificou-se a maior contribuição dos sólidos voláteis na formação dos sólidos totais até o entorno do dia 150. A partir de então, os valores de sólidos fixos passaram a contribuir com uma maior parcela para a formação dos sólidos totais.

5.1.12.2 Sólidos fixos

De acordo com a Tabela A12.2 e a Figura 5.25, os valores decresceram de forma gradativa em todas as células. A não ser por um ponto isolado, acima de 20.000 mg/L para C5 no dia 64, o máximo valor obtido se encontrou em torno de 15.000 mg/L. Comparando-se as células entre si, pôde-se perceber, da mesma forma que para sólidos totais, que os valores decresceram de C1 a C6.

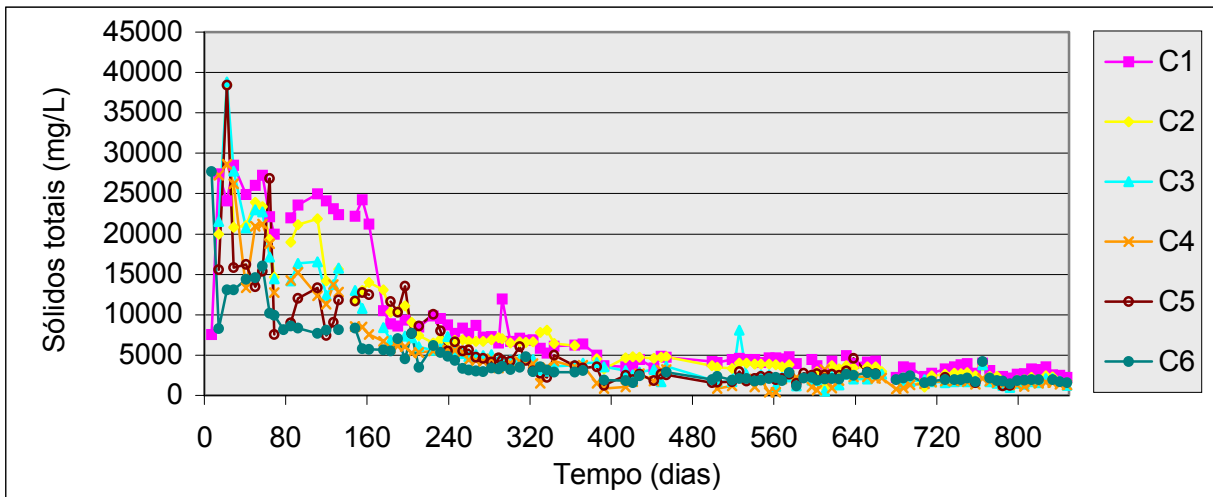


Figura 5.24 – Concentração de sólidos totais do lixiviado das células (mg/L).

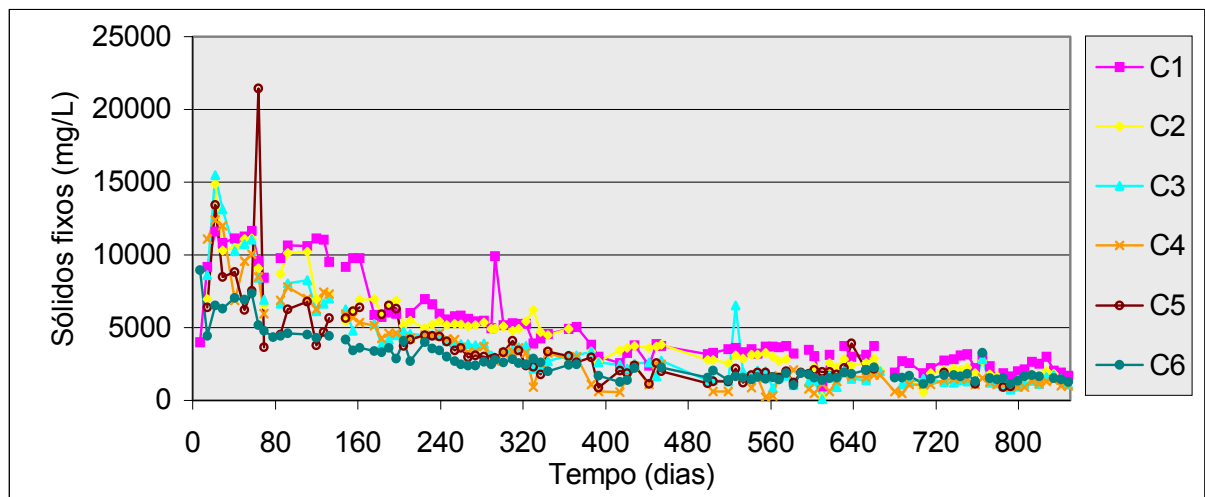


Figura 5.25 – Concentração de sólidos fixos do lixiviado das células (mg/L).

5.1.12.3 Sólidos voláteis

De acordo com a Tabela A12.3 e a Figura 5.26, a concentração de sólidos voláteis se reduziu ao longo do tempo para todas as células. Ficou bem marcada a maior concentração apresentada pela célula C1, com maior percentagem de RSU, em comparação com as outras células, principalmente no início do experimento. Entre 0 e 80 dias, todas as células apresentaram picos de concentração.

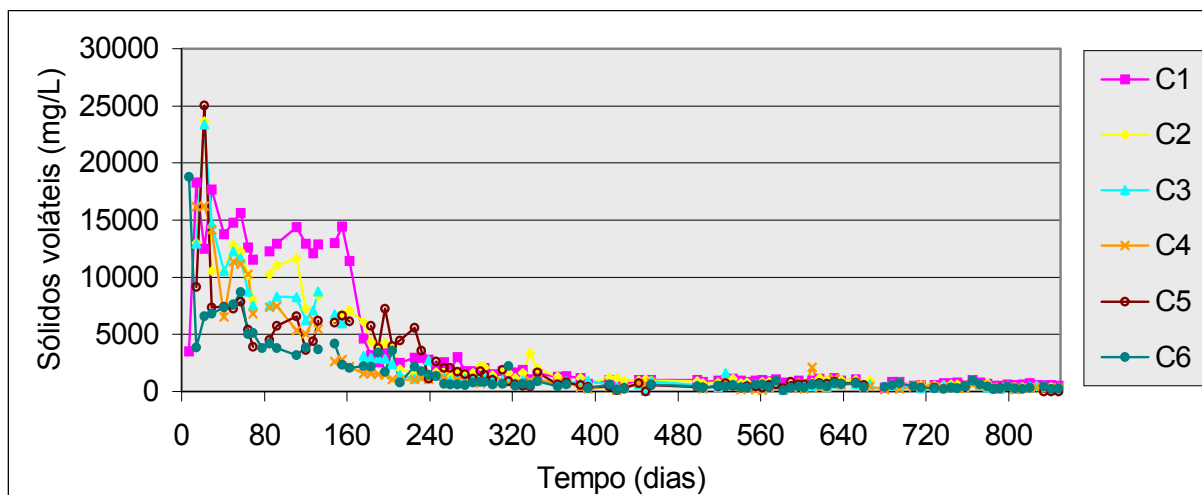


Figura 5.26 – Concentração de sólidos voláteis do lixiviado das células (mg/L).

5.1.13 Dióxido de carbono, metano e gás nitrogênio

As Figuras 5.27, 5.28 e 5.29 apresentam os gráficos relativos às frações mássicas de dióxido de carbono, metano e gás nitrogênio respectivamente.

Nas Tabelas A13.1, A13.2 e A13.3 do Anexo A são apresentados os dados utilizados para a construção dos gráficos.

Os resultados obtidos não foram representativos das reais concentrações dos gases gerados no interior das células, pelos motivos que serão discutidos no Capítulo 6 – Discussão.

Assim, em algumas amostragens, foi detectada a presença de metano, mas não foi possível identificar, através destes resultados, a fase metanogênica entre 300 e 500 dias como indica a bibliografia (POHLAND et al. 1986), através da observação dessa variável.

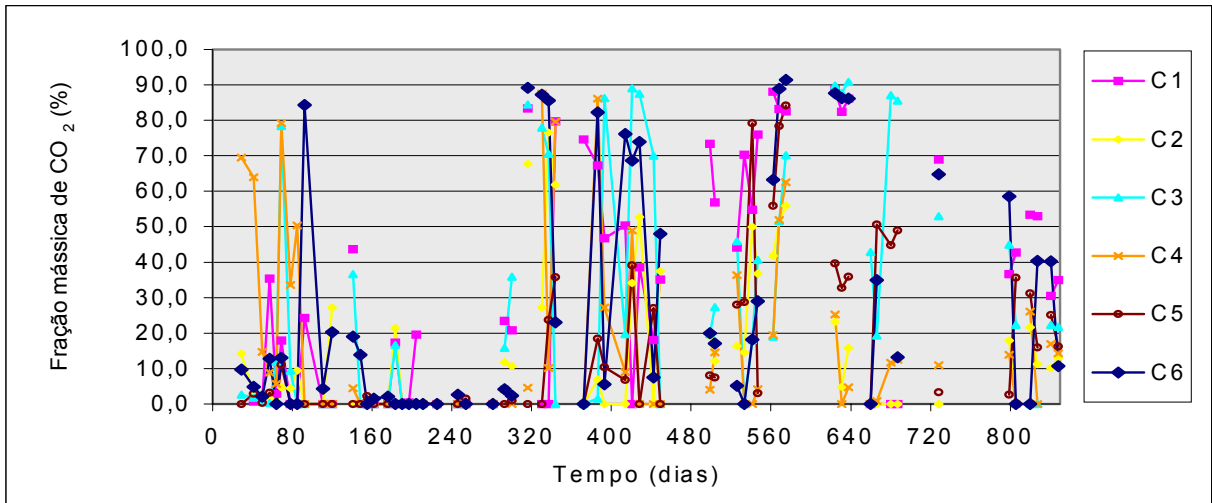


Figura 5.27 – Fração mássica de dióxido de carbono dos gases emitidos pelas células (%).

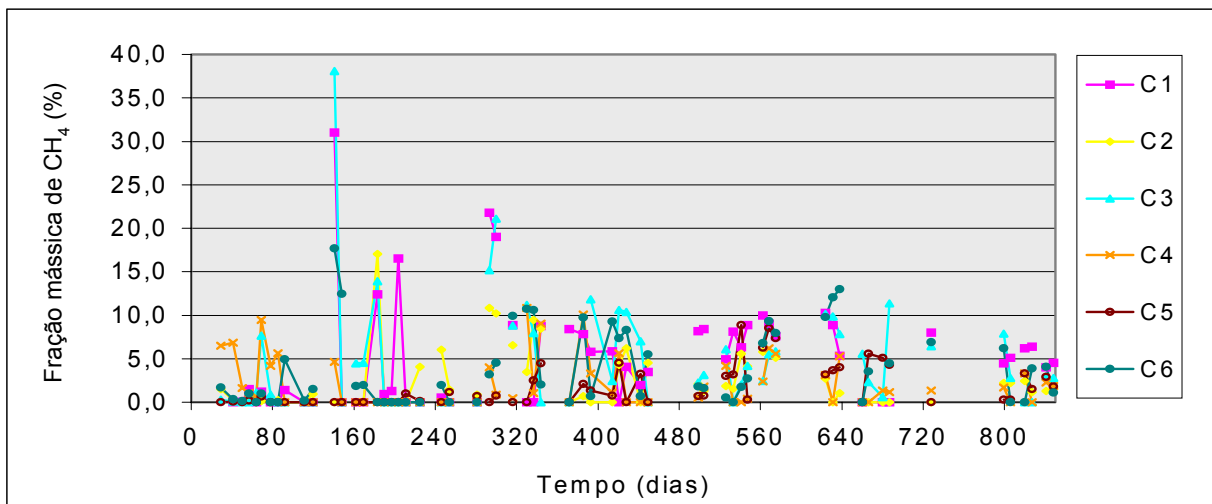


Figura 5.28 – Fração mássica de metano dos gases emitidos pelas células (%).

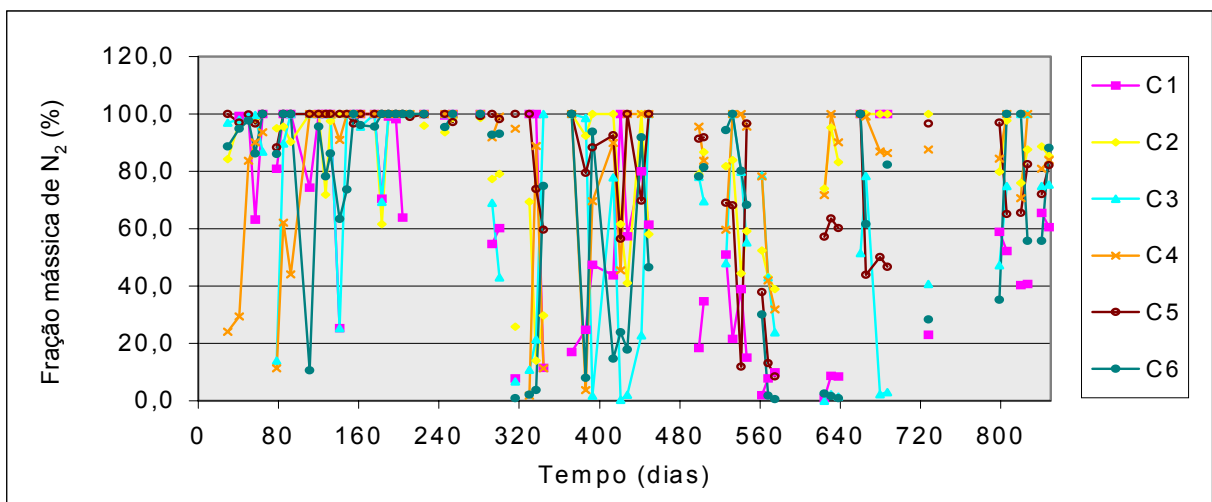


Figura 5.29 – Fração mássica de nitrogênio gasoso dos gases emitidos pelas células (%).

5.1.14 Volume lixiviado

Na Tabela A14 do Anexo A e na Figura 5.30 são apresentados os resultados do volume lixiviado pelas células.

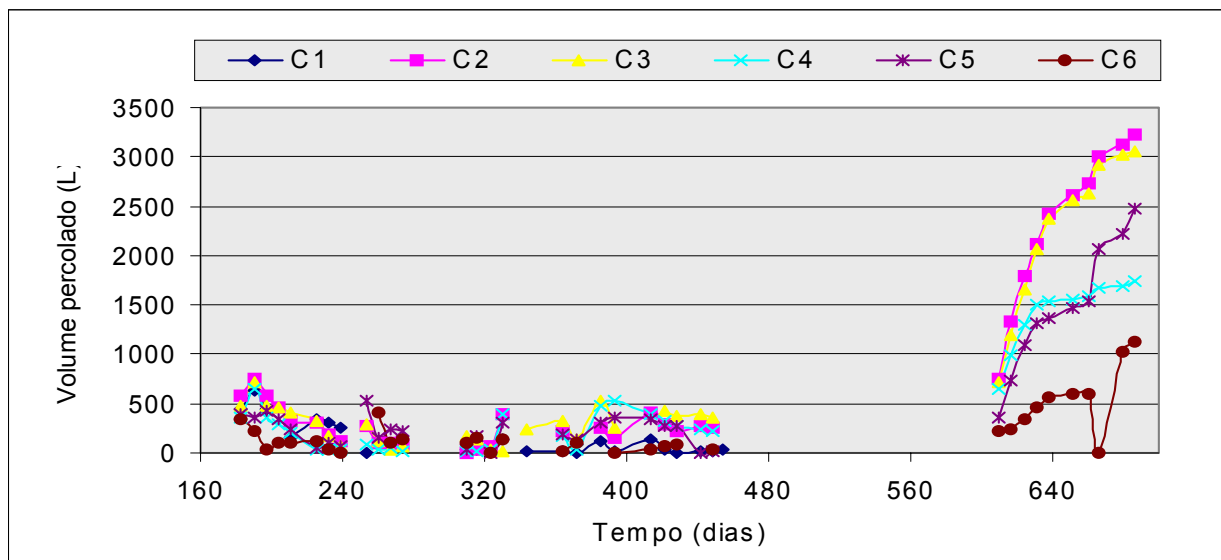


Figura 5.30 – Volume lixiviado pelas células (L).

Para o início da operação das células não há dados quantitativos de volume lixiviado, pois, somente a partir do dia 183, se iniciaram as medições. Apesar disso, através de observações visuais, pôde-se verificar que, no período que antecedeu o início das medições, os volumes lixiviados foram bastante elevados, sofrendo redução com o passar do tempo. Dessa forma, as curvas da Figura 5.30 deveriam apresentar, de 0 a 183 dias, um decréscimo acentuado, o qual não pôde ser observado no gráfico.

5.1.15 Temperatura das células

As curvas de temperatura das células apresentadas na Figura 5.31 acompanham a tendência dos valores obtidos para a curva da temperatura ambiente, mas pôde-se observar uma menor amplitude nos valores de temperatura das células.

Embora a temperatura ambiente tenha chegado, nesse período, a valores próximos de 35° C, a temperatura do interior das células alcançou um máximo de 30° C para a célula C1 (100% RSU), durante todo o transcorrer do experimento. Observe-se que ficaram bem marcadas as estações do ano através dos picos de temperatura das células na Figura 5.31.

Os resultados podem ser visualizados também na Tabela A15 do Anexo A.

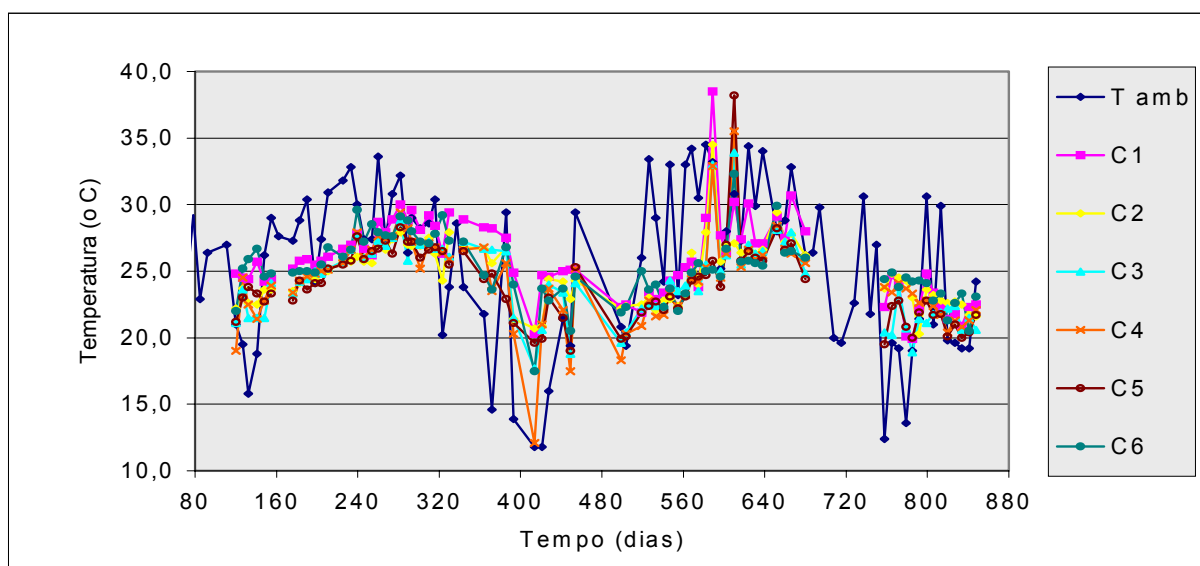


Figura 5.31 – Temperatura no interior das células (°C).

5.1.16 Microrganismos analisados no lixiviado das células de codisposição

Os resultados relativos a esse item podem ser visualizados nas Tabelas A16, A17, A18 e A19 e Figuras A1, A2 e A3 do Anexo A.

Pode-se verificar nas tabelas e figuras indicadas que a multiplicação e viabilidade dos microrganismos indicadores, coliformes fecais, coliformes totais, mesófilos hemolíticos e clostrídios sulfito-redutores, no lixiviado das células, obedeceram à curva de crescimento de microrganismos unicelulares em sistema fechado, em todas as suas fases, onde se pôde observar os valores de um número de células viáveis no tempo. As curvas mostraram quatro fases distintas: inicialmente, pareceu não haver crescimento em termos do aumento do número de células, caracterizando a fase lag, momento em que há recuperação de danos celulares e sintetização de enzimas para o desencadeamento da próxima fase, havendo a multiplicação em crescimento balanceado, denominada fase logarítmica ou exponencial (fase log). Seguiu-se então uma fase estacionária e finalmente, quando os nutrientes do sistema se

esgotaram, e os metabólitos microbianos tornaram o meio tóxico, desencadeou-se a fase de declínio ou morte dos microrganismos.

Como foi mencionado no Capítulo 3 – Revisão bibliográfica, de acordo com dados da bibliografia, os microrganismos patogênicos, causadores de doenças humanas, não encontram boas condições de sobrevivência e multiplicação fora do organismo humano. Considere-se que, no ambiente, a diluição é maior, o pH pode ser muito variável, existem substâncias tóxicas para os microrganismos, etc. Por esse motivo, não eram esperados resultados elevados para os indicadores.

5.1.17 Resultados da comparação entre as células C1, C2, C3, C4, C5 e C6

Normalmente as comparações entre reatores são realizadas através da *análise de variância*. No caso desse trabalho, entretanto, essa ferramenta não foi utilizada, tendo em vista serem inúmeras as variáveis que se apresentam em um aterro sanitário, as quais poderiam modificar sobremaneira as médias dos resultados obtidos entre as células.

Dessa forma, realizando uma comparação simplesmente através da análise de variância, poderia-se chegar à conclusão de que as células são significativamente diferentes com relação a alguma variável selecionada para a análise, por exemplo, o que não impediria que, ainda assim, as células fossem operadas da mesma forma. Pelos motivos apresentados, foi descartada a comparação entre as células através da análise de variância.

Pelos motivos expostos e, como já foi mencionado no Capítulo 4 – Materiais e Métodos, julgou-se que, para decidir pela aplicabilidade da técnica de codiposição, existem três critérios de comparação que deverão ser desenvolvidos e avaliados.

Nos itens 5.1.17.1, 5.1.17.2 e 5.1.17.3, serão apresentados os resultados da análise dos três critérios de comparação elencados.

5.1.17.1 Resultado da comparação entre as células de codisposição através da presença de microrganismos indicadores de patogenicidade no lixiviado

A análise, tomando por base este critério de comparação, foi feita através da análise das curvas de crescimento de microrganismos e das espécies de microrganismos encontradas no lixiviado das células de codisposição.

As Tabelas 5.1 a 5.3 referem-se aos valores característicos obtidos através das curvas de crescimento das células C1 a C6. Através desses valores, foi possível estabelecer comparações entre as células, quanto aos microrganismos indicadores de patogenicidade eleitos para representar o universo de microrganismos presentes nesses sistemas.

Na Tabela 5.4, encontram-se informações adicionais quanto à microbiologia do lixiviado das células de codisposição.

Tabela 5.1 – Valores característicos das curvas de crescimento das células C1 a C6 para mesófilos hemolíticos. (CPVDF)

	Mesófilos hemolíticos	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CPVDF	Eliminação completa (dias)	449	300	202	300	202	442
	Máximo da curva (UFC/100 mL)	120.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	800
	Instante do pico da curva (dias)	78	78	78	41	132	204

Tabela 5.2 – Valores característicos das curvas de crescimento das células C1 a C6 para coliformes totais (CPVDF).

	Coliformes totais	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CPVDF	Eliminação completa (dias)	300	300	133	337	300	337
	Máximo da curva (UFC/100 mL)	4.400	2.100	1.100	350	1.500	4.900
	Instante do pico da curva (dias)	204	204	78	132 - 204	78 - 111	132

Tabela 5.3 – Valores característicos das curvas de crescimento das células C1 a C6 para coliformes fecais (CPVDF).

	Coliformes fecais	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CPVDF	Eliminação completa (dias)	202	300	133	337	14	337
	Máximo da curva (UFC/100 mL)	30	36	70	91	-	3
	Instante do pico da curva (dias)	78-132	132 - 204	111	132	-	301

As Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3, montadas a partir de dados obtidos no Centro de Pesquisas Veterinárias Desidério Finamor, a Tabela A16 e as Figuras A1, A2 e A3 do Anexo A levaram aos seguintes resultados:

Mesófilos hemolíticos

- Em todas as células, se estabeleceram as curvas de crescimento, embora nas células C2, C3 e C5 os picos tenham sido pequenos;
- em nenhuma das células o tempo para eliminação completa excedeu 450 dias;
- comparando as células C1 e C6 (Tabela 5.1), as quais contêm, respectivamente, RSU e RSSS, notou-se que a célula que contém somente RSU apresentou maior concentração de mesófilos hemolíticos no pico de concentração do que a célula C6 que contém somente RSSS;
- a célula C6, que possuía a maior percentagem de RSSS, foi aquela com menor quantidade de mesófilos hemolíticos no lixiviado;
- o máximo valor de pico para mesófilos hemolíticos se apresentou para as células C2, C3, C4, e C5, sendo de 3.000.000 UFC/ 100 mL;

- as células C2, C3, C4 e C5 apresentaram concentração máxima de 3.000.000 UFC/100mL, sendo esse o valor da primeira contagem, a partir da qual ocorreu redução dos valores.

Coliformes totais

- Em todas as células, se estabeleceram as curvas de crescimento, e, em nenhuma delas, o tempo para eliminação completa excedeu 337 dias;
- o máximo valor de pico, de 4.900 NMP/ 100 mL, do dia 132 (Tabela 5.2), se apresentou para a célula C6, a qual possuía somente RSSS. Entretanto, comparando as células C1 e C6, as quais contêm, respectivamente, RSU e RSSS, notou-se que a célula C1, que contém somente RSU, apresentou concentração de coliformes totais no pico de concentração de 4.400 UFC/ 100 mL, bastante semelhante à célula C6.

Coliformes fecais

- Relativamente aos resultados fornecidos pelo CPVDF, em todas as células, se estabeleceram as curvas de crescimento, com exceção da célula C5, e em nenhuma delas o tempo para eliminação completa excedeu 337 dias (Tabela 5.3);
- comparando as células C1 e C6 (Tabela 5.3), as quais continham, respectivamente, RSU e RSSS, notou-se que a célula que continha somente RSU apresentou maior concentração de coliformes fecais no pico de concentração do que a célula C6 que apresentava somente RSSS;
- o máximo valor de pico, de 91 NMP/ 100 mL, no dia 132, se apresentou para a célula C4, a qual possuía relação de RSSS/RSU de 1/1;
- em 14 dias, já não havia coliformes fecais na célula C5.

Na Tabela 5.4, são apresentadas as espécies de microrganismos, pesquisadas por laboratório particular, no lixiviado das células de codisposição, em duas amostragens realizadas durante o transcorrer do trabalho.

Tabela 5.4 – Espécies encontradas no lixiviado das células de codisposição nos dias 183 e 293 de operação do aterro (Pró-Ambiente).

Microrganismo	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CTB aeróbios	x	x	x	x	x	x
<i>Proteus sp</i>	x	x	x	x	-	-
Clostrídios sulfito-redutores	x	x	x	x	x	x
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	x	x	-	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Shigella sp</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Leptospira spp</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Streptococcus sp</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Vibrio cholerae</i>	-	-	-	-	-	-
Rotavírus	-	-	-	-	-	-

Os resultados apresentados nas Tabelas A18 e A19 do Anexo A (183 e 293 dias de operação das células) mostraram que a presença dos microrganismos pesquisados ocorreu de forma semelhante para todas as células. Além disso, pôde-se perceber inclusive que as células que contêm maior percentagem de RSSS foram aquelas em que a presença de *Staphylococcus aureus* e *Proteus sp* não se verificou, comparativamente às demais células.

No item 5.1.17.2, apresenta-se o segundo critério de comparação entre as células.

5.1.17.2 Resultado da comparação entre as células de codisposição através das taxas de degradação (constante de velocidade) do material depositado nas células (reator descontínuo de volume constante)

Os gráficos gerados, nos quais são apresentados os dados do modelo e os dados reais da concentração de DQO total são apresentados nas Figuras 5.32 a 5.37.

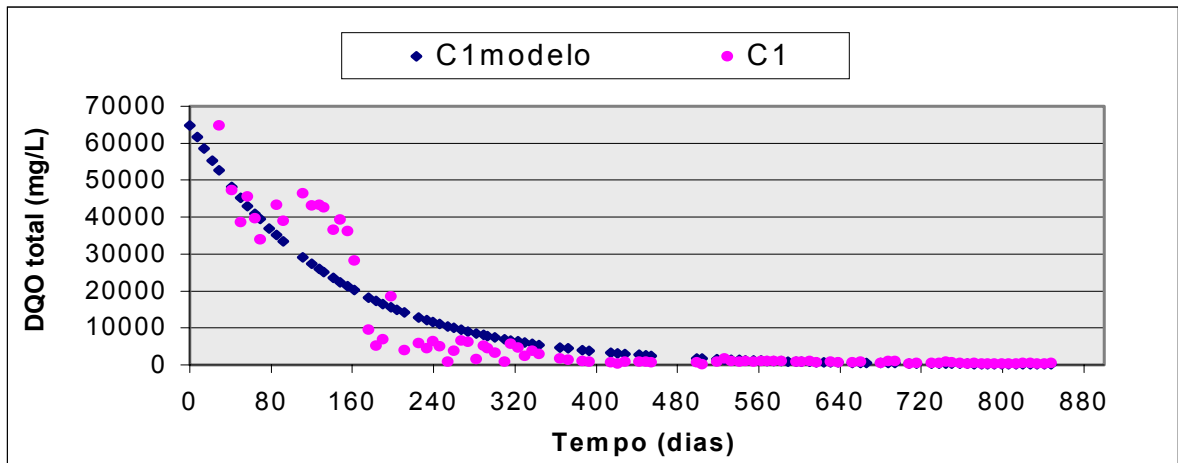


Figura 5.32 – Comparação entre as curvas de decaimento real e do modelo para DQO total (célula C1).

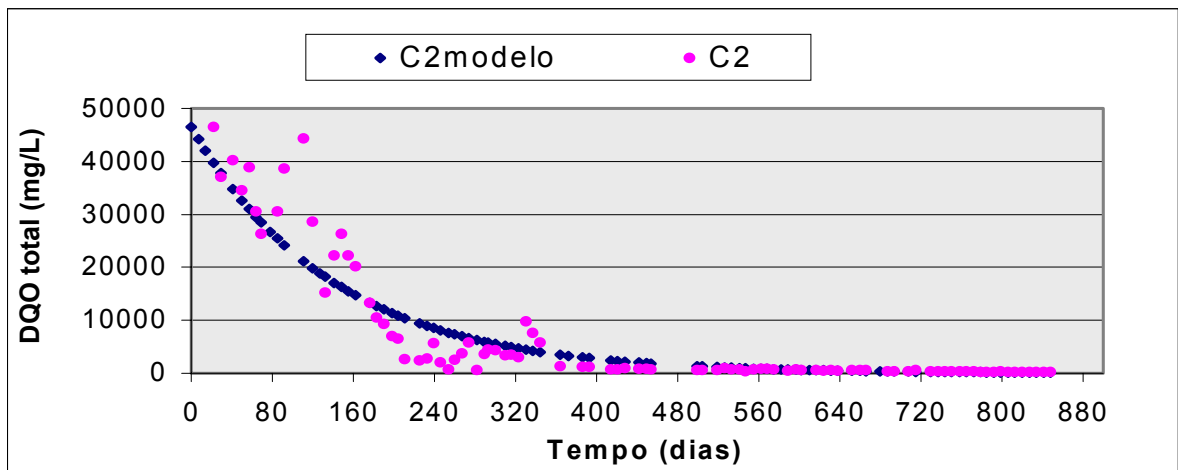


Figura 5.33 – Comparação entre as curvas de decaimento real e do modelo para DQO total (célula C2).

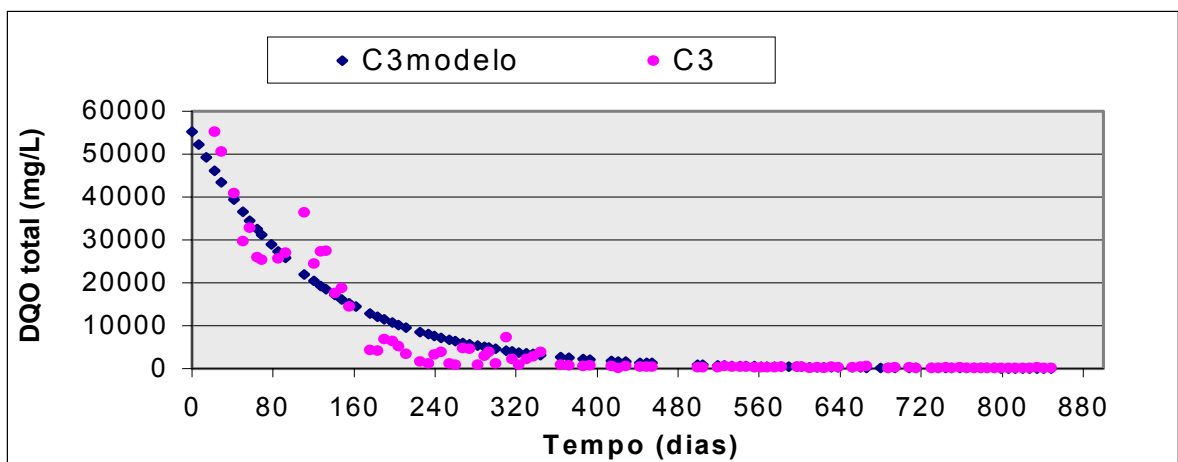


Figura 5.34 – Comparação entre as curvas de decaimento real e do modelo para DQO total (célula C3).

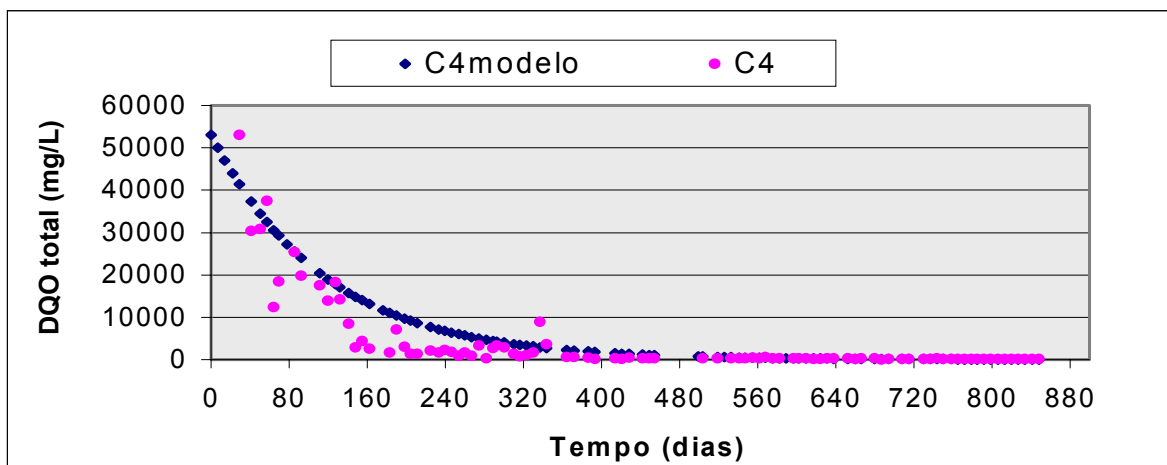


Figura 5.35 – Comparação entre as curvas de decaimento real e do modelo para DQO total (célula C4).

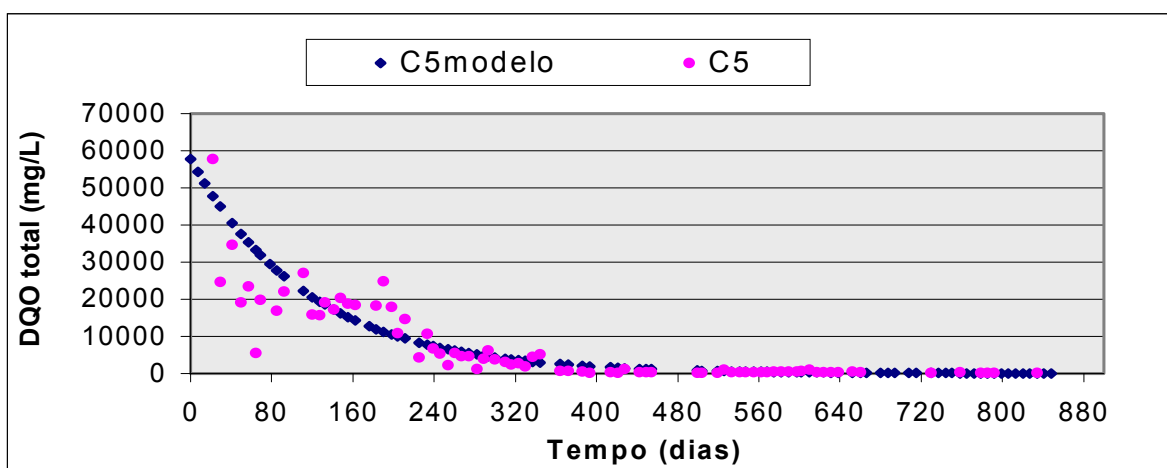


Figura 5.36 – Comparação entre as curvas de decaimento real e do modelo para DQO total (célula C5).

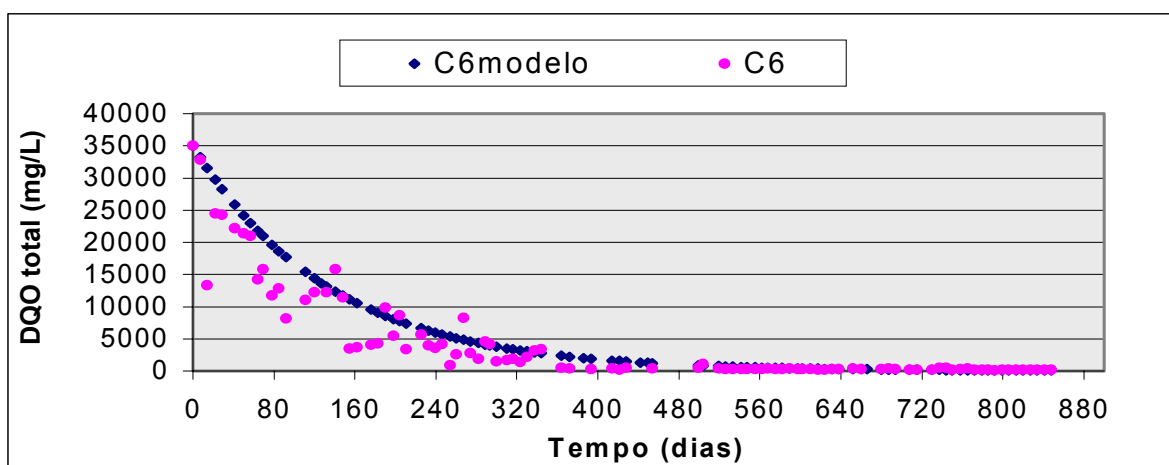


Figura 5.37 – Comparação entre as curvas de decaimento real e do modelo para DQO total (célula C6).

Como já foi referido no Capítulo 4 – Materiais e Métodos, item 4.4.1.2, os valores obtidos para as constantes de velocidade e as equações do modelo podem ser visualizados na Tabela 5.5. Ademais, as discussões a respeito desse critério de comparação são apresentadas no item 6.1.17.2.

Tabela 5.5 – Constantes de velocidade do decaimento da concentração de DQO total para as células C1 a C6.

Célula	Equação do modelo (mg/L)	Constante de velocidade (dia⁻¹)
C1	$C_{DQO\ total}(t) = 64821 \cdot e^{-0,0072.t}$	kC1 = 0,0072
C2	$C_{DQO\ total}(t) = 46487 \cdot e^{-0,0071.t}$	kC2 = 0,0071
C3	$C_{DQO\ total}(t) = 55289 \cdot e^{-0,0083.t}$	kC3 = 0,0083
C4	$C_{DQO\ total}(t) = 53060 \cdot e^{-0,0086.t}$	kC4 = 0,0086
C5	$C_{DQO\ total}(t) = 57765 \cdot e^{-0,0086.t}$	kC5 = 0,0086
C6	$C_{DQO\ total}(t) = 34988 \cdot e^{-0,0074.t}$	kC6 = 0,0074

Comparando-se os valores de “k” entre si, pôde-se perceber que a diferença apresentada é muito pequena, confirmando a semelhança entre as células no que se refere à velocidade de degradação da matéria orgânica.

No item 5.1.17.3, apresenta-se o terceiro critério de comparação entre as células.

5.1.17.3 Resultado da comparação entre as células de codisposição através das alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro sanitário

Este critério de comparação apresenta gráficos em que o pH das células ao longo do tempo é relacionado com um índice calculado através da razão entre o valor atual e o máximo valor da variável em questão. As variáveis apresentadas nesses gráficos são, portanto, pH, amônia, DQO total, DBO₅ total e NTK.

A comparação se estabeleceu pela similitude ou diferença existente entre as linhas obtidas para variáveis iguais para as células C1 a C6. Além disso, esses gráficos foram comparados com gráficos semelhantes apresentados pela bibliografia (POHLAND *et al.*,

1986) com o intuito de verificar, se as células experimentais realmente seguem a mesma dinâmica apresentada em aterros conhecidos. A Figura 5.38 apresenta uma referência da bibliografia.

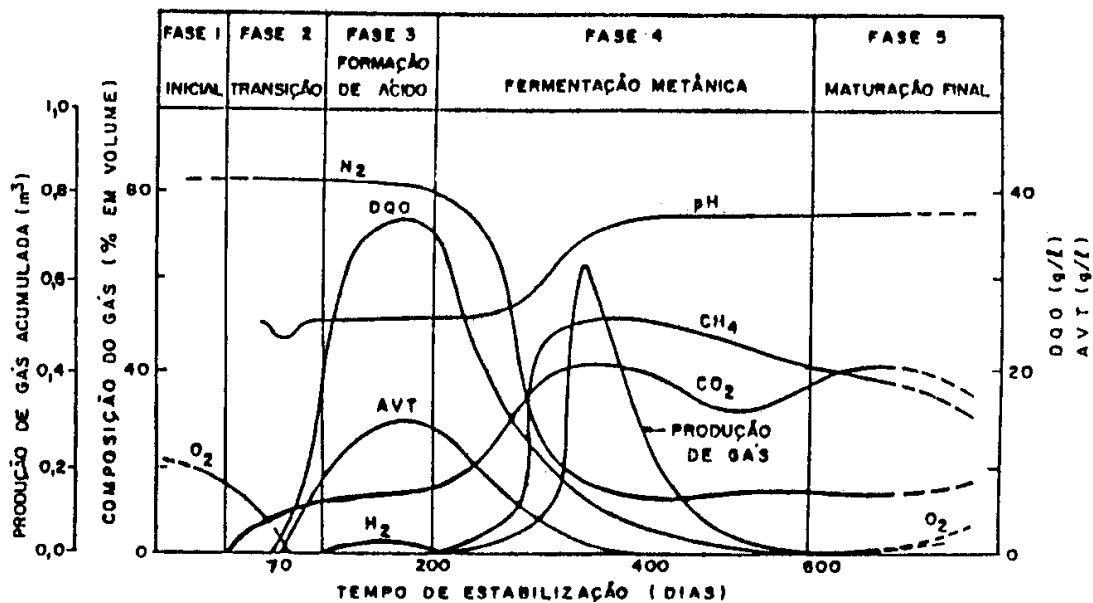


Figura 5.38 – Composição do gás e lixiviado de aterros sanitários (POHLAND et al.,1986).

Será utilizado o gráfico da Figura 5.38 para estabelecer comparações com os gráficos obtidos nesse trabalho, embora nestes não tenham sido incluídos dados de gases e ácidos voláteis. Embora nos gráficos das Figuras 5.39 a 5.44, sejam apresentadas as variáveis amônia, DQO total, DBO5 total, NTK e pH, as variáveis em comum nestes gráficos e no gráfico da Figura 5.38, são somente DQO, amônia e pH. São essas variáveis, portanto, que foram comparadas com o gráfico referenciado na bibliografia.

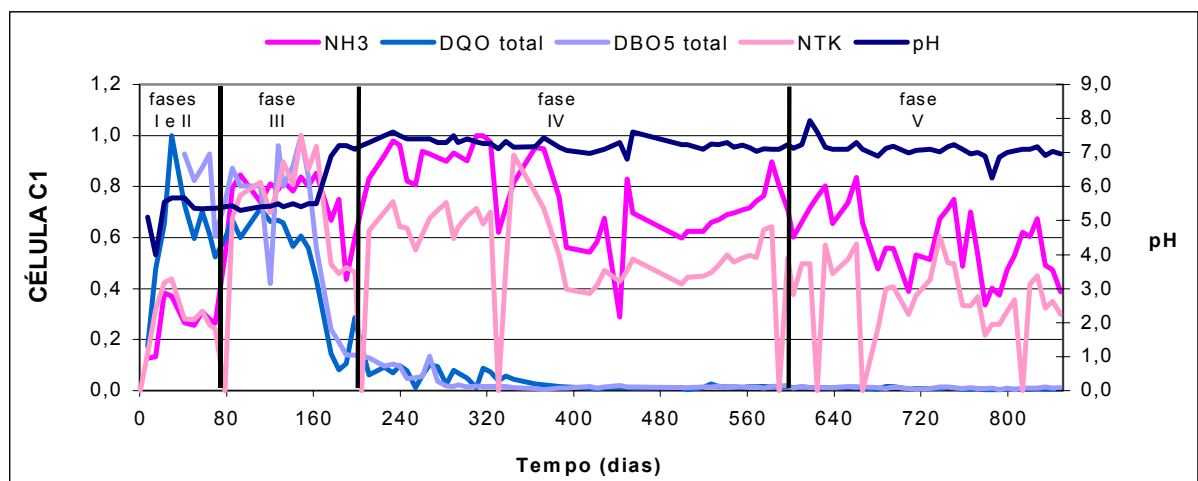


Figura 5.39 – Alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro para a Célula C1.

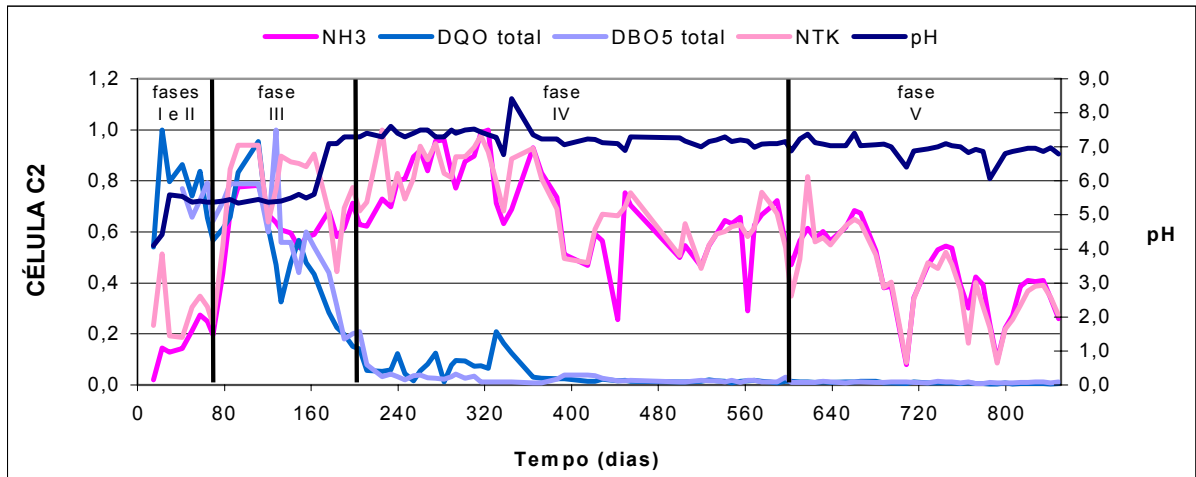


Figura 5.40 – Alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro para a Célula C2.

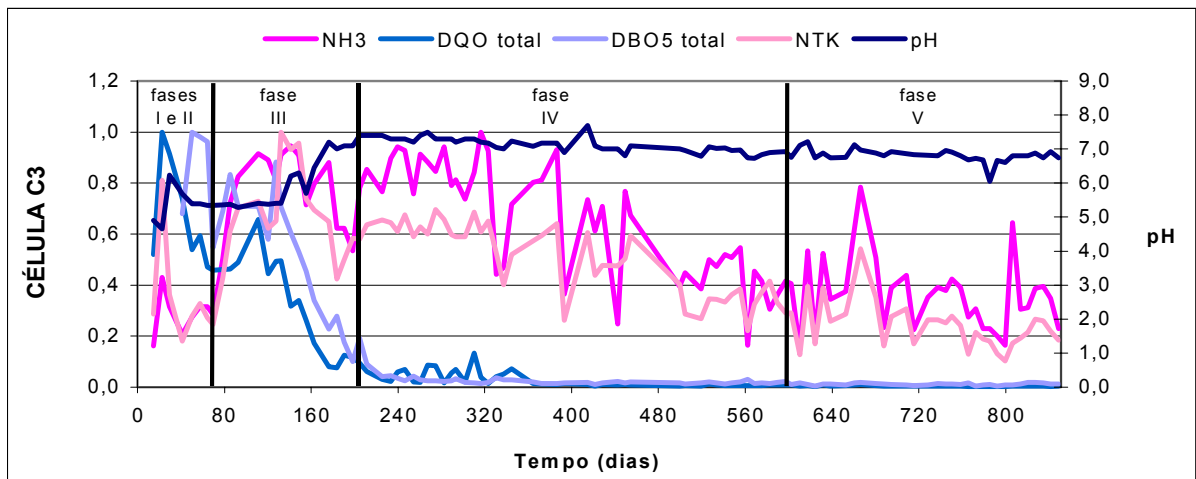


Figura 5.41 – Alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro para a Célula C3.

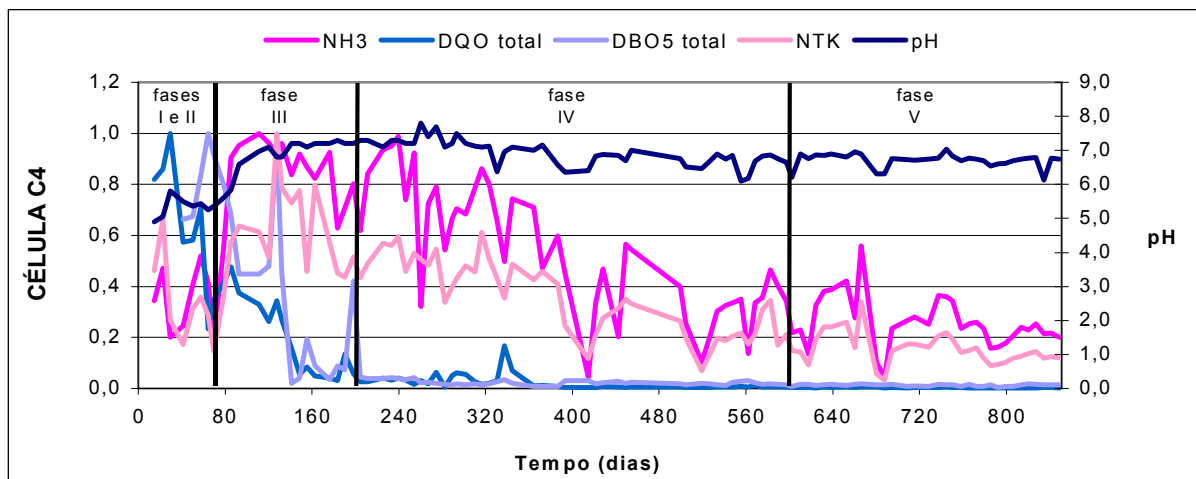


Figura 5.42 – Alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro para a Célula C4.

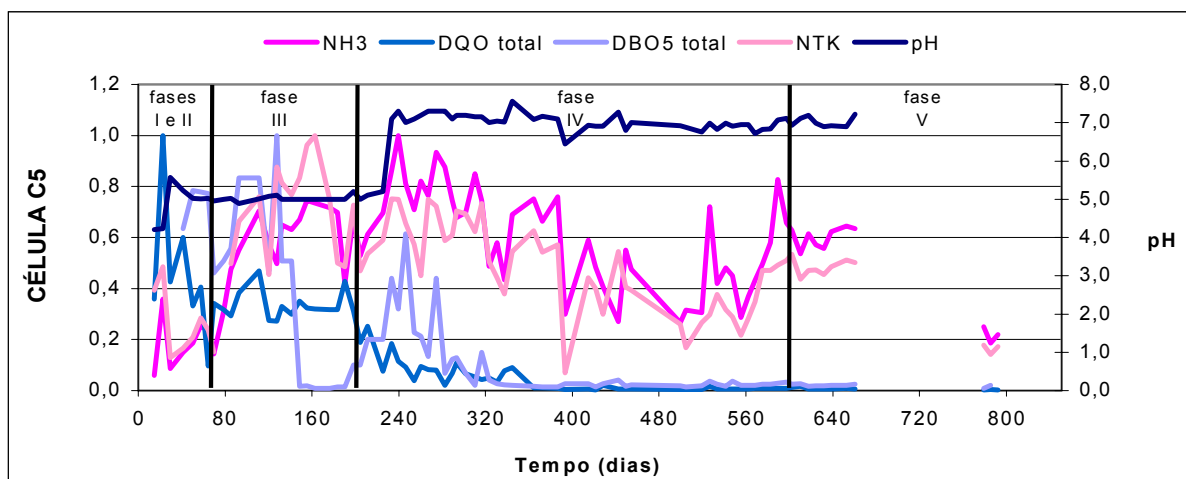


Figura 5.43 – Alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro para a Célula C5.

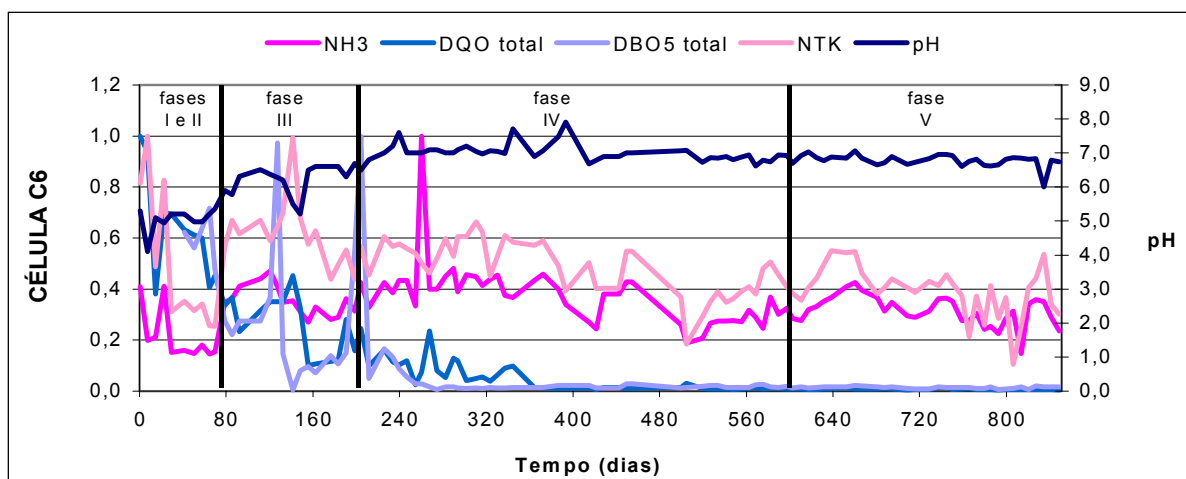


Figura 5.44 – Alterações nas variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro para a Célula C6.

Comparando as curvas obtidas entre células e com o gráfico da Figura 5.39 a 5.44, pôde-se chegar aos seguintes resultados:

- para todas as variáveis estudadas, as curvas seguiram a mesma tendência na comparação entre células.
- **DQO**: as curvas formadas para DQO, nas Figuras 5.39 a 5.44, seguiram a mesma tendência apresentada na Figura 5.38.

- **Amônia:** as curvas formadas para amônia, nas Figuras 5.39 a 5.44, seguiram a mesma tendência apresentada na Figura 5.38.
- **pH:** as curvas formadas para pH, nas Figuras 5.39 a 5.44, seguiram a mesma tendência apresentada na Figura 5.38.

5.2 Resultados da segunda etapa (*Recirculação*)

A recirculação foi iniciada no dia 694, ou seja, dois anos e um mês após o início da operação das células. A recirculação foi implementada somente a partir desse momento, porque, do contrário, poderia provocar o “azedamento” das células. Assim, na prática, a eficiência atribuída à recirculação foi monitorada na observação feita a partir do dia 708 (próxima coleta depois do dia 694), das mesmas variáveis observadas na primeira etapa para o lixiviado das células. Portanto as mesmas tabelas e gráficos da primeira etapa foram analisados a fim de estudar o comportamento das variáveis quanto à recirculação. Registre-se, antecipadamente, que, a partir do dia 610, se iniciou um aumento nas concentrações das variáveis observadas e se percebeu um decréscimo nos valores de C1 a C6, o que provavelmente tenha sido conseqüência da recirculação do lixiviado.

5.2.1 Situação das variáveis analisadas após o início da recirculação de lixiviado

Considerando que a *Recirculação* não deixa de ser uma continuação da *Codisposição*, os resultados referentes à *Recirculação* serão apresentados via comparação com a *Codisposição*, a fim de verificar-se quais os efeitos da mudança de procedimento.

Para condutividade, cor aparente, pH, potencial redox, turbidez, DBO₅ total, DQO total, NTK, amônia, metais, ácido acético equivalente, sólidos totais, fixos e voláteis, gases e temperatura das células, manteve-se a tendência observada na *Codisposição*.

O mesmo não ocorreu com o volume lixiviado, o qual apresentou uma tendência de redução mais acentuada a partir do início da recirculação. No item 5.2.2, são feitas observações a respeito do volume lixiviado.

Sendo a DQO uma variável de controle de grande importância em aterros sanitários, ela será explorada em maior profundidade no item 5.2.4.

5.2.2 Volume recirculado

Na Figura 5.45, observam-se os resultados de percentagem de volume recirculado, através dos quais se estabelece comparação entre as células quanto a essa variável.

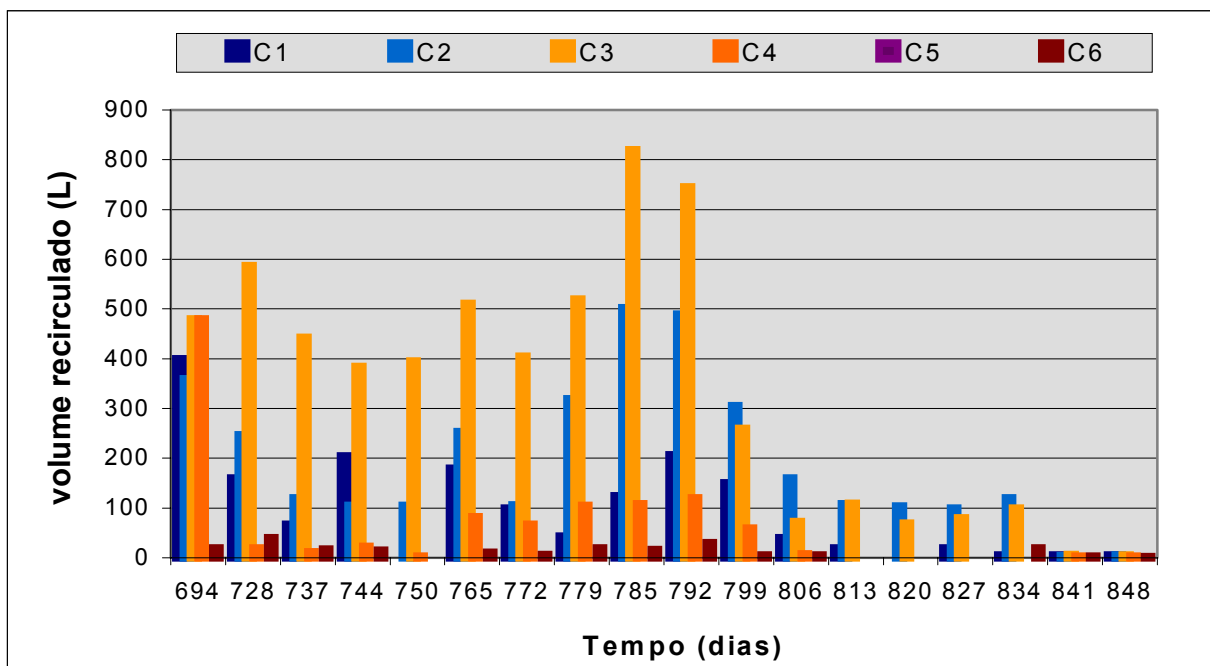


Figura 5.45 – Percentagem de volume recirculado.

A célula C3 é a célula que apresenta maior volume de lixiviado nesse período e, portanto, de volume recirculado. A célula C5 praticamente deixou de apresentar lixiviado a

partir do dia 800, e a célula C2 é a que apresentou os maiores volumes de lixiviado nesse período.

Em todas as células, com exceção da célula C5, observam-se dois picos, o que sugere que algum fator externo como a precipitação tenha tido influência nesses eventos. Ainda, relativamente a todas as células, pode-se perceber uma tendência de redução mais acentuada a partir do dia 810 nos valores de volume recirculado.

No item 5.2.3, apresentam-se os resultados do experimento de apoio realizado sobre o poder germinativo de forrageiras de inverno e de verão, na presença e ausência de lixiviado.

5.2.3 Poder germinativo de forrageiras na presença e ausência de lixiviado

Os resultados obtidos para o lixiviado utilizado como meio de cultura estão em conformidade com aqueles indicados pela bibliografia para aterros sanitários nas mesmas condições.

Na Tabela 5.6 apresentam-se os resultados da caracterização do lixiviado utilizado para umidificação do substrato argiloso para o experimento de poder germinativo.

Tabela 5.6 – Caracterização do lixiviado utilizado para umidificação do substrato argiloso.

Variável	Método de análise*	Resultados
Condutividade	Potenciométrico	20.000 micromhos/cm
Cor aparente	Potenciométrico	3.000 mg Pt/L
pH	Potenciométrico	8,3
Potencial redox	Potenciométrico	93 mV
Turbidez	Nefelométrico	6.400 UNT
Amônia	Titulométrico	1.520 mg NH ₃ -N/L
NTK	Macro-Kjeldahl	2.114,7 mg/L
DQO total	Titulação em refluxo fechado	2.777 mg O ₂ /L

* *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 1995.

Nas Tabelas 5.7 e 5.8, apresentam-se os dados de poder germinativo obtidos para as sementes de inverno e de verão respectivamente.

Tabela 5.7 – Número de **sementes de inverno** germinadas (normais e anormais) e não germinadas (duras e mortas).

Sementes		Normais				Anormais				Duras e mortas			
Legenda		<u>E</u>	E	<u>Av</u>	Av	<u>E</u>	E	<u>Av</u>	Av	<u>E</u>	E	<u>Av</u>	Av
INVERNO	①	<u>68</u>	88	<u>72</u>	78	<u>21</u>	8	<u>1</u>	5	<u>11</u>	4	<u>27</u>	17
	②	<u>74</u>	87	<u>74</u>	86	<u>8</u>	12	<u>12</u>	5	<u>18</u>	1	<u>14</u>	9
	③	<u>74</u>	88	<u>66</u>	84	<u>9</u>	9	<u>11</u>	5	<u>17</u>	3	<u>23</u>	11
	④	<u>67</u>	86	<u>72</u>	81	<u>15</u>	10	<u>11</u>	0	<u>18</u>	4	<u>17</u>	19
	média	<u>70,75</u>	87,25	<u>71,00</u>	82,25	<u>13,25</u>	9,75	<u>8,75</u>	3,75	<u>16,00</u>	3,00	<u>20,25</u>	14,00

Tabela 5.8 – Número de **sementes de verão** germinadas (normais e anormais) e não germinadas (duras e mortas).

Sementes		Normais				Anormais				Duras e mortas			
Legenda		<u>Al</u>	Al	<u>P</u>	P	<u>Al</u>	Al	<u>P</u>	P	<u>Al</u>	Al	<u>P</u>	P
VERÃO	①	<u>72</u>	76	<u>66</u>	75	<u>4</u>	5	<u>2</u>	0	<u>24</u>	19	<u>32</u>	25
	②	<u>84</u>	64	<u>69</u>	75	<u>0</u>	0	<u>2</u>	0	<u>16</u>	36	<u>29</u>	25
	③	<u>82</u>	68	<u>65</u>	73	<u>0</u>	3	<u>2</u>	0	<u>18</u>	29	<u>33</u>	27
	④	<u>79</u>	70	<u>64</u>	77	<u>1</u>	0	<u>3</u>	0	<u>20</u>	30	<u>33</u>	23
	média	<u>79,25</u>	69,50	<u>66,00</u>	75,00	<u>1,25</u>	2,00	<u>2,25</u>	0,00	<u>19,5</u>	28,50	<u>31,75</u>	25,00

Nas Tabelas 5.9 a 5.14, são apresentados os resultados dos testes de *Análise de Variância* para a comparação das culturas de inverno e de verão selecionadas para estudo nesse trabalho, considerando as variáveis *Normais*, *Anormais* e *Duras/Mortas*.

Nesse estudo, dos dados levantados, os mais importantes foram aqueles das sementes germinadas de forma normal, *normais de inverno* e *normais de verão*, sendo esse o poder germinativo de uma cultura vegetal.

Os resultados de sementes anormais e duras/mortas foram interessantes para este trabalho, tendo em vista que refletiram o efeito do lixiviado nas culturas estudadas.

Tabela 5.9 – Análise de variância do delineamento (*Sementes Normais de Inverno*).

<u>E</u>	E	<u>Av</u>	Av						
68	88	72	78						
74	87	74	86						
74	88	66	84						
67	86	72	81						
283	349	284	329	Total geral	1245				
70,75	87,25	71,00	82,25	Média geral	77,81				
Causas da Variação				GL	SQ	QM	Fcalcul	Fc (5%)	Fc (1%)
Ch_Sem*				1	770,06	770,06	78,14588	4,75	9,33*
E_Av**				1	22,56	22,56	2,28964	4,75	9,33
Ch_Sem * E_Av				1	27,56	27,56	2,79704	4,75	9,33
Resíduo				12	118,25	9,85			
Total				15	938,44				

Ch_Sem* = causa de variação referente ao fator “presença e ausência de lixiviado”.

E_Av** = causa de variação referente ao fator “espécie vegetal” (ervilhaca e aveia).

Ch_Sem * E_Av = causa de variação referente ao fator “interação lixiviado * espécie vegetal”.

RESULTADOS

- **Fator lixiviado:** existe diferença significativa entre a aplicação e a não aplicação de lixiviado ao nível de significância de 1% para sementes normais de inverno.

De acordo com as médias apresentadas na Tabela 5.7,

E: 70,75 e E: 87,25, a aplicação de lixiviado foi prejudicial ao poder germinativo da espécie ervilhaca.

Av: 71,00 e Av: 82,25, a aplicação de lixiviado foi prejudicial ao poder germinativo da espécie aveia.

- **Fator espécie:** não existe diferença significativa entre as espécies ao nível de significância de 5% para sementes normais de inverno.
- **Interação:** não existe diferença significativa na interação entre presença/ausência de lixiviado e espécies ao nível de significância de 5% para sementes normais de inverno.

Tabela 5.10 – Análise de variância do delineamento (*Sementes Anormais de Inverno*).

<u>E</u>	E	<u>Av</u>	Av						
21	8	1	5						
8	12	12	5						
9	9	11	5						
15	10	11	0						
53	39	35	15	Total geral	142				
13,25	9,75	8,75	3,75	Média geral	8,88				
Causas da Variação				GL	SQ	QM	Fcalcul	Fc (5%)	Fc (1%)
Ch_Sem				1	72,25	72,25	3,99539	4,75	9,33
E_Av				1	110,25	110,25	6,09677	4,75	9,33
Ch_Sem * E_Av				1	2,25	2,25	0,12442	4,75	9,33
Resíduo				12	217,00	18,08			
Total				15	401,75				

RESULTADOS

- **Fator lixiviado:** não existe diferença significativa entre a aplicação e a não aplicação de lixiviado ao nível de significância de 5% para sementes anormais de inverno.
- **Fator espécie:** não existe diferença significativa entre as espécies ao nível de significância de 1% para sementes anormais de inverno.
- **Interação:** não existe diferença significativa na interação entre presença/ausência de lixiviado e espécies ao nível de significância de 5% para sementes anormais de inverno.

Tabela 5.11 – Análise de variância do delineamento (*Sementes Duras/Mortas de Inverno*).

<u>E</u>	E	<u>Av</u>	Av						
11	4	27	17						
18	1	14	9						
17	3	23	11						
18	4	17	19						
64	12	81	56	Total geral	213				
16,00	3,00	20,25	14,00	Média geral	13,31				
Causas da Variação				GL	SQ	QM	Fcalcul	Fc (5%)	Fc (1%)
Ch_Sem				1	370,56	370,56	21,09964	4,75	9,33*
E_Av				1	232,56	232,56	13,24199	4,75	9,33*
Ch_Sem * E_Av				1	45,56	45,56	2,59431	4,75	9,33
Resíduo				12	210,75	17,56			
Total				15	859,44				

RESULTADOS

- **Fator lixiviado:** existe diferença significativa entre a aplicação e a não aplicação de lixiviado ao nível de significância de 1% para sementes duras/mortas de inverno.

De acordo com as médias apresentadas na Tabela 5.7,

E: 16,00 e E: 3,00, a aplicação de lixiviado favoreceu a ocorrência de sementes duras/mortas da espécie ervilhaca.

Av: 20,25 e Av: 14,00, a aplicação de lixiviado favoreceu a ocorrência de sementes duras/mortas da espécie aveia.

- **Fator espécie:** existe diferença significativa entre as espécies ao nível de significância de 1% para sementes duras/mortas de inverno.

De acordo com as médias apresentadas na Tabela 5.7,

E: 16,00 e Av: 20,25, na presença de lixiviado, a espécie aveia apresentou maior número de sementes duras/mortas.

E: 3,00 e Av: 14,00, na ausência de lixiviado, a espécie aveia apresentou maior número de sementes duras/mortas.

- **Interação:** não existe diferença significativa na interação entre presença/ausência de lixiviado e espécies ao nível de significância de 5% para sementes duras/mortas de inverno.

Tabela 5.12 – Análise de variância do delineamento (*Sementes Normais de Verão*).

<u>AI</u>	AI	<u>P</u>	P						
72	76	66	75						
84	64	69	75						
82	68	65	73						
79	70	64	77						
317	278	264	300	Total geral	1159				
79,25	69,50	66,00	75,00	Média geral	72,44				
Causas da Variação				GL	SQ	QM	Fcalcul	Fc (5%)	Fc (1%)
Ch_Sem				1	0,56	0,56	0,03755	4,75	9,33
AI_P				1	60,06	60,06	4,00974	4,75	9,33
Ch_Sem * AI_P				1	351,56	351,56	23,47010	4,75	9,33*
Resíduo				12	179,75	14,98			
Total				15	591,94				

RESULTADOS

- **Fator lixiviado:** não existe diferença significativa entre a aplicação e a não aplicação de lixiviado ao nível de significância de 5% para sementes normais de verão.
- **Fator espécie:** não existe diferença significativa entre as espécies ao nível de significância de 5% para sementes normais de verão.
- **Interação:** existe diferença significativa na interação entre presença/ausência de lixiviado e espécies ao nível de significância de 1% para sementes normais de verão.

De acordo com a Tabela 5.8,

- na presença de lixiviado, a espécie que apresentou maior poder germinativo foi alfafa;
- na ausência de lixiviado, a espécie que apresentou maior poder germinativo foi pensacola;
- alfafa apresentou maior poder germinativo na presença de lixiviado do que na ausência; e
- pensacola apresentou maior poder germinativo na ausência de lixiviado do que na presença.

Tabela 5.13 – Análise de variância do delineamento (*Sementes Anormais de Verão*).

<u>AI</u>	AI	<u>P</u>	P						
4,5	5,5	2,5	0,5						
0,5	0,5	2,5	0,5						
0,5	3,5	2,5	0,5						
1,5	0,5	2,5	0,5						
7,0	10,0	10,0	2,0	Total geral		29			
1,75	2,50	2,50	0,50	Média geral		1,81			
Causas da Variação				GL	SQ	QM	Fcalcul	Fc (5%)	Fc (1%)
Ch_Sem				1	1,56	1,56	0,65217	4,75	9,33
AI_P				1	1,56	1,56	0,65217	4,75	9,33
Ch_Sem * AI_P				1	7,56	7,56	3,15652	4,75	9,33
Resíduo				12	28,75	2,40			
Total				15	39,44				

RESULTADOS

- **Fator lixiviado:** não existe diferença significativa entre a aplicação e a não aplicação de lixiviado ao nível de significância de 5% para sementes anormais de verão.

- **Fator espécie:** não existe diferença significativa entre as espécies ao nível de significância de 5% para sementes anormais de verão.
- **Interação:** não existe diferença significativa na interação entre presença/ausência de lixiviado e espécies ao nível de significância de 5% para sementes anormais de verão.

Tabela 5.14 – Análise de variância do delineamento (*Sementes Duras/Mortas de Verão*).

<u>AI</u>	AI	<u>P</u>	P						
24	19	32	25						
16	36	29	25						
18	29	33	27						
20	30	33	23						
78	114	127	100	Total geral	419				
19,50	28,50	31,75	25,00	Média geral	26,19				
Causas da Variação				GL	SQ	QM	Fcalcul	Fc (5%)	Fc (1%)
Ch_Sem				1	5,06	5,06	0,29963	4,75	9,33
AI_P				1	76,56	76,56	4,53144	4,75	9,33
Ch_Sem * AI_P				1	248,06	248,06	14,68187	4,75	9,33*
Resíduo				12	202,75	16,90			
Total				15	532,44				

RESULTADOS

- **Fator lixiviado:** não existe diferença significativa entre a aplicação e a não aplicação de lixiviado ao nível de significância de 5% para sementes duras/mortas de verão.
- **Fator espécie:** não existe diferença significativa entre as espécies ao nível de significância de 5% para sementes duras/mortas de verão.
- **Interação:** existe diferença significativa na interação entre presença/ausência de lixiviado e espécies ao nível de significância de 1% para sementes duras/mortas de verão.

De acordo com a Tabela 5.8,

- na presença de lixiviado, a espécie que apresentou maior número de sementes duras/mortas foi pensacola;
- na ausência de lixiviado, a espécie que apresentou maior número de sementes duras/mortas foi alfafa;
- alfafa apresentou maior número de sementes duras/mortas na ausência de lixiviado do que na presença; e
- pensacola apresentou maior número de sementes duras/mortas na presença de lixiviado do que na ausência.

Na Tabela 5.15, apresenta-se o resumo dos resultados das análises de variância.

Tabela 5.15 – Resumo dos resultados dos testes de análise de variância do experimento das sementes.

Fatores\Variáveis	Inverno			Verão		
	Normais	Anormais	Duras/Mortas	Normais	Anormais	Duras/Mortas
Fator lixiviado	*	ns	*	ns	ns	ns
Fator espécie	ns	ns	*	ns	ns	ns
Interação	ns	ns	ns	*	ns	*

* – Efeito significativo de diferença pelo teste F.

ns – Efeito não significativo de diferença pelo teste F.

5.2.4 DQO total

Os resultados de DQO total durante a recirculação são apresentados na Tabela A7 e na Figura 5.8.

A célula C1, seguindo a tendência da primeira etapa, continuou sendo aquela que apresentou os valores mais elevados para DQO total na segunda etapa. A célula C4 apresentou os menores valores, praticamente durante todo o período que compreendeu a recirculação.

Considerando-se o intervalo de tempo em que se processou a recirculação (do dia 694 até o dia 848), o valor mais elevado de DQO total apresentou-se justamente no dia 694 para a Célula C1, e o menor valor, de 95 mg O₂/L ocorreu para a célula C4.

A recirculação do lixiviado foi observada pelo período de 155 dias. Considerando-se o início e o final deste período, pode-se afirmar que houve redução nos valores para todas as células, embora essa redução tenha sido praticamente insignificante com exceção da célula C1 que passou de 1.083 mg O₂/L para 583 mg O₂/L.

5.3 Resultados da terceira etapa (*Inoculação*)

Nos itens 5.3.1 e 5.3.2, serão apresentados, respectivamente, os resultados da caracterização do lixiviado bruto utilizado no experimento de inoculação, antes e após a sua esterilização, e também os resultados das análises microbiológicas propriamente ditas.

5.3.1 Caracterização do lixiviado para o experimento de *Inoculação*

A caracterização do lixiviado, antes e após a esterilização, apresentada na Tabela 5.16, mostrou que ocorrem pequenas modificações nas variáveis analisadas nas duas situações distintas.

Apenas o pH e o potencial redox apresentaram modificações mais acentuadas.

O pH passou de 7,6 para 9,0, e o potencial redox passou de 63 mV para -6 mV, modificando o meio de aeróbio para anaeróbio.

Tabela 5.16 – Variáveis analisadas no lixiviado com o fim de caracterizá-lo.

Variável	Método de análise*	Resultados (antes da esterilização)	Resultados (após a esterilização)
Condutividade	potenciométrico	17.000 micromhos/cm	13.600 micromhos/cm
Cor aparente	potenciométrico	3.500 mg Pt/L	3.500 mg Pt/L
pH	potenciométrico	7,6	9,0
Potencial redox	potenciométrico	63 mV	-6 mV
Turbidez	nefelométrico	110 UNT	80 UNT
Amônia	titulométrico	1.544,8 mg NH ₃ -N/L	1.440,7 mg NH ₃ -N/L
NTK	macro-kjeldahl	1.845,1 mg/L	2.114,7 mg/L
DQO total	titulação em refluxo fechado	2.090 mg O ₂ /L	2.751 mg O ₂ /L
Sólidos totais	gravimétrico	9.742 mg/L	11.898 mg/L
Sólidos fixos	gravimétrico	7.894 mg/L	9.906 mg/L
Sólidos voláteis	gravimétrico	1.848 mg/L	1.992 mg/L

* *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 1995.

5.3.2 Análises microbiológicas referentes à etapa de *Inoculação*

Os resultados referentes a essa etapa do trabalho são apresentados nas Tabelas A20.1, A20.2 e A20.3 e Figuras A4, A5 e A6 do Anexo A.

Considerando que se formaram curvas de crescimento também a partir do lixiviado das células de codisposição da primeira etapa, observou-se que as curvas de crescimento apresentadas para os reatores da terceira etapa se formaram em períodos de tempo muito inferiores, quando comparadas às curvas de crescimento das células de codisposição.

A seguir serão apresentados, respectivamente, os resultados das análises dos microrganismos *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*, os quais foram inoculados em lixiviado de aterro sanitário bruto e esterilizado.

Escherichia coli

Na Tabela A20.1 e Figura A4 do Anexo A, observa-se que:

- Estabeleceram-se as curvas de crescimento em sistema fechado nos pH 5 e 7;
- a espécie *E. coli* adaptou-se melhor no pH 5, sendo a melhor adaptação de um microrganismo a determinado meio entendida em termos do maior número de células viáveis e também em termos do maior tempo de sobrevivência destas células;
- no pH 5, as células permaneceram viáveis até 528 h (22º. dia), último dia de coleta;
- no pH 7, as células permaneceram viáveis até 528 h (22º. dia), último dia de coleta;
- no pH 9, as células se inviabilizaram desde a primeira contagem.

Pseudomonas aeruginosa

Na Tabela A20.2 e Figura A5 do Anexo A, observa-se que:

- Estabeleceram-se as curvas de crescimento em sistema fechado nos pH 5 e 7;
- a espécie *P. aeruginosa* adaptou-se melhor no pH 7;
- no pH 5, as células permaneceram viáveis até 168 h (7º. dia) e voltaram a aparecer em 312 h, último dia de coleta;
- no pH 7, as células continuavam viáveis até 312 h (13º. dia), último dia de coleta;
- no pH 9, as células se inviabilizaram desde a primeira contagem

Staphylococcus aureus

Na Tabela A20.3 e Figura A6 do Anexo A, observa-se que:

- Estabeleceram-se as curvas de crescimento em sistema fechado nos pH 7 e 9, mas, nos gráficos, sua visualização não seria possível, porque a redução na concentração inicial foi muito intensa; por esse motivo, o ponto correspondente a 24 h foi retirado para possibilitar a visualização das curvas; todavia, as curvas também poderão ser identificadas através dos valores apresentados na Tabela A 20.3;
- a espécie *S. aureus* adaptou-se melhor no pH 7 e depois no pH 9, sendo a melhor adaptação de um microrganismo a determinado meio entendida em termos do maior número de células viáveis e também em termos do maior tempo de sobrevivência destas células.
- no pH 5, as células permaneceram viáveis até 96 h;
- no pH 7, as células continuavam viáveis até 322 h, último dia de coleta;
- no pH 9, as célula permaneceram viáveis até 192 h.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O gerenciamento de RSSS envolve questões de várias áreas do conhecimento. Partindo da engenharia sanitária, passando pela microbiologia e pela medicina, é necessário abordar inclusive aspectos do comportamento humano e de política social. São muitos os desdobramentos que dão margem à discussão. Talvez, por inexistência de pesquisas, a legislação se faça tão rigorosa.

Justamente por se tratar de um tema tão amplo, esse estudo não tem a pretensão de pôr um ponto final à discussão. Pelo contrário, os estudos realizados vêm-se somar aos elementos já existentes a fim de que a discussão possa evoluir, conduzindo a soluções viáveis economicamente, além de coerentes em termos da proteção ao meio ambiente e da segurança da população.

Nesse trabalho, abordaram-se principalmente tópicos relacionados à engenharia sanitária como a eficiência de funcionamento das células de codisposição, seu dimensionamento e custos (Anexo D), a recirculação do lixiviado como elemento de aumento da eficiência do processo, além do comportamento, em lixiviado de aterro sanitário, de determinados microrganismos julgados importantes nesse contexto.

Assim, no que se refere à codisposição de RSSS com RSU, podem ser feitas algumas considerações.

A preocupação da sociedade e dos órgãos de fiscalização se focaliza nas conseqüências da disposição de sangue e de outros líquidos potencialmente contaminados nos sistemas de esgoto municipais, mas da mesma forma, hospitais e outros estabelecimentos de saúde depositam seus dejetos nos sistemas de esgotamento municipais, se constituindo, em princípio, em situação ainda mais perigosa do que a contaminação de cursos d'água pelo lixiviado de aterro sanitário, uma vez que, em localidades sem tratamento de esgoto, ao deixar os estabelecimentos de saúde, os despejos contaminados seriam enviados diretamente aos cursos d'água.

Uma das dificuldades normalmente apresentadas ao se proceder a codisposição de resíduos urbanos com resíduos perigosos é o efeito prejudicial provocado por elementos tóxicos oriundos do metabolismo dos microrganismos responsáveis pela degradação. No caso da codisposição dos RSSS com RSU, não existirão tais efeitos, tendo em vista que a periculosidade dos RSSS é conferida justamente pela presença de microrganismos

potencialmente patogênicos na massa dos resíduos, os quais não apresentam o efeito de toxicidade.

Poderia haver problemas, se resíduos de medicamentos fossem depositados nas células de aterro, mas a coleta de resíduos sólidos dos estabelecimentos de saúde de Porto Alegre não recolhe sobras de medicamentos ou medicamentos vencidos, os quais poderiam produzir efeitos tóxicos para a microbiota do aterro, deixando de ser essa uma preocupação nesse estudo.

Não faz sentido avaliar a célula de aterro sanitário como uma entidade desvinculada no gerenciamento dos RSSS, pois elementos muito mais amplos do que a simples análise do desenvolvimento das taxas de degradação e da presença de microrganismos patogênicos em seu interior caracterizam a eficácia do método. Assim parece que resíduos dispostos a céu aberto sejam um problema muito mais grave do que resíduos adequadamente confinados em células de aterro sanitário, mesmo que para isso, por questões financeiras a mais das vezes, seja necessário realizar-se a codisposição.

Em tempo, o gerenciamento dos RSSS se torna bem menos oneroso a medida em que resíduos que antes eram considerados infectantes deixam de assim serem considerados (PÖNKÄ et al., 1996).

Mesmo que existam microrganismos potencialmente patogênicos no lixiviado das células e que se venha provar que essa é uma ameaça real à saúde da população, o problema poderá ser solucionado a partir de um tratamento desse lixiviado, precedendo seu lançamento em cursos d'água, o que, aliás, já é uma prática recomendada para o lixiviado de aterros sanitários que recebem somente resíduos domésticos.

Considerando o que foi apresentado, nesse capítulo serão discutidos os resultados obtidos para as três etapas que compuseram este trabalho, nos itens 6.1, 6.2 e 6.3, respectivamente, para as Etapas 1, 2 e 3.

6.1 Discussão dos resultados da primeira etapa – *Codisposição*

Nesse item, serão discutidos os resultados apresentados no Capítulo 5, no item 5.1, relativamente à primeira etapa do trabalho – *Codisposição*.

É importante ressaltar que, no caso de células de aterro sanitário que não recebem camadas de resíduos superpostas, como é o caso das células montadas para esse experimento, ao longo do tempo, a tendência é a redução de todas as variáveis de concentração analisadas, considerando-se o efeito de redução absoluta da carga inicial existente no interior das células, a diluição decorrente das chuvas e também, no caso dos metais, o efeito de quelatação.

6.1.1 Condutividade

Na Figura 5.1, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para condutividade para as células C1 a C6. Na Tabela A1 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

Sabe-se que a condutividade é devida à concentração dos íons presentes na amostra, os quais, em sua maioria para o caso desse trabalho, são provavelmente cloretos e nitratos, devido à natureza dos resíduos. De acordo com essa informação, são feitas as considerações a seguir.

Concentração de cloretos – O decréscimo de valores de condutividade de C1 a C6 provavelmente tenha ocorrido devido à composição das células, em que a percentagem de matéria orgânica também decresce de C1 a C6. Isso já era esperado, considerando-se que C1 é, provavelmente, a célula com maior concentração de cloretos provenientes de sobras de alimentos de residências e mesmo dos estabelecimentos de saúde.

Concentração de nitratos – De acordo com a Figura 5.2, também se pôde perceber que existe uma redução na concentração de nitratos ao longo do tempo, para todas as células, explicando a redução da condutividade dos lixiviados.

Os valores reduzidos de nitratos até o dia 90, aproximadamente, provavelmente sejam devidos ao método utilizado nas análises até então. O cromatógrafo iônico do instituto se encontrava em manutenção, e as análises foram feitas por espectrofotometria. Provavelmente tenha havido algum erro de análise, porque, no início da operação das células, estas se encontram sob condições aeróbias, o que favoreceria ainda mais a formação de nitratos.

Não se prosseguiu com a análise de nitratos, tendo em vista a natureza anaeróbia do sistema, a qual impossibilita sua formação.

Diluição – Ao longo do tempo, para cada célula, percebe-se um decréscimo nos valores de condutividade. Considerando que a condutividade é devida aos íons presentes em solução, a maior incidência de chuvas tende a carrear estes íons, tornando a solução mais diluída em termos dessas entidades químicas, reduzindo, por conseguinte, os valores de condutividade.

Os valores obtidos seguiram o padrão dos valores apresentados para células de aterro sanitário convencionais.

6.1.2 Cor aparente

Na Figura 5.3, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para cor aparente para as células C1 a C6. Na Tabela A2 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

A cor aparente de uma amostra é devida aos seus sólidos dissolvidos e suspensos e conseqüentemente ao seu teor de material orgânico e até inorgânico. Assim as células com maior percentagem de material orgânico naturalmente deveriam apresentar os maiores valores para cor aparente, como realmente aconteceu para a maioria das amostragens.

Ao longo do tempo, a redução da cor aparente ocorre devido a diversos fatores que estão relacionados à quantidade de material presente nas células e às formas como esse material foi sendo removido. Por exemplo, a DBO₅ total, a DQO total e os sólidos têm influência nos resultados de cor aparente. Se essas variáveis se reduzem, a cor também tende a sofrer redução.

Filtração – existe o efeito de filtração exercido pelo próprio resíduo sólido, que, ao entrar em contato com o lixiviado no interior das células, retém partículas em sua superfície.

Diluição – a diluição determinada pelas chuvas carrou material que foi removido das células nas descargas semanais.

6.1.3 pH

Na Figura 5.4, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para pH para as células C1 a C6. Na Tabela A3 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

Aparentemente, não existe relação entre a composição das células e o pH, tendo em vista que não há decréscimo ou acréscimo de pH de C1 a C6 para cada amostra analisada.

O pH do lixiviado é uma das importantes variáveis de controle de um aterro sanitário, pois, através dele, é possível identificar a fase de degradação na qual o material se encontra.

Fase de ajustamento inicial: normalmente se estabelece durante os primeiros 50 dias de operação do aterro, como aconteceu para as células montadas nesse trabalho. Nessa fase dá-se início ao processo de estabilização do material depositado no aterro, o qual é evidenciado pela mudança de valores nas variáveis observadas.

Fase de transição: de 50 a 70 dias aproximadamente; nessa fase, se intensifica a formação de lixiviado, com o conseqüente aparecimento de ácidos voláteis. Inicia-se a transição da fase aeróbia para anaeróbia. Os resultados observados são confirmados pelo gráfico da Figura 5.38, em que ocorre uma pequena redução nos valores, durante um pequeno intervalo de tempo.

Fase de formação de ácidos: de acordo com o gráfico da Figura 5.38, do dia 70 ao dia 200, ocorre predominância de ácidos orgânicos de cadeia longa no sistema, o que explica a manutenção dos reduzidos valores de pH.

Fase da fermentação metânica: entre 200 e 600 dias, a fase intermediária mais longa de um aterro sanitário, o pH se mantém estável, ao redor de 7, confirmando também o que é apresentado no gráfico da Figura 5.38.

Fase de maturação final: confirmando o exposto na Figura 5.38, nessa fase, não ocorrem mudanças nos valores de pH, relativamente à fase anterior. Isso ocorre, porque se estabelece estabilização da atividade biológica, tendendo à inatividade.

6.1.4 Potencial redox

Na Figura 5.5, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para potencial redox para as células C1 a C6. Na Tabela A4 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

Valores negativos dessa variável podem ser utilizados como indicadores do estado anaeróbio da amostra. Sabe-se que o oxigênio gasoso presente no interior das células de aterro tende a se extinguir em poucos dias, mas é preciso considerar que o dreno de gás é uma forma de contato entre o interior das células e o ambiente e ainda que as amostras de lixiviado, embora bem embaladas, não puderam ser analisadas imediatamente depois da coleta, conforme indica a procedimento analítico padrão, transcorrendo algo em torno de 1 hora entre a coleta e a análise.

A cobertura de argila das células, sendo permeável à água das chuvas, como comprova o considerável volume de lixiviado gerado, é também um possível canal de entrada de ar do ambiente para o interior das células, apesar da pressão positiva que se estabelece na atmosfera do reator, devido à geração de gás. Dessa forma, se explicam os valores positivos para potencial redox apresentados em alguns dias, que passaram a predominar a partir do dia 400 de experimentação.

6.1.5 Turbidez

Na Figura 5.6, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para potencial redox para as células C1 a C6. Na Tabela A5 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

Não existem informações a respeito de sólidos suspensos, os quais poderiam explicar os valores obtidos para turbidez. A turbidez, assim como o potencial redox, apresenta valores que dependem de inúmeros fatores. Pode ser afetada pela temperatura, pelas substâncias presentes na amostra, pela forma de conduzir-se a coleta, etc. Tudo isso sugere que a turbidez não deverá manter relações matematicamente rigorosas com fatores

específicos, mas será função de todo o conjunto de características da amostra, o que, em parte, pode explicar sua grande variabilidade.

Não existe uma tendência clara de redução dos valores ao longo do tempo, tampouco evidências claras de decréscimo ou acréscimo de C1 a C6, o que indica que as células com maior quantidade de RSU e, portanto, com maior quantidade de material orgânico não são necessariamente aquelas que apresentam os maiores valores de turbidez.

6.1.6 DBO₅ total

Na Figura 5.7, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para DBO₅ total para as células C1 a C6. Na Tabela A6 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

A redução da DBO₅ total era esperada, devido à degradação microbiológica da matéria orgânica, com a conseqüente remoção do material orgânico bruto presente nas células, a não inserção de novos resíduos nas mesmas e à diluição causada pelas águas das chuvas. Pode-se perceber, principalmente no início do experimento, que os maiores valores de DBO₅ total foram obtidos para as células com maior concentração de matéria orgânica, ficando este fato mais evidente para a célula C1, o que era esperado, considerando que a DBO₅ total se refere diretamente à quantidade de material orgânico biodegradável presente na amostra.

6.1.7 DQO total

Na Figura 5.8, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para DQO total para as células C1 a C6. Na Tabela A7 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

Seguindo a tendência apresentada para a DBO₅ total, percebe-se que os maiores valores de DQO total foram obtidos para as células com maior percentagem de RSU, ou seja, para aquelas com maior percentagem de matéria orgânica.

Comparando os valores de DQO com os de DBO₅, percebe-se que, de uma forma geral, a DQO suplanta a DBO, como é esperado.

Os efeitos de eliminação de compostos orgânicos biodegradáveis e não biodegradáveis através do lixiviado removido das células, a diluição causada pela água das chuvas e a não reposição de material explicam a curva descendente de concentração apresentada para essa variável ao longo do tempo.

6.1.8 NTK

Na Figura 5.9, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para NTK para as células C1 a C6. Na Tabela A8 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

Percebe-se, como já era esperado, que os maiores valores ocorrem sempre para as células com maior quantidade de matéria orgânica. É interessante observar os resultados obtidos para amônia, que é uma das parcelas formadoras do NTK. Os valores são um pouco mais baixos, mas ainda se estabelece a relação com a percentagem de matéria orgânica das células. Há que se ressaltar ainda que o NTK inclui o nitrogênio orgânico e o amoniacal, não os distinguindo. Assim, embora da transformação do nitrogênio orgânico para o amoniacal, o total é o mesmo.

No lixiviado das células, a redução apresentada para essa variável ao longo do tempo se deve mais à eliminação promovida pela diluição ocasionada pela água das chuvas do que à degradação das formas de nitrogênio, tendo em vista que o ambiente anaeróbico não permite que o ciclo do nitrogênio se complete, não sendo possível chegar-se à formação de nitratos.

Valores para a concentração de nitratos aparecem em um pequeno intervalo da vida das células: aproximadamente, do 100°. ao 200°. dia. Sabe-se que, no interior de uma célula de aterro, com o transcorrer do tempo, o oxigênio nela presente decresce até ser totalmente consumido, estabelecendo-se então um ambiente redutor (valores de potencial redox negativos).

Considerando-se que, a partir do 200°. dia, a concentração de nitratos não mais se elevaria e, além disso, estando-se de posse dos resultados de amônia e NTK ao longo de todo o experimento, optou-se por interromper as observações da concentração de nitratos a partir desse momento. Assim os resultados obtidos estão em conformidade com aqueles referenciados na bibliografia.

6.1.9 Amônia

Na Figura 5.10, é apresentado o gráfico construído a partir dos resultados obtidos para NTK para as células C1 a C6. Na Tabela A9 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

Informações a respeito da concentração de amônia e das outras formas em que se encontra o nitrogênio são importantes na determinação do grau de estabilização da matéria orgânica.

Esperava-se que se apresentassem menores valores de amônia no início da operação, tendo em vista a maior concentração de oxigênio presente no interior das células. E, da mesma forma, com o passar do tempo e o conseqüente consumo de oxigênio pelas bactérias nitrificantes presentes no início do processo, a concentração de amônia deveria se elevar e a de nitratos diminuir. Dessa forma, pode-se perceber que, a partir do 80º dia, a concentração de amônia começa a apresentar uma elevação mais acentuada, o que indica o final da fase de transição, em que todo o oxigênio gasoso da célula já foi consumido, ocorrendo a passagem para a fase acidogênica do aterro.

6.1.10 Metais

Na Figuras 5.11 a 5.22, são apresentados os gráficos construídos a partir dos resultados obtidos para metais para as células C1 a C6. Nas Tabelas A10.1 a A10.12 do Anexo A, encontram-se os dados respectivos.

De uma forma geral, as concentrações de todos os metais analisados se reduziram ao longo do tempo para todas as células. Somente sódio, potássio e cromo apresentam um comportamento diferenciado. A redução nas concentrações de metais segue a tendência de redução dos outros parâmetros analisados. Da mesma forma que as concentrações de DBO₅ total e DQO total se reduziram ao longo do tempo, o efeito da diluição provocado pelas chuvas auxiliou no processo de eliminação de metais do interior das células, reduzindo sua concentração com o passar do tempo. O maior efeito atenuador, no entanto, deveu-se, provavelmente, à capacidade adsortiva e complexante do húmus formado pela decomposição da matéria orgânica. Através desse fenômeno, os metais em solução foram capturados e inseridos na estrutura do húmus.

Há que se referir ainda que a elevação do pH (Figura 5.4) a partir do 70º. dia aproximadamente, foi responsável pela precipitação de metais a partir desse momento, o que reduz, por conseguinte, sua concentração no lixiviado.

Particularmente, o gráfico de cromo apresentou muita variação nos valores de concentração, devido, provavelmente, à sua baixa concentração e, portanto, à pequena diferença que existe entre os valores observados.

6.1.11 Ácido acético equivalente

Os resultados obtidos para ácido acético equivalente são apresentados na Tabela A11 e na Figura 5.23.

Considerando que a maior contribuição em termos de ácidos voláteis é devida ao ácido acético, calculou-se a concentração de ácido acético equivalente, através da multiplicação dos resultados obtidos para cada ácido pela massa molar do ácido acético e divisão pela massa molar do ácido respectivo. Obtém-se então a concentração do ácido em termos de ácido acético. Não foram realizadas análises deste parâmetro desde o início do experimento, mas o estabelecimento do pH na faixa neutra (6,8 a 7,2) é um indício seguro de que as fases acidogênica/acetogênica chegaram ao seu final; isso ocorreu aos 200 dias de experimentação. Após, verificou-se uma sistemática tendência de redução nas concentrações de ácidos.

6.1.12 Sólidos totais, fixos e voláteis

Os resultados obtidos para ácido acético equivalente são apresentados nas Tabelas A12.1 a A12.3 e nas Figuras 5.24 a 5.26.

A redução dos valores confirma os resultados decrescentes obtidos para DBO₅ total e DQO total, a medida em que também seguem uma curva decrescente de concentração. Uma vez que os sólidos totais são formados por todo o tipo de material que possa estar presente na amostra líquida de lixiviado, incluindo-se tanto os orgânicos quanto os minerais, a redução dos orgânicos (DQO total e DBO₅ total) afeta, por conseguinte, sua redução.

6.1.13 Dióxido de carbono, gás metano e gás nitrogênio

Os resultados obtidos para gases são apresentados nas Tabelas A13.1 a A13.3 e nas Figuras 5.27 a 5.29.

Considerando que a atividade biológica é acompanhada pela formação de gases, sua diminuição é indicativa de que a fase de maturação final está em curso.

Tendo em vista que os drenos de gás das células ficaram sempre sujeitos ao contato com o ar, sofrendo a influência da pressão atmosférica, que a profundidade das células era muito pequena e que a argila de recobrimento não era impermeável às trocas gasosas, os resultados obtidos não podem ser utilizados para a interpretação e identificação das fases de degradação da matéria orgânica presente nas células experimentais.

Por isso se explica a elevada concentração de nitrogênio em praticamente todas as amostras. Apesar disso, em algumas amostragens, foi detectada a presença de metano, mas não é possível identificar, através destes resultados, a fase metanogênica entre 300 e 500 dias como indica a bibliografia, através da observação dessa variável.

6.1.14 Volume lixiviado

Os resultados obtidos para o volume lixiviado são apresentados nas Tabelas A14 e na Figura 5.30.

Os períodos de maior quantidade de volume lixiviado coincidem com os períodos de maior precipitação pluviométrica, como era de se esperar, entretanto seria necessário fazer-se um estudo mais aprofundado a respeito das variáveis hidrológicas que se estabelecem no local, como evapotranspiração, precipitação e infiltração a fim de estabelecerem-se relações mais precisas a respeito das grandes variações observadas.

6.1.15 Temperatura das células

Os resultados obtidos para a temperatura das células são apresentados nas Tabelas A15 e na Figura 5.31.

No que se refere às variações de temperatura, pode-se comparar o interior das células de um aterro sanitário à parte subterrânea do solo, no qual as variações de temperatura

são menos intensas e demoram mais a acontecer do que na atmosfera, ou seja, a amplitude da curva de temperatura ambiental é maior do que a amplitude das curvas de temperatura no interior das células, embora a temperatura das células siga as variações de temperatura advindas das estações do ano.

6.1.16 Microrganismos analisados no lixiviado das células de codisposição

Os resultados relativos a esse item podem ser visualizados nas Tabelas A16, A17, A18 e A19 e Figuras A1, A2 e A3 do Anexo A.

A abordagem microbiológica é um dos pontos altos desse trabalho, tendo em vista que esse é o fator responsável pela periculosidade atribuída aos resíduos de serviços de saúde. Fez-se necessário, portanto, determinar critérios de abordagem da questão.

Na revisão bibliográfica, foi mencionado que a presença de um microrganismo patogênico em determinado ambiente é condição necessária, mas não suficiente para que seja causada doença em indivíduo que venha a ter contato com o microrganismo, sendo essa uma afirmação já consolidada pela ciência. Assim, além da presença do microrganismo, existem diversas outras condições necessárias para que a doença se estabeleça em um indivíduo, as quais, no entanto, fogem ao escopo do trabalho.

Sabendo-se que a presença de microrganismo é a condição primeira para que se inicie o processo de instauração da doença em um indivíduo e, considerando que, em células de codisposição construídas e operadas dentro dos critérios de engenharia, o lixiviado é o único veículo de contato possível entre o microrganismo e a população ou o meio ambiente, a investigação da presença de microrganismos em lixiviado de aterro sanitário de codisposição foi eleita como a abordagem adequada para a questão.

Após optar-se pela investigação da presença dos microrganismos patogênicos no lixiviado das células de codisposição, através da utilização de indicadores microbiológicos, julgou-se conveniente comparar as células experimentais entre si quanto à contagem dos microrganismos eleitos, tendo em vista que a legislação não proíbe a disposição de resíduos urbanos em células de aterro sanitário, mesmo sabendo-se que pode haver microrganismos patogênicos na massa de resíduos.

No Capítulo 4 – Materiais e Métodos, foi desenvolvido esse critério de comparação no item 4.4.1.1., o qual será discutido em maior profundidade no item 6.1.17.1 do Capítulo 6.

Valores baixos para microrganismos patogênicos em RSU ou RSSS são esperados, tendo em vista que a maioria dos dejetos fecais é lançada nos sistemas de esgotamento sanitário.

Considere-se ainda que dejetos fecais de pessoas doentes, oriundos dos estabelecimentos de saúde ou de suas próprias residências, são lançados diariamente nos cursos d'água através dos sistemas de esgotamento sanitário. Não é, portanto, evitando-se que resíduos de serviços de saúde sejam codispostos com RSU que se impedirá que microrganismos patogênicos alcancem os cursos d'água.

No relatório 80, 687º. dia do experimento, embora muito baixas, as concentrações de microrganismos apresentadas podem ser explicadas pelo reduzido volume de lixiviado lixiviado pelas células, o qual não era suficiente para fazer a perfeita “lavagem” do tubo coletor, como indicam os procedimentos padronizados de amostragem. Dessa forma, as contagens observadas provavelmente sejam oriundas do ambiente externo às células, tendo em vista que esses microrganismos também podem ser encontrados no ambiente. É o que provavelmente ocorreu para mesófilos hemolíticos na célula C6 (Figura A1f) e para coliformes fecais nas células C1, C2, C4 e C6 (Figuras A3a, A3b, A3d e A3f).

Não foi possível pesquisar a presença de HIV nas amostras, tendo em vista que os laboratórios normalmente pesquisam HIV em sangue, não estando em sua rotina, análises de águas residuárias, pois a diluição das amostras relativamente aos microrganismos responsáveis pela AIDS é muito elevada para as técnicas de análise em sangue no qual o vírus se encontra em concentração bem mais elevada.

Presumivelmente sua presença não fosse confirmada, tendo em vista que o ambiente das células não era o ideal para o seu crescimento, pois os microrganismos patogênicos precisam de condições ambientais favoráveis para se instalar e produzir as enfermidades, o que é geralmente encontrado nos tecidos dos indivíduos suscetíveis. Do contrário, se estas condições não forem atendidas, o ambiente se apresenta hostil reduzindo a patogenicidade ou mesmo inativando estes microrganismos em determinado período de tempo.

6.1.17 Comparação entre as células

Serão discutidos os três critérios de comparação eleitos, sendo eles:

- presença de microrganismos patogênicos no lixiviado;
- taxa de degradação do material; e
- alterações em variáveis indicadoras selecionadas durante as fases de estabilização do aterro sanitário.

6.1.17.1 Comparação entre as células através da presença de microrganismos indicadores de patogenicidade no lixiviado

Através das Tabelas 5.1 a 5.3 que foram construídas a partir da Tabela A16 do Anexo A, verificou-se que praticamente não existe diferença entre os resultados dos picos de concentração na comparação entre as células. Somente para coliformes totais, o pico foi maior para a célula C6, a qual contém somente RSSS. Para mesófilos hemolíticos e coliformes fecais, os picos foram maiores para a célula C4, a qual possui relação 1:1 para RSSS e RSU.

A mais elevada concentração de pico relativamente a coliformes fecais nas células que contém maior percentagem de RSU se deve, provavelmente, a fezes de animais, fraldas descartáveis e papéis higiênicos usados que são depositadas juntamente com os resíduos domésticos e enviados aos aterros sanitários.

Nos hospitais, as fezes humanas costumam ser conduzidas ao sistema de esgotamento sanitário do estabelecimento de saúde e não enviadas, juntamente com os resíduos sólidos, a aterros sanitários; as fraldas descartáveis são utilizadas somente no berçário o que reduz sua concentração nos RSSS relativamente aos RSU; quanto a papéis higiênicos usados, não há diferença entre sua produção dentro ou fora dos hospitais. Isso explicaria a menor concentração de coliformes fecais na célula C6, a qual possui somente RSSS.

Para esgotos sanitários, a concentração de coliformes totais e coliformes fecais é da ordem de, respectivamente, 10^8 NMP/100 mL e 10^7 NMP/100 mL (METCALF et al., 1991). Com base nas informações apresentadas, pode-se verificar que os valores apresentados nesse trabalho são bastante coerentes.

Relativamente ao tempo para eliminação completa nas Tabelas 5.1 a 5.3, pôde-se verificar que:

Mesófilos hemolíticos apresentaram o pico de concentração entre as fases aeróbia e acidogênica (0 a 200 dias) e foram eliminados na fase metanogênica (200 a 400 dias).

Coliformes totais apresentaram o pico de concentração durante a fase acidogênica (70 a 200 dias) e foram eliminados na fase metanogênica (200 a 400 dias), com exceção da célula C3, em que os microrganismos foram eliminados na fase acidogênica. Assim, o resultado do pico de concentração vem confirmar e ser confirmado pelo resultado do experimento de *Inoculação*, em que *Escherichia coli* se adaptou melhor no pH ácido.

Coliformes fecais apresentaram o pico de concentração na fase acidogênica (70 a 200 dias), com exceção da célula C6 e foram eliminados na fase metanogênica (200 a 400 dias), com exceção das células C3 e C5, em que os microrganismos foram eliminados nas fases acidogênica e de ajuste inicial, respectivamente. O resultado do pico de concentração vem confirmar e ser confirmado pelo resultado do experimento de *Inoculação*, em que *Escherichia coli* se adaptou melhor no pH ácido.

Quanto aos clostrídios sulfito-redutores estes microrganismos são normalmente encontrados em células de aterro sanitário na fase acetogênica e mesmo na fase aeróbia, como se comprova na Tabela A17.

6.1.17.2 Comparação entre as células de codisposição através da taxa de degradação (constante de velocidade) do material depositado nas células

Na Tabela 5.5, são apresentados os valores das taxas de degradação do material depositado nas células de codisposição a partir dos resultados de DQO total.

A taxa de degradação, também denominada coeficiente cinético ou constante de velocidade, apresentada para processos de lodos ativados varia entre 0,025 e 0,075 dia⁻¹; para lagoas aeradas, pode-se utilizar 0,07 dia⁻¹ (METCALF et al., 1991).

Assim os resultados obtidos para as constantes cinéticas das células, a partir dos dados de decaimento da DQO total do lixiviado, são coerentes, considerando que, em aterros sanitários, a velocidade de degradação do substrato orgânico tende a ser menor do que a velocidade de degradação em águas residuárias, tendo em vista que a degradação da matéria orgânica em células de aterro sanitário se trata de um processo de degradação anaeróbio durante a maior parte do tempo de operação das células. Além disso, em águas residuárias, a mistura se estabelece de forma bem mais intensa.

Na Tabela 4.5, observa-se que a porcentagem de matéria orgânica da célula C1 é muito maior do que a porcentagem de matéria orgânica da célula C6, mas, de acordo com a Tabela A7, verifica-se que os valores de DQO total, não são tão diferentes ao se compararem as células entre si. Assim a semelhança apresentada para os valores das constantes cinéticas confirma o que já era esperado, tendo em vista que a constante de velocidade de uma reação química é função da concentração dos componentes presentes e não das quantidades absolutas desses componentes.

6.1.17.3 Comparação entre as células através de algumas variáveis selecionadas

Nas Figuras 5.39 a 5.44, podem ser visualizados os gráficos referentes a esse critério de comparação para as células de codisposição.

Esse critério de comparação foi eleito a fim de verificar-se a semelhança entre as células de codisposição montadas para esse trabalho e células de aterro sanitário citadas na bibliografia, no que tange ao pH, amônia, DQO total, DBO₅ total e NTK, tidas como variáveis de controle de células de aterro sanitário.

Como esperado, as células de codisposição apresentaram comportamento bastante semelhante às células de aterro citadas na bibliografia, à medida que as curvas apresentadas nas Figuras 5.39 a 5.44 seguiram a tendência apresentada na Figura 5.38.

6.2 Discussão dos resultados da segunda etapa – Recirculação

As tabelas e figuras que se referem a esta etapa do trabalho são apresentadas no Anexo A, em continuação aos resultados da primeira etapa.

Neste trabalho, a recirculação foi implementada para todas as células experimentais. Não havia, portanto, como comparar células com recirculação com células sem recirculação. Isso inviabilizou a comparação de eficiências de remoção de poluentes para as duas situações distintas. Não sendo possível estabelecer comparações, somente foi observada a variação da concentração dos poluentes e do volume lixiviado ao longo do tempo, a partir do início da recirculação.

A recirculação costuma ser vista como uma técnica que favorece o processo de degradação, desde que seja realizada sob condições específicas. Segundo POHLAND et al., (1994), realizando-se a recirculação do lixiviado sem tratamento, obtém-se um maior contato

entre os microrganismos e os substratos orgânicos, tanto na fase ácida quanto na fase metanogênica da digestão.

Outros autores sugerem que o lixiviado seja tamponado ou que seja tratado anaerobicamente antes da recirculação (BARLAZ et al, 1987 e LIMA, 1988).

As condições ambientais que mais causam impactos sobre a biodegradação em uma célula de aterro sanitário são o pH, a temperatura, os nutrientes, a ausência de toxinas, a melhor ou pior mistura dos resíduos, o tamanho das partículas e o potencial de oxidação-redução, sendo a mistura a mais crítica. A recirculação do lixiviado é uma forma de otimizar o processo, contribuindo para a estabilização do aterro, para o aumento da produção de gás, reduzindo o volume dos resíduos, bem como para o tratamento do lixiviado ao passá-lo através do recheio, reduzindo a concentração de metais pesados (REINHART et al., 1996).

Neste trabalho, algumas considerações podem ser feitas. De acordo com a Tabela A14a e Figura 5.30, a partir do início da recirculação, pode-se perceber uma significativa redução nos volumes lixiviados e, conseqüentemente recirculados. Isso provavelmente tenha ocorrido devido à evapotranspiração ocorrida na superfície das células onde era realizada a disposição do lixiviado.

Assim, em várias coletas, o volume coletado era suficiente apenas para a realização das análises de rotina. Isso pode ter ocorrido por algum dano causado à manta de PEAD que impermeabilizava a superfície interior das células.

Houve uma visível redução nos valores de sólidos voláteis a partir do dia 708, comparativamente aos dias anteriores e alguma redução nos valores de sólidos totais; em alguns momentos, pode-se observar uma elevação nos valores de sólidos fixos, com o transcorrer do tempo. Provavelmente, na operação de recirculação de lixiviado, quando este infiltra na argila de recobrimento da célula, possa ter havido um arraste de partículas minerais, elevando, mesmo que fracamente, as concentrações de sólidos fixos das amostras analisadas. Esse fato explicaria porque os sólidos voláteis se reduzem sensivelmente, enquanto que os sólidos totais se reduzem menos intensamente, havendo uma compensação através do aumento dos sólidos fixos.

Em relação aos metais, houve redução ao longo do tempo para todas as células, devendo-se provavelmente à denominada quelação dos metais pela matéria orgânica presente no interior das células. Ainda, segundo REINHART et al., (1996), ao se implementar a

recirculação de lixiviado, a tendência é transformar, com maior intensidade, sulfatos em sulfetos, que são agentes precipitadores de metais.

Os valores de amônia permaneceram sem maiores alterações, o mesmo ocorrendo para NTK, DQO total e DBO₅ total, provavelmente, porque os valores relativos a estas variáveis já haviam atingido certa estabilidade a partir do início da recirculação para aterros com este tempo de operação. Assim, não são esperados valores muito menores para estas variáveis em aterros sanitários nestas condições.

A velocidade de degradação é superior em aterros sanitários em que se processa a recirculação do lixiviado (MOSHER et al., 1997). Considerando-se este fato, observem-se as Figuras 4.11 a 4.16, as quais apresentam a inclinação das retas a partir das quais são fornecidos os valores das taxas de degradação via DQO total, percebe-se que a inclinação da reta é menor durante a operação de recirculação, quando comparada às primeiras fases de operação do aterro. Note-se, todavia, que isso ocorreu não devido à operação de recirculação, mas devido às mais baixas concentrações de DQO nas fases finais do experimento. Esse é um bom exemplo para deixar claro que a comparação ideal deveria ser feita com células em que não se operasse a recirculação de lixiviado.

A turbidez parece ter aumentado levemente, o que deve ter ocorrido pelo aumento de concentração do material em suspensão presente nas células, considerando-se que, a partir do início da recirculação, o lixiviado já não era removido das células, e, portanto, a única forma de redução de volume se dava por evaporação.

Assim, se por um lado, o recheio das células serve como um capturador de metais e de outros poluentes, a redução de volume poderia vir a aumentar a concentração do material em suspensão presente no lixiviado.

Condutividade, cor aparente, potencial redox e pH não sofreram variações consideráveis no período que compreendeu a recirculação, provavelmente porque já haviam atingido seus valores de equilíbrio para aterros com este tempo de operação.

Em relação à espécie que constituiu a cobertura vegetal das células (ervilhaca), verificou-se que a sua presença não teve influência significativa na remoção de poluentes do lixiviado, principalmente, porque o desenvolvimento das plantas não ocorreu de forma satisfatória na superfície argilosa das células.

A redução das concentrações de poluentes se deveu, portanto, muito mais à recirculação propriamente dita do que ao concurso das macrófitas. Serão feitos comentários mais aprofundados a respeito desse tema no item 6.2.1.

6.2.1 Poder germinativo de forrageiras na presença e ausência de lixiviado

Os resultados obtidos para o poder germinativo de forrageiras são apresentados nas Tabelas 5.6 a 5.15.

Relativamente à situação de campo, pode-se dizer que a espécie escolhida não se adaptou ao cultivo na argila, pelo menos nas condições em que foi cultivada, ou seja, relativamente à quantidade que foi semeada e aos tipos de cuidados a que foi submetida. Acredita-se que, nesse experimento, a quantidade semeada tenha sido pequena. Se a quantidade fosse maior, provavelmente a cobertura das células tivesse acontecido de forma mais eficiente, pois a maior parte da superfície das células ficou sem cobertura.

As culturas têm períodos determinados para que seja feita a semeadura. No caso da ervilhaca, que é uma cultura de inverno, o momento ideal é entre abril e maio, ou seja, no início do outono.

Por isso, depois desse período, momento em que se verificou que o crescimento havia sido insatisfatório, não se implementou nova semeadura. Mesmo assim, como já foi mencionado nos resultados, foram feitas duas semeaduras anteriores sem sucesso. Assim, pelo que foi observado, provavelmente a argila seja um meio pobre para o crescimento dessas macrófitas.

6.3 Discussão dos resultados da terceira etapa – *Inoculação*

No item 6.3.1, serão apresentadas as discussões dos resultados obtidos na etapa de *Inoculação*.

6.3.1 Análises microbiológicas do experimento de *Inoculação*

A discussão dos resultados das análises microbiológicas se refere à análise das curvas de crescimento bacteriano em diferentes valores de pH ao longo do tempo, buscando interpretar os resultados obtidos em termos quantitativos e qualitativos.

Comparando-se as curvas de crescimento bacteriano das células de codisposição e dos reatores do experimento de inoculação, verifica-se que todos os estágios ocorrem mais rapidamente nos reatores inoculados. Isso ocorre, porque, nessas condições, a taxa de degradação é acelerada (PALMISANO et al., 1996).

A temperatura de 25°C na qual foram mantidos os reatores durante o transcorrer do experimento não é a temperatura ótima para o desenvolvimento de nenhuma das três espécies estudadas. Todas apresentam temperatura ótima de 37°C, como já era de se esperar, tendo em vista ser essa a temperatura normal do corpo humano e serem esses microrganismos indicadores de patogenicidade.

A seguir serão apresentadas algumas considerações a respeito das três espécies de microrganismos indicadoras selecionadas para o estudo.

6.3.1.1 *Escherichia coli*

O pH ótimo para a manutenção desta espécie varia em torno de 6,0 a 7,0, e os valores mínimo e máximo são 4,4 e 9,0 respectivamente (TODAR, 2000 apud BIDONE, 2001).

Assim a melhor adaptação de *E. coli* ao pH 5 já era esperada, tendo em vista ser este um microrganismo pertencente à flora normal do trato digestivo dos animais de sangue quente, cujo processo de digestão apresenta valores de pH bastante baixos.

No pH 9, a inviabilização completa, desde a primeira contagem, 24 h após a inoculação, provavelmente tenha ocorrido devido à inviabilização dos microrganismos em presença do pH excessivamente alcalino, por ser esse o limite máximo de pH em que essa espécie sobrevive.

6.3.1.2 *Pseudomonas aeruginosa*

Como já foi mencionado no Capítulo 3 – Revisão bibliográfica, essa espécie microbiana apresenta pH ótimo entre 6,6 a 7,0, e os valores mínimo e máximo para sua sobrevivência são 5,6 e 8,0 respectivamente (TODAR, 2000 apud BIDONE, 2001), o que vem explicar o motivo pelo qual as células foram inviabilizadas no pH 9. Provavelmente isso tenha ocorrido devido à inviabilização dos microrganismos em presença do pH excessivamente alcalino.

Da mesma forma, sua melhor adaptação no lixiviado que apresentava pH 7 veio confirmar os dados da bibliografia.

6.3.1.3 *Staphylococcus aureus*

A espécie *S. aureus* adaptou-se melhor no pH 7 e depois no pH 9, como se esperava, tendo em vista que seu pH ótimo varia de 7,0 a 7,5, e os valores mínimo e máximo são 4,2 e 9,3, respectivamente (TODAR, 2000 apud BIDONE, 2001).

Justamente por apresentar o maior intervalo de adaptação ao pH das três espécies estudadas, esse microrganismo desenvolveu curvas de crescimento nos três valores de pH estudados, o que não aconteceu para *E. coli* e *P. aeruginosa*, as quais não apresentaram curva de crescimento no pH 9.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo serão apresentadas, na forma de itens, as conclusões a que se chegou a partir das três etapas desenvolvidas no trabalho, além de recomendações para estudos futuros.

7.1 Conclusões

Nos itens 7.1.1, 7.1.2 e 7.1.3 são apresentadas as conclusões para as Etapas 1, 2 e 3, respectivamente.

7.1.1 Conclusões da primeira etapa – *Codisposição*

1. Comparadas as células entre si, através da taxa de degradação de matéria orgânica (ou constante de velocidade de reação), via acompanhamento da demanda química de oxigênio ao longo do tempo, verificou-se que não existe diferença significativa entre as células, ao levar-se em consideração este critério, inexistindo, portanto, relação entre a quantidade de matéria orgânica presente na célula e sua respectiva taxa de degradação.
2. Relativamente ao tempo de estabilização da matéria orgânica, confirmou-se a tendência apresentada em aterros em que não é feita a reposição sistemática de material orgânico em camadas superpostas, determinando idades diferenciadas para massas de resíduos em uma mesma célula, sendo este da ordem de dois anos.
3. No que se refere às variáveis físico-químicas, observou-se, ao longo do experimento, a tendência que se verifica em aterros em geral, não havendo a necessidade de salientar-se nenhuma particularidade.
4. Em todas as células e para todos os microrganismos indicadores estudados, se estabeleceram curvas de crescimento, com exceção feita à célula C5 para coliformes fecais.
5. A contagem dos microrganismos analisados se reduziu consideravelmente ao longo do tempo para todas as células e microrganismos estudados.

6. Os metais Cd, Pb, Cu e Zn, entre outros, apresentaram elevadas concentrações no lixiviado das células C1 a C6 até o 60°. – 80°. dia, período no qual o pH era inferior a 6. Com pH neutro, a concentração dos metais se reduziu.
7. Verifica-se que, embora tenha havido um crescimento no número de microrganismos no lixiviado das células de codisposição, ao redor do dia 200, este leva a concentrações extremamente baixas, inferiores inclusive aos padrões exigidos no polimento de esgotos domésticos, quando tratados secundariamente. E, ainda, há que se considerar que esse crescimento foi observado para microrganismos pouco representativos no âmbito desta pesquisa, como é o caso dos coliformes totais.
8. Não se verificou relação entre a porcentagem de RSU/RSSS e a contagem de microrganismos indicadores, o que indica que células que contêm somente RSSS ou mistura de RSU/RSSS não apresentam maior concentração desses microrganismos do que aquelas que contêm somente RSU.
9. O período mínimo para que se esgotem os nutrientes disponíveis ao crescimento microbiano, no interior das células de codisposição (70 m³) é de aproximadamente 350 dias.
10. As células de codisposição podem ser operadas da mesma forma que as células de codisposição, observando-se os cuidados recomendados ao transporte e disposição do material nas células.
11. A codisposição de RSSS com RSU é viável, tendo em vista os baixos valores obtidos para o crescimento de colônias dos microrganismos analisados.

7.1.2 Conclusões da segunda etapa – Recirculação

1. A eficiência na remoção de poluentes se deve mais à recirculação do que propriamente às macrófitas utilizadas, que não se mostraram eficientes durante o período do experimento.
2. As macrófitas não se desenvolveram bem na argila de cobertura do aterro. Além de pouca densidade populacional, elas eram fracas em relação ao sistema radicular. Não fizeram, portanto, uma boa cobertura na superfície das células.

3. A partir do momento em que se iniciou a recirculação, houve redução do volume lixiviado em todas as células.
4. Comparando-se as espécies de macrófitas de verão entre si, alfafa apresentou, significativamente, maior poder germinativo do que pensacola.
5. Comparando-se as espécies de macrófitas de inverno entre si, ervilhaca e aveia não apresentam diferença significativa quanto ao poder germinativo.
6. Através do aspecto visual das sementes germinadas submetidas à aplicação de lixiviado, a aplicação de lixiviado parece ser prejudicial às plantas, pelo menos no início do período de crescimento.

7.1.3 Conclusões da terceira etapa – Inoculação

1. Estabeleceram-se as curvas de crescimento dos microrganismos, obedecendo aos estágios de adaptação, crescimento, declínio e morte dos microrganismos analisados.
2. A espécie *E. coli* apresentou a maior concentração e o maior intervalo de tempo de sobrevivência no pH 5.
3. No pH 5, em 22 dias (528 h), a concentração de *E. coli* chegou a $4,35 \cdot 10^6$ UFC/mL, depois de chegar ao máximo de $3,09 \cdot 10^8$ UFC/mL.
4. A espécie *P. aeruginosa* apresentou a maior concentração no pH 7. Neste pH, entretanto, o intervalo de tempo para que todas as células fossem inviabilizadas foi ligeiramente menor do que no pH 5.
5. No pH 7, em 10 dias (240 h), a concentração de *P. aeruginosas* chegou a $4,35 \cdot 10^6$ UFC/mL, depois de chegar ao máximo de $3,09 \cdot 10^8$ UFC/mL.
6. A espécie *S. aureus* apresentou uma drástica redução na concentração dos microrganismos em menos de 24 horas.
7. A espécie *S. aureus* se adaptou melhor nos pH neutro e básico.
8. Para *S. aureus*, as curvas de crescimento se formaram, mas a redução inicial de concentração foi tão intensa que o pico da curva praticamente não pode ser

percebido nos gráficos. Assim, somente nas tabelas de dados, é possível visualizar que existe um pico de concentração.

9. Apesar da redução intensa, *S. aureus* apresentou curvas de crescimento em todos os pH estudados, e os microrganismos mantiveram-se viáveis até 96 h (pH 5), além de 322 h (pH 7) e 192 h (pH 9).

7.2 Recomendações

Nos itens 7.2.1, 7.2.2 e 7.2.3, são apresentadas recomendações para futuros estudos.

7.2.1 Recomendações relativas à primeira etapa – *Codisposição*

1. Estudar a presença de componentes tóxicos à microbiota da célula de aterro sanitário, tais como metais pesados e sobras de medicamentos, avaliando sua concentração no lixiviado das células e a relação apresentada com a concentração dos microrganismos de interesse.
2. Estudar o resíduo sólido do interior das células ao longo do tempo quanto às suas características de decomposição, verificando os fatores de influência mais significativos.
3. Aprofundar e estudo da química dos resíduos sólidos.
4. Estudar a relação da precipitação pluviométrica com o volume lixiviado.
5. Realizar uma varredura, quanto às espécies de microrganismos encontradas nos efluentes líquidos dos estabelecimentos de saúde.
6. Realizar testes com modelos animais experimentais expostos ao lixiviado de aterro sanitário de codisposição de RSSS com RSU, verificando os efeitos causados por esse contato, seguindo as normas de bioética referentes ao uso de animais de laboratório.
7. Ao empregar esta técnica de disposição final, realizar a inativação dos microrganismos no lixiviado através de banhados construídos como sistema de tratamento do lixiviado.

8. Simular o lançamento do lixiviado bruto, advindo das células de codisposição, em ambiente com as mesmas características de um corpo d'água natural, recolhendo amostras e verificando a presença de microrganismos patogênicos através da pesquisa de indicadores microbiológicos.
9. Ao realizar a codisposição, depositar na célula, em primeiro lugar, os resíduos sólidos urbanos para que se estabeleça o contato do lixiviado dos resíduos sólidos de serviços de saúde com a massa de resíduos urbanos presente na célula.
10. Em se confirmando a possibilidade de empregar-se a técnica de codisposição, na prática, recomenda-se a utilização da relação RSSS (5%) / RSU (95%), considerando que a quantidade de RSSS gerada em uma cidade se mostra muito menor do que a quantidade de RSU.

7.2.2 Recomendações relativas à segunda etapa – *Recirculação*

1. Estudar, em escala piloto, espécies de macrófitas como auxiliares do processo de depuração do lixiviado de aterro sanitário, incluindo as já estudadas neste trabalho e outras.
2. Estudar a presença de metais pesados e outros poluentes na argila de recobrimento das células antes e após o início da recirculação do lixiviado.
3. Estudar a presença de metais pesados e outros poluentes no sistema radicular das macrófitas (auxilires no processo de depuração) antes e após o início da recirculação do lixiviado, realizando balanços de massa.

7.2.3 Recomendações relativas à terceira etapa – *Inoculação*

1. Estudar a curva de crescimento de outros microrganismos presentes nos estabelecimentos de saúde, quando inoculados em lixiviado de aterro sanitário, a fim de verificar a validade da utilização de microrganismos indicadores nesse caso.
2. Variar as condições de temperatura e presença/ausência de oxigênio no estudo de novas curvas de crescimento de microrganismos de interesse.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSARI, S. A.; FARRAH, S. R.; CHAUDHRY, G. R. 1992. Presence of human immunodeficiency virus nucleic acids in wastewater and their detection by polymerase chain reaction. Applied Environmental Microbiology, v. 58, n.12, p. 3984-3990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2003. NBR 7500: Identificação para transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos . São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2002. NBR 9191: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1987. NBR 10004: Resíduos sólidos. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1993. NBR 12807: Resíduos de serviços de saúde: terminologia. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1993. NBR 12808: Resíduos de serviços de saúde: classificação. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1993. NBR 12809: Manuseio de resíduos de serviços de saúde. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1993. NBR 12810: Coleta de resíduos de serviços de saúde. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2000. NBR 13056: Filmes plásticos, verificação de transparência: método de ensaio. São Paulo.

BARLAZ, M. A.; MILKE, M. W.; HAM, R. K. 1987. Gás production parameters in sanitary landfill simulators. Waste management & Research, London, v.5, p. 27-39.

BIDONE, F. R. A. (Coord.) 2001. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização. Porto Alegre: ABES. 240 p.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. 1999. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: Escola de Engenharia São Carlos da USP. 109 p.

- BRANCO, S. M. 1986. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3. ed. São Paulo: Cetesb/Ascetesb. 616 p.
- BRITTO, E. R. 1994. Introdução à biologia sanitária. Rio de Janeiro: DTP. 200 p.
- CAN Aids be transmitted by biosolids?: biosolids fact sheet. 1999. Alexandria: Water Environmental Federation. Disponível em (www.wef.org/docs/biofact/aids.fct.html)
- CENSO 2000. Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2002. 2002. Rio de Janeiro: IBGE 195 p. (Estudos e Pesquisas. Informação Geográfica, ISSN 1517 – 1450; n.2)
- CONAMA. 1991. Resolução n°. 01, de 25 de abril de 1991. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 03 mar. 1991.
- CONAMA. 1993. Resolução n°. 005, de 5 de agosto de 1993. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.
- CONAMA. 2001. Resolução n°. 283, de 12 de julho de 2001. Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 01 out. 2001.
- DUGAN, S.F.X . 1992. Regulated medical waste: is any of it infectious? New York State Journal of Medicine. v. 8, p. 349-352.
- FERNANDES, A. T.; FERNANDES, M. O. V; RIBEIRO FILHO, N. 2000. Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde. São Paulo: Atheneu. v. 2. 1721 p.
- GARCIA, A. 2001. Gestão ambiental de resíduos sólidos hospitalares no município de Porto Alegre, RS – diagnóstico 2001. III Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. 19 p.
- GOMES, F. P. 1984. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. São Paulo: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 157 p.
- GOMES, L. P. 1989. Estudo de caracterização física e da biodegradabilidade dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. São Carlos 161 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos USP.
- HALD, A. 1970. Statistical tables and formulas. New York: John Wiley. 97 p.

JAWETZ, E.; MELNICK, J. L.; ADELBERG, E. A. ; BROOKS, G. F.; BUTEL, J. S.; ORNSTON, L. N. 1991. Microbiologia médica. 18. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Kooban. 519 p.

LEVENSPIEL, O. 1974. Engenharia das reações químicas. São Paulo: Edgard Blücher. v. 1. 211 p.

LIMA, L. M. Q. 1988. Estudo da influência da reciclagem de chorume na aceleração da metanogênese em aterro sanitário. 242 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

LIMA, L. M. Q. 1995. Lixo: tratamento e biorremediação. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Hemus. 265 p.

LUDVIGSEN, L.; ALBRECHTSEN, H.; RINGELBERG, D. B.; EKELUND, F.; CHRISTENSEN, T. H. 1999. Distribution and composition of microbial population in a landfill leachate contaminated aquifer (Grindsted, Denmark). Microbial Ecology, New York, v. 37, n.º.3, p. 197-207, Apr.

MACHADO, P. A. L. 1996. Direito ambiental brasileiro. 6. ed. São Paulo: Malheiros. 782 p.

MEANEY, J. G.; CHEREMISIOFF, P. N. 1989. Medical waste strategy. Pollution Engineering. p. 92-106, Oct.

MOORE, B. E. 1993. Survival of human immunodeficiency virus (HIV), HIV-infected lymphocytes, and poliovirus in water. Applied Environmental Microbiology. v.59, n.5, p. 1437-1443, May.

MOREIRA, C. A. X.; WAJNSTAJN, G. M. 1993. Lixo hospitalar: gerenciamento, tratamento e destinação final, curso. Rio de Janeiro: ABES.

MOSHER, F. A.; McBEAN, E. A.; CRUTCHER, A. J.; McDONALD, N. 1997. Leachate recirculation for rapid stabilization of landfills: theory and practice. Water Quality International, London, p. 33-45, Nov./Dec.

NOVAES, R. F. V. 1986. Microbiology of anaerobic digestion. Water Science Technology, Oxford, v. 18, p. 1-14.

OLIVEIRA, A. L. M de. 2002. Simulação da codisposição de resíduos de Manzate 800 com resíduos sólidos urbanos durante a fase metanogênica. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OROFINO, F. V. G. 1996. Aplicação de um sistema de suporte multicritério SAATY FOR WINDOWS na gestão dos resíduos sólidos de serviços de saúde – caso do hospital Celso Ramos. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: (<http://www.eps.ufsc.br/disserta97/flavia>).

PALMISANO, A. C.; BARLAZ, M. A. 1996. Microbiology of solid waste: Boca Raton: CRC. 224 p.

PELCZAR, M. J. Jr; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. 1997. Microbiologia: conceitos e aplicações 2. ed. São Paulo: Makron Books. v. 2. 517p.

POHLAND, F. G.; AL-YOUSFI, B. 1994. Design and operation of landfills for optimum stabilization and biogas production. Water Science and Technology, Oxford, v.30, p. 117-124.

POHLAND, F. G.; GOULD, J. P. 1986. Codisposal of municipal refuse and industrial waste sludge in landfills. Atlanta.

POHLAND, F. G.; DERTEIN, J. T.; GHOSH, S. B. 1983. Leachate and gas quality changes during landfill stabilization of municipal refuse. In: Simpósio Internacional de Digestão Anaeróbia. 3., 1983, Boston. Proceedings. Cambridge: The Symposium. p.185-201.

POHLAND, F. G.; CROSS, W. H.; KING L. W. 1983. Codisposal of disposable diapers with shredded municipal refuse in simulated landfills. Water Science Technology, Oxford, v. 27, n. 2, p. 209 – 223.

PÖNKÄ, A.; KASKI, A.; LÄHDEVIRTA, J. 1996. Recommendations for the management of wastes from healthcare facilities in Helsinki. Waste Management & Research, London, v. 14, n. 2, p. 145-150.

PRESTON, D. R.; FARRAH, S. R.; BITTON, G.; CHAUDHRY, G. R. 1991. Detection of nucleic acids homologous to human immunodeficiency virus in wastewater. Journal of Virological Methods, Amsterdam, v. 33, n.3, p. 383-390, Aug.

- REES, J. F. 1980. The fate of carbon compounds in the landfill disposal of organic mater. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, London, v. 30, p. 161-175.
- REINHART, D. R.; AL-YOUSFI, A. B. 1996. The impact of leachate recirculation on municipal solid waste landfill operating characteristics. Waste Management & Research, v. 14, p. 337-346.
- RODRIGUES, E. A. C.; MENDONÇA, J. S.; AMARANTE, J. M. B. et al. 1997. Infecções Hospitalares: – prevenção e controle. São Paulo: Sarvier. 669 p.
- RUTALA, W. A.; ODETTE, R. L.; SAMSA, G. P. 1989. Management of infectious waste by US hospital. The Journal of American Medical Association, n. 262, p. 1635-1640.
- RUTALA, W. A.; WEBER, D. J. 1991. Infectious waste: mismatch between science and policy. New England Journal of Medicine, Waltham, v. 325, p. 578-582.
- SCHNEIDER, V. N.; RÊGO, R. C. E.; CALDART, V.; ORLANDIN, S. M. 2001. Manual de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde. São Paulo: CLR Balieiro. 173 p.
- SENIOR, E. 1995. Microbiology of landfill sites. 2. ed. Boca Raton: Lewis. 205 p.
- SOBSEY, M. D. 1978. Field survey of enteric viruses in solid waste landfill leachates. American Journal of Public Health, Washington, v. 68, n. 9, p. 858-864, Sept.
- STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 1995. 19th ed. Washington: American Public Health Association. 1074 p.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, L.C. 2000. Microbiologia. 6. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul. 832 p.
- WISTREICH, G. A.; LECHTMAN, M. D., 1973. Microbiologia das Doenças Humanas. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 661 p.
- ZANON, U. 1990. Riscos infecciosos imputados ao lixo hospitalar: realidade epidemiológica ou ficção sanitária? Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Brasília, v. 23, n.3, p. 163-170.

ANEXO A

TABELAS E GRÁFICOS

Tabela A1 – Condutividade do lixiviado das células (µmhos/cm).

Relatório	DATA	t(dias)	T (°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	20,0	-	-	-	-	-	10500
2	01/06/99	7	18,8	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	22,2	6000	6000	6000	10000	5000	5000
4	16/06/99	22	22,2	10510	10000	10000	10500	9500	7000
5	23/06/99	29	20,2	12500	10000	12500	11500	8500	7000
6	05/07/99	41	15,6	12000	11000	11000	9000	9000	8000
7	14/07/99	50	25,5	12500	12000	12000	12000	7000	8000
8	21/07/99	57	16,4	12000	11500	11000	12000	8000	7000
9	28/07/99	64	20,0	11000	10000	8500	10000	6500	6000
10	02/08/99	69	21,9	9500	8000	8000	7000	4500	4500
11	11/08/99	78	29,2	-	-	-	-	-	6000
12	18/08/99	85	22,9	11500	10000	8000	9000	5000	5500
13	25/08/99	92	26,4	13000	12200	9000	10000	7500	6000
14	13/09/99	111	27,0	12700	11200	10400	10800	8500	6000
15	22/09/99	120	21,0	10500	7000	6500	7500	4000	4500
16	29/09/99	127	19,5	13500	-	9000	10200	6000	-
17	04/10/99	132	15,8	11000	7000	8000	10000	7000	5500
18	13/10/99	141	18,8	11000	8500	9000	10000	6000	5500
19	20/10/99	148	26,2	12000	8000	9000	9000	6000	5000
20	27/10/99	155	29,0	14000	10000	8000	10000	9000	5000
21	03/11/99	162	27,6	14000	11000	-	11000	9000	5500
22	17/11/99	176	27,3	8500	8500	6000	8000	-	4000
23	24/11/99	183	28,8	10500	10000	6500	8000	7500	5000
24	01/12/99	190	30,4	11000	11000	7500	8500	8500	6000
25	09/12/99	198	24,1	9500	9000	7000	6500	7000	3500
26	15/12/99	204	27,4	-	10000	8000	7500	5500	5500
27	22/12/99	211	30,9	12000	10500	8500	8000	6000	4500
28	05/01/00	225	31,8	12500	9000	8500	7500	6500	6000
29	13/01/00	233	32,8	13200	11000	9100	9500	8000	6000
30	19/01/00	239	30,0	12500	11000	9000	9500	8000	5500
31	26/01/00	246	27,4	11800	10200	8100	8100	7400	4700
32	03/02/00	254	27,4	13000	12000	8500	9000	6500	5000
33	09/02/00	260	33,6	13500	12500	9000	8500	7000	5000
34	16/02/00	267	27,4	-	-	-	-	-	-
35	23/02/00	274	30,8	12500	12000	8000	8000	7000	4000
36	02/03/00	282	32,2	13000	12000	9000	8500	7000	5000
37	09/03/00	289	26,4	11000	11000	7000	6000	5500	4500
38	13/03/00	293	29,0	12000	11000	7000	6500	6000	5000
39	21/03/00	301	28,2	9800	9300	6200	6300	5000	4390
40	30/03/00	310	28,6	12000	11500	7000	8000	8000	6000
41	05/04/00	316	30,4	13500	13000	9500	9000	8000	6000
42	12/04/00	323	20,2	11000	12000	8000	7500	4500	5000
43	19/04/00	330	23,8	9500	12000	5000	1800	5000	5500
44	26/04/00	337	28,6	10000	10000	5000	6000	4000	5000
45	03/05/00	344	23,8	11000	10000	6500	7000	5500	4500
46	23/05/00	364	21,8	9000	10500	7000	5000	6000	5000
47	31/05/00	372	14,6	10000	-	7000	5500	4000	3500
48	14/06/00	386	29,4	9000	8500	7000	2100	5500	-
49	21/06/00	393	13,9	5000	4500	4000	2700	1150	2500
50	12/07/00	414	11,8	5500	6000	5000	1300	4000	2500
51	19/07/00	421	11,8	6000	6000	4000	2500	3000	2500
52	26/07/00	428	16,0	7500	7000	5000	4500	4000	4000
53	09/08/00	442	21,4	7000	6000	5000	4000	4500	-
54	16/08/00	449	19,4	8500	8000	6000	5000	4000	-
55	21/08/00	454	29,4	7500	7000	6000	5000	4000	3500
56	05/10/00	499	20,8	7800	6200	3500	-	2300	2200
57	10/10/00	504	19,4	4000	6200	3200	1200	2800	3290
58	25/10/00	519	26,0	8000	5000	3000	1400	2650	2800
59	01/11/00	526	33,4	8500	7000	4800	-	4000	1900
60	08/11/00	533	29,0	8500	7000	4000	2100	2200	2800
61	16/11/00	541	24,2	8100	7000	3700	1900	3400	2800
62	22/11/00	547	33,0	-	-	-	-	-	-

Tabela A1 – Condutividade do lixiviado das células (μmhos/cm) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	T (°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	23,2	9000	8000	5000	550	4000	3000
64	07/12/00	562	33,0	9000	8000	1600	700	2800	3300
65	13/12/00	568	34,2	7200	6500	3900	3200	3200	2900
66	20/12/00	575	30,5	9000	7500	4000	4000	4000	3800
67	27/12/00	582	34,5	8000	7500	4500	5000	5000	4000
68	03/01/01	589	33,2	-	-	-	-	5000	3800
69	11/01/01	597	25,2	9000	6500	3500	1700	5000	3600
70	16/01/01	602	28,0	6500	6000	4000	1000	5000	4000
71	24/01/01	610	30,8	6000	7000	6000	4000	6000	5000
72	31/01/01	617	27,3	6000	5000	3000	1000	3000	3000
73	07/02/01	624	34,4	-	-	-	-	-	-
74	14/02/01	631	29,9	8000	6000	4000	3000	4000	3000
75	21/02/01	638	34,0	-	-	-	-	-	-
76	07/03/01	652	28,0	8000	7000	3000	4000	3500	4000
77	15/03/01	660	28,8	5500	7000	5000	3500	4000	3500
78	21/03/01	666	32,8	-	6500	5800	4500	-	-
79	04/04/01	680	26,2	4500	-	-	1300	-	3200
80	11/04/01	687	26,4	7100	4710	3000	1110	-	3510
81	18/04/01	694	29,8	3900	2500	1800	1400	-	3400
82	02/05/01	708	20,0	2250	1180	2980	1600	-	1600
83	09/05/01	715	19,6	4100	1600	2850	2010	-	2100
84	22/05/01	728	22,6	-	-	-	-	-	-
85	31/05/01	737	30,6	7300	5500	3500	3200	-	3400
86	07/06/01	744	21,8	7100	4600	3500	3350	-	3300
87	13/06/01	750	27,0	7900	5800	3610	2700	-	3300
88	21/06/01	758	12,4	4380	3820	2790	2100	2290	2500
89	28/06/01	765	19,6	4900	3500	2320	2290	-	2510
90	05/07/01	772	19,2	5100	4020	2490	2160	-	2500
91	12/07/01	779	13,6	2900	3000	1800	1700	-	1750
92	18/07/01	785	19,0	4400	2980	2000	1950	1600	2500
93	25/07/01	792	21,4	3520	1210	1500	1600	-	2000
94	01/08/01	799	30,6	5100	3210	2000	2080	-	2890
95	08/08/01	806	21,0	5100	3390	2290	2280	-	2880
96	15/08/01	813	29,9	6000	4000	2900	2500	-	3000
97	22/08/01	820	19,8	6000	3900	2600	2300	-	3000
98	29/08/01	827	19,6	6500	4000	3300	2500	-	3200
99	05/09/01	834	19,2	4700	4300	3500	2200	2500	3200
100	12/09/01	841	19,2	4700	3400	3000	2100	-	2500
101	19/09/01	848	24,2	4400	3100	2350	2200	-	2550

Tabela A2 – Cor aparente do lixiviado das células (mg Pt/L).

Relatório	DATA	t(dias)	T(°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	20,0	-	-	-	-	-	1000
2	01/06/99	7	18,8	3000	-	-	-	-	3000
3	08/06/99	14	22,2	1500	1000	1000	2500	1000	500
4	16/06/99	22	22,2	2000	2000	2000	3000	3000	1000
5	23/06/99	29	20,2	4000	1500	2000	2000	1000	500
6	05/07/99	41	15,6	3000	1500	2000	2000	1000	500
7	14/07/99	50	25,5	3000	2000	2000	2000	2000	1500
8	21/07/99	57	16,4	3000	2000	2000	2000	2000	1500
9	28/07/99	64	20,0	1500	2000	2000	3000	3000	1000
10	02/08/99	69	21,9	2000	2000	3000	3000	3000	1000
11	11/08/99	78	29,2	-	-	-	-	-	125
12	18/08/99	85	22,9	1500	1500	1000	1000	500	500
13	25/08/99	92	26,4	1500	2500	2500	1500	1000	500
14	13/09/99	111	27,0	1500	2000	3000	500	1000	500
15	22/09/99	120	21,0	2000	1500	1000	4000	2000	4000
16	29/09/99	127	19,5	750	-	1000	1500	500	-
17	04/10/99	132	15,8	1000	1000	1000	3000	500	500
18	13/10/99	141	18,8	750	750	1500	1500	500	750
19	20/10/99	148	26,2	1500	1000	3000	1000	1000	500
20	27/10/99	155	29,0	1500	1000	2000	1500	1000	1000
21	03/11/99	162	27,6	1500	1000	-	1000	1000	750
22	17/11/99	176	27,3	2500	2000	1500	1500	-	1000
23	24/11/99	183	28,8	2500	3000	2000	2500	1000	1000
24	01/12/99	190	30,4	2000	2500	2000	2500	1000	1000
25	08/12/99	197	24,1	2500	3000	2500	1500	1500	1000
26	15/12/99	204	27,4	-	2500	2500	1000	1000	1000
27	22/12/99	211	30,9	2500	2500	2500	1000	1000	1000
28	05/01/00	225	31,8	3000	2000	2500	2500	1500	1500
29	13/01/00	233	32,8	2500	2500	2000	2500	2000	1000
30	19/01/00	239	30,0	2500	2000	2500	2500	1500	1000
31	26/01/00	246	27,4	1000	1500	1000	1000	1500	1000
32	03/02/00	254	27,4	1500	1500	1000	1000	1000	1500
33	09/02/00	260	33,6	2000	1500	1000	1000	1000	500
34	16/02/00	267	27,4	2000	1500	1500	1000	1000	1000
35	23/02/00	274	30,8	2000	1500	1500	1000	1000	500
36	02/03/00	282	32,2	1000	1000	750	500	500	500
37	09/03/00	289	26,4	1000	750	500	500	500	250
38	13/03/00	293	29,0	1000	1000	500	500	500	250
39	21/03/00	301	28,2	1000	1000	1000	1000	750	750
40	30/03/00	310	28,6	1500	1500	1000	1000	1000	750
41	05/04/00	316	30,4	2000	1500	1000	1000	1000	750
42	12/04/00	323	20,2	1500	1500	1000	1000	750	500
43	19/04/00	330	23,8	1000	1000	750	750	750	500
44	26/04/00	337	28,6	1000	1500	750	1000	750	500
45	03/05/00	344	23,8	1500	2500	1000	1000	1000	1000
46	23/05/00	364	21,8	1000	2000	1500	1000	1000	1000
47	31/05/00	372	14,6	1500	-	2000	1000	1000	1000
48	14/06/00	386	29,4	1000	700	500	200	500	-
49	21/06/00	393	13,9	750	700	500	500	500	750
50	12/07/00	414	11,8	500	550	500	125	225	75
51	19/07/00	421	11,8	400	500	500	125	250	50
52	26/07/00	428	16,0	500	500	500	100	200	100
53	09/08/00	442	21,4	1000	800	400	400	1000	-
54	16/08/00	449	19,4	1000	800	400	500	1000	-
55	21/08/00	454	29,4	1000	1000	700	1000	1000	300
56	05/10/00	499	21,5	500	500	500	-	250	375
57	10/10/00	504	19,5	750	750	500	250	250	250
58	25/10/00	519	30,4	750	1000	500	500	200	200
59	01/11/00	526	27,7	750	500	500	-	1000	500
60	08/11/00	533	23,9	500	750	500	250	500	250
61	16/11/00	541	24,2	1000	500	500	500	250	250
62	22/11/00	547	33,0	500	250	500	500	250	250

Tabela A2 – Cor aparente do lixiviado das células (mg Pt/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	T(°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	23,2	500	750	500	-	250	500
64	07/12/00	562	33,0	500	750	500	250	500	500
65	13/12/00	568	34,2	500	500	750	750	500	250
66	20/12/00	575	30,5	500	500	500	750	1000	500
67	27/12/00	582	34,5	750	-	1000	1000	750	750
68	03/01/01	589	33,2	-	-	-	-	500	-
69	11/01/01	597	25,2	1000	750	500	750	500	250
70	16/01/01	602	28,0	250	250	350	500	750	500
71	24/01/01	610	30,8	500	500	250	500	750	250
72	31/01/01	617	27,3	500	250	500	250	500	-
73	07/02/01	624	34,4	-	750	1000	1000	500	750
74	14/02/01	631	29,9	750	250	750	500	750	500
75	21/02/01	638	34,0	500	500	750	500	750	500
76	07/03/01	652	28,0	250	750	500	750	500	250
77	15/03/01	660	28,8	1000	750	750	1000	750	500
78	21/03/01	666	32,8	-	500	750	750	-	-
79	04/04/01	680	26,2	750	-	-	500	-	500
80	11/04/01	687	26,4	1000	750	1000	500	-	500
81	18/04/01	694	29,8	-	-	-	-	-	-
82	02/05/01	708	20,0	-	-	-	-	-	-
83	09/05/01	715	19,6	-	-	-	-	-	-
84	22/05/01	728	22,6	-	-	-	-	-	-
85	31/05/01	737	30,6	250	250	1000	1000	-	750
86	07/06/01	744	21,8	500	250	1000	750	-	250
87	13/06/01	750	27,0	1500	1000	1500	1000	-	500
88	21/06/01	758	12,4	1000	500	1000	1000	1000	500
89	28/06/01	765	19,6	1000	750	1000	1000	-	750
90	05/07/01	772	19,2	750	750	750	500	-	500
91	12/07/01	779	13,6	1000	750	1000	1000	-	500
92	18/07/01	785	19,0	750	500	750	500	500	500
93	25/07/01	792	21,4	500	250	250	500	-	250
94	01/08/01	799	30,6	750	1000	1000	750	-	500
95	08/08/01	806	21,0	1000	1000	1000	750	-	500
96	15/08/01	813	29,9	500	500	500	1000	-	500
97	22/08/01	820	19,8	750	500	1000	1000	-	500
98	29/08/01	827	19,6	750	500	750	750	-	500
99	05/09/01	834	19,2	500	500	750	500	750	500
100	12/09/01	841	19,2	-	-	-	-	-	-
101	19/09/01	848	24,2	-	-	-	-	-	-

Tabela A3 – pH do lixiviado das células.

Relatório	DATA	t(dias)	T(°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	20,0	-	-	-	-	-	5,3
2	01/06/99	7	18,8	5,1	-	-	-	-	4,1
3	08/06/99	14	22,2	4,0	4,1	4,9	4,9	4,2	5,1
4	16/06/99	22	22,2	5,6	4,4	4,7	5,1	4,2	5,0
5	23/06/99	29	20,2	5,7	5,6	6,2	5,8	5,6	5,2
6	05/07/99	41	15,6	5,7	5,5	5,7	5,5	5,2	5,2
7	14/07/99	50	25,5	5,4	5,4	5,4	5,4	5,0	5,0
8	21/07/99	57	16,4	5,3	5,4	5,4	5,4	5,0	5,0
9	28/07/99	64	20,0	5,4	5,4	5,3	5,3	5,0	5,2
10	02/08/99	69	21,9	5,4	5,4	5,4	5,4	5,0	5,4
11	11/08/99	78	29,2	-	-	-	-	-	5,9
12	18/08/99	85	22,9	5,4	5,5	5,4	5,8	5,0	5,8
13	25/08/99	92	26,4	5,3	5,4	5,3	6,6	4,9	6,3
14	13/09/99	111	27,0	5,4	5,5	5,4	7,0	5,0	6,5
15	22/09/99	120	21,0	5,4	5,4	5,4	7,1	5,1	6,4
16	29/09/99	127	19,5	5,5	-	5,4	6,8	5,1	-
17	04/10/99	132	15,8	5,4	5,4	5,4	6,8	5,0	6,2
18	13/10/99	141	18,8	5,5	5,5	6,2	7,2	5,0	5,5
19	20/10/99	148	26,2	5,4	5,6	6,3	7,2	5,0	5,2
20	27/10/99	155	29,0	5,5	5,5	5,7	7,1	5,0	6,5
21	03/11/99	162	27,6	5,5	5,6	-	7,2	5,0	6,6
22	17/11/99	176	27,3	6,9	7,1	7,2	7,2	-	6,6
23	24/11/99	183	28,8	7,2	7,1	7,0	7,3	5,0	6,6
24	01/12/99	190	30,4	7,2	7,3	7,1	7,2	5,0	6,3
25	08/12/99	197	24,1	7,1	7,3	7,1	7,2	5,2	6,7
26	15/12/99	204	27,4	-	7,3	7,4	7,3	5,0	6,5
27	22/12/99	211	30,9	7,3	7,4	7,4	7,3	5,1	6,8
28	05/01/00	225	31,8	7,5	7,3	7,4	7,1	5,2	7,0
29	13/01/00	233	32,8	7,6	7,6	7,3	7,3	7,1	7,2
30	19/01/00	239	30,0	7,5	7,4	7,3	7,3	7,3	7,6
31	26/01/00	246	27,4	7,4	7,3	7,3	7,2	7,0	7,0
32	03/02/00	254	27,4	7,4	7,4	7,2	7,2	7,1	7,0
33	09/02/00	260	33,6	7,4	7,5	7,4	7,8	7,2	7,0
34	16/02/00	267	27,4	7,4	7,5	7,5	7,4	7,3	7,1
35	23/02/00	274	30,8	7,3	7,3	7,3	7,7	7,3	7,1
36	02/03/00	282	32,2	7,3	7,3	7,3	7,1	7,3	7,0
37	09/03/00	289	26,4	7,5	7,5	7,3	7,2	7,1	7,0
38	13/03/00	293	29,0	7,3	7,4	7,2	7,5	7,2	7,1
39	21/03/00	301	28,2	7,4	7,5	7,3	7,2	7,2	7,2
40	30/03/00	310	28,6	7,3	7,5	7,3	7,1	7,2	7,1
41	05/04/00	316	30,4	7,3	7,4	7,2	7,1	7,2	7,0
42	12/04/00	323	20,2	7,3	7,4	7,2	7,1	7,0	7,1
43	19/04/00	330	23,8	7,1	7,3	7,1	6,4	7,0	7,1
44	26/04/00	337	28,6	7,3	6,8	7,0	7,0	7,0	7,0
45	03/05/00	344	23,8	7,2	8,4	7,2	7,1	7,6	7,7
46	23/05/00	364	21,8	7,2	7,4	7,1	7,0	7,1	6,9
47	31/05/00	372	14,6	7,4	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1
48	14/06/00	386	29,4	7,2	7,2	7,2	6,6	7,1	-
49	21/06/00	393	13,9	7,1	7,1	6,9	6,4	6,5	7,9
50	12/07/00	414	11,8	7,0	7,2	7,7	6,4	6,9	6,7
51	19/07/00	421	11,8	7,0	7,2	7,1	6,8	6,9	6,8
52	26/07/00	428	16,0	7,1	7,1	7,0	6,9	6,9	6,9
53	09/08/00	442	21,4	7,3	7,1	7,0	6,9	7,3	-
54	16/08/00	449	19,4	6,8	6,9	6,8	6,7	6,8	-
55	21/08/00	454	29,4	7,6	7,3	7,1	7,0	7,0	7,0
56	05/10/00	499	21,5	7,2	7,3	7,0	-	6,9	7,1
57	10/10/00	504	19,5	7,2	7,2	7,0	6,5	6,9	7,1
58	25/10/00	519	30,4	7,1	7,0	6,8	6,5	6,8	6,7
59	01/11/00	526	27,7	7,3	7,2	7,1	-	7,0	6,9
60	08/11/00	533	23,9	7,2	7,2	7,0	6,9	6,8	6,9
61	16/11/00	541	24,2	7,3	7,3	7,0	6,8	7,0	6,9
62	22/11/00	547	33,0	7,2	7,2	7,0	6,9	6,9	6,8

Tabela A3 – pH do lixiviado das células – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	T(°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	23,2	7,2	7,2	7,0	6,1	7,0	6,9
64	07/12/00	562	33,0	7,1	7,2	6,7	6,2	7,0	6,9
65	13/12/00	568	34,2	7,0	7,0	6,7	6,7	6,7	6,6
66	20/12/00	575	30,5	7,1	7,1	6,8	6,8	6,8	6,8
67	27/12/00	582	34,5	7,1	-	6,9	6,9	6,8	6,7
68	03/01/01	589	33,2	-	-	-	-	7,1	6,9
69	11/01/01	597	25,2	7,2	7,2	6,9	6,7	7,1	6,9
70	16/01/01	602	28,0	7,1	6,9	6,8	6,2	6,9	6,7
71	24/01/01	610	30,8	7,2	7,2	7,1	6,9	7,1	6,9
72	31/01/01	617	27,3	7,9	7,4	7,2	6,8	7,2	7,0
73	07/02/01	624	34,4	-	7,1	6,7	6,9	7,0	6,9
74	14/02/01	631	29,9	7,2	7,1	6,9	6,9	6,9	6,8
75	21/02/01	638	34,0	7,1	7,0	6,8	6,9	6,9	6,9
76	07/03/01	652	28,0	7,1	7,0	6,8	6,8	6,9	6,9
77	15/03/01	660	28,8	7,3	7,4	7,1	7,0	7,2	7,1
78	21/03/01	666	32,8	-	7,0	7,0	6,9	-	-
79	04/04/01	680	26,2	6,9	-	-	6,3	-	6,7
80	11/04/01	687	26,4	7,1	7,1	6,8	6,3	-	6,7
81	18/04/01	694	29,8	7,2	7,0	6,9	6,8	-	6,9
82	02/05/01	708	20,0	7,0	6,4	6,9	6,7	-	6,7
83	09/05/01	715	19,6	7,1	6,9	6,8	6,7	-	6,7
84	22/05/01	728	22,6	-	-	-	-	-	-
85	31/05/01	737	30,6	7,0	7,0	6,8	6,8	-	7,0
86	07/06/01	744	21,8	7,2	7,1	7,0	7,0	-	7,0
87	13/06/01	750	27,0	7,2	7,0	6,9	6,8	-	6,9
88	21/06/01	758	12,4	7,1	7,0	6,8	6,7	6,6	6,6
89	28/06/01	765	19,6	7,0	6,8	6,7	6,8	-	6,8
90	05/07/01	772	19,2	7,0	6,9	6,7	6,8	-	6,8
91	12/07/01	779	13,6	6,9	6,9	6,7	6,7	-	6,6
92	18/07/01	785	19,0	6,3	6,1	6,1	6,6	6,5	6,6
93	25/07/01	792	21,4	6,9	6,4	6,7	6,6	-	6,7
94	01/08/01	799	30,6	7,0	6,8	6,6	6,6	-	6,8
95	08/08/01	806	21,0	7,1	6,9	6,8	6,7	-	6,9
96	15/08/01	813	29,9	-	-	-	-	-	-
97	22/08/01	820	19,8	7,1	7,0	6,8	6,8	-	6,9
98	29/08/01	827	19,6	7,2	7,0	6,9	6,8	-	6,8
99	05/09/01	834	19,2	6,9	6,9	6,8	6,1	6,0	6,0
100	12/09/01	841	19,2	7,0	7,0	6,9	6,8	-	6,8
101	19/09/01	848	24,2	7,0	6,8	6,7	6,8	-	6,7

Tabela A4 – Potencial redox do lixiviado das células (mV).

Relatório	DATA	t(dias)	T(°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	20,0	-	-	-	-	-	23
2	01/06/99	7	18,8	-40	-	-	-	-	70
3	08/06/99	14	22,2	86	52	19	-12	93	69
4	16/06/99	22	22,2	-34	8	6	-16	45	70
5	23/06/99	29	20,2	-112	-48	-82	-66	-5	72
6	05/07/99	41	15,6	-72	-17	-25	-2	28	59
7	14/07/99	50	25,5	-105	-52	-50	-54	14	29
8	21/07/99	57	16,4	-43	-35	-31	-29	22	59
9	28/07/99	64	20,0	-37	-33	-18	-12	44	68
10	02/08/99	69	21,9	-24	-25	-18	-42	41	-19
11	11/08/99	78	29,2	-	-	-	-	-	28
12	18/08/99	85	22,9	-22	-34	-9	-67	43	-88
13	25/08/99	92	26,4	-21	-28	17	-74	45	-2
14	13/09/99	111	27,0	-20	-31	-1	-125	36	-62
15	22/09/99	120	21,0	-22	-3	-3	4	52	-1
16	29/09/99	127	19,5	-48	-	-60	-168	19	-
17	04/10/99	132	15,8	-42	-27	-51	-173	26	4
18	13/10/99	141	18,8	-37	-30	-108	-160	27	-128
19	20/10/99	148	26,2	-16	-9	-98	7	74	-53
20	27/10/99	155	29,0	-38	-21	-129	-184	31	-36
21	03/11/99	162	27,6	-42	-40	-	-148	45	11
22	17/11/99	176	27,3	-154	-159	-103	15	-	-43
23	24/11/99	183	28,8	-165	-184	-121	-16	31	-1
24	01/12/99	190	30,4	-175	-192	-166	-129	79	-240
25	08/12/99	197	24,1	-169	-192	-152	67	68	88
26	15/12/99	204	27,4	-	-160	-154	5	15	-241
27	22/12/99	211	30,9	-185	-171	-191	19	-17	-36
28	05/01/00	225	31,8	-207	-153	-179	-20	-83	-60
29	13/01/00	233	32,8	-236	-186	-122	8	-169	-88
30	19/01/00	239	30,0	-174	-101	18	-63	-152	-83
31	26/01/00	246	27,4	-152	24	52	2	-120	-312
32	03/02/00	254	27,4	-195	-150	-21	-18	-89	-245
33	09/02/00	260	33,6	-170	-11	42	57	-68	-41
34	16/02/00	267	27,4	-90	56	72	76	92	90
35	23/02/00	274	30,8	-96	-75	114	145	150	158
36	02/03/00	282	32,2	-190	-144	7	-37	-158	-325
37	09/03/00	289	26,4	75	49	73	81	-49	55
38	13/03/00	293	29,0	68	-117	21	66	-126	-22
39	21/03/00	301	28,2	123	62	78	93	-110	-48
40	30/03/00	310	28,6	161	142	-249	-120	-182	-80
41	05/04/00	316	30,4	-180	-106	-84	-168	-175	-262
42	12/04/00	323	20,2	53	58	57	101	-56	61
43	19/04/00	330	23,8	-184	-103	4	-77	-64	-218
44	26/04/00	337	28,6	162	-30	162	183	191	-18
45	03/05/00	344	23,8	-139	-60	41	-65	-61	-98
46	23/05/00	364	21,8	-155	-105	23	-37	-146	13
47	31/05/00	372	14,6	154	-	167	175	180	196
48	14/06/00	386	29,4	-34	36	110	5	36	-
49	21/06/00	393	13,9	-123	-91	-80	-40	-44	-104
50	12/07/00	414	11,8	-106	-104	-71	-45	-32	-133
51	19/07/00	421	11,8	-129	-161	-10	-40	-31	-187
52	26/07/00	428	16,0	-136	-205	-161	-110	-119	-274
53	09/08/00	442	21,4	146	-82	-87	-38	78	-
54	16/08/00	449	19,4	174	152	151	148	182	-
55	21/08/00	454	29,4	93	101	90	130	78	-49
56	05/10/00	499	21,5	-104	-41	-72	-	-75	-56
57	10/10/00	504	19,5	227	228	218	167	195	210
58	25/10/00	519	30,4	166	157	151	193	146	186
59	01/11/00	526	27,7	37	24	-81	-	-42	-28
60	08/11/00	533	23,9	173	160	4	42	-10	91
61	16/11/00	541	24,2	175	152	111	101	102	175
62	22/11/00	547	33,0	194	189	47	64	22	58

Tabela A4 – Potencial redox do lixiviado das células – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	T(°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	23,2	155	144	-17	85	-33	77
64	07/12/00	562	33,0	-30	73	-33	23	37	68
65	13/12/00	568	34,2	-133	-7	-73	-58	-40	-32
66	20/12/00	575	30,5	-23	52	-70	-40	-79	-23
67	27/12/00	582	34,5	-73	-5	2	61	-19	24
68	03/01/01	589	33,2	-	-	-	-	-71	48
69	11/01/01	597	25,2	102	129	146	18	-56	152
70	16/01/01	602	28,0	-	-	-	-	-	-
71	24/01/01	610	30,8	-	-	-	-	-	-
72	31/01/01	617	27,3	10	42	8	-20	-8	-24
73	07/02/01	624	34,4	-	116	-49	-162	269	230
74	14/02/01	631	29,9	-45	25	42	56	56	21
75	21/02/01	638	34,0	110	70	-58	-5	-6	9
76	07/03/01	652	28,0	80	83	-70	-55	-18	13
77	15/03/01	660	28,8	166	103	74	82	80	54
78	21/03/01	666	32,8	-	130	-16	23	-	-
79	04/04/01	680	26,2	49	-	-	13	-	26
80	11/04/01	687	26,4	125	74	66	2	-	17
81	18/04/01	694	29,8	-	-	-	-	-	-
82	02/05/01	708	20,0	166	56	96	53	-	55
83	09/05/01	715	19,6	65	-35	47	-23	-	9
84	22/05/01	728	22,6	-	-	-	-	-	-
85	31/05/01	737	30,6	155	80	43	19	-	3
86	07/06/01	744	21,8	135	107	76	70	-	56
87	13/06/01	750	27,0	132	98	-15	-22	-	-35
88	21/06/01	758	12,4	117	96	-34	-23	-44	-44
89	28/06/01	765	19,6	-	-	-	-	-	-
90	05/07/01	772	19,2	110	74	-28	-42	-	-61
91	12/07/01	779	13,6	117	61	-45	-66	-	-80
92	18/07/01	785	19,0	102	-16	-59	-76	-84	-72
93	25/07/01	792	21,4	-24	-40	-60	-64	-	-57
94	01/08/01	799	30,6	-12	-21	-42	-58	-	-46
95	08/08/01	806	21,0	14	-53	-72	-83	-	-50
96	15/08/01	813	29,9	-57	-12	-48	-60	-	-26
97	22/08/01	820	19,8	-12	-5	-44	-54	-	-37
98	29/08/01	827	19,6	138	19	-37	-40	-	-47
99	05/09/01	834	19,2	60	-21	-37	-34	-20	-20
100	12/09/01	841	19,2	66	36	-4	-35	-	-29
101	19/09/01	848	24,2	95	42	-26	-70	-	-43

Tabela A5 – Turbidez do lixiviado das células (UNT).

Relatório	DATA	t(dias)	T (°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	20,0	-	-	-	-	-	83
2	01/06/99	7	18,8	88	-	-	-	-	68
3	08/06/99	14	22,2	26	75	45	100	55	65
4	16/06/99	22	22,2	110	18	27	82	15	35
5	23/06/99	29	20,2	170	120	90	100	130	40
6	05/07/99	41	15,6	130	95	86	70	70	30
7	14/07/99	50	25,5	115	97	80	90	97	35
8	21/07/99	57	16,4	-	-	-	-	-	-
9	28/07/99	64	20,0	-	-	-	-	-	-
10	02/08/99	69	21,9	-	-	-	-	-	-
11	11/08/99	78	29,2	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	22,9	-	-	-	-	-	-
13	25/08/99	92	26,4	105	100	108	85	100	125
14	13/09/99	111	27,0	100	85	110	61	85	90
15	22/09/99	120	21,0	100	110	80	22	87	40
16	29/09/99	127	19,5	8	-	17	-	33	-
17	04/10/99	132	15,8	8	16	20	-	27	39
18	13/10/99	141	18,8	85	85	34	75	95	63
19	20/10/99	148	26,2	110	120	25	85	100	120
20	27/10/99	155	29,0	100	115	9	28	80	85
21	03/11/99	162	27,6	95	100	-	73	120	100
22	17/11/99	176	27,3	-	-	-	-	-	-
23	24/11/99	183	28,8	-	-	-	-	-	-
24	01/12/99	190	30,4	-	-	-	-	-	-
25	09/12/99	198	24,1	-	-	-	-	-	-
26	15/12/99	204	27,4	-	-	-	-	-	-
27	22/12/99	211	30,9	-	-	-	-	-	-
28	05/01/00	225	31,8	-	-	-	-	-	-
29	13/01/00	233	32,8	-	-	-	-	-	-
30	19/01/00	239	30,0	67	94	91	92	150	125
31	26/01/00	246	27,4	83	88	72	86	130	42
32	03/02/00	254	27,4	80	85	96	52	86	70
33	09/02/00	260	33,6	100	90	73	70	110	54
34	16/02/00	267	27,4	-	-	-	-	-	-
35	23/02/00	274	30,8	100	65	65	56	90	50
36	02/03/00	282	32,2	100	82	78	64	100	40
37	09/03/00	289	26,4	90	85	73	60	100	90
38	13/03/00	293	29,0	90	78	70	50	45	140
39	21/03/00	301	28,2	80	73	69	57	85	96
40	30/03/00	310	28,6	83	100	54	52	90	120
41	05/04/00	316	30,4	98	83	76	82	95	46
42	12/04/00	323	20,2	98	88	66	56	77	46
43	19/04/00	330	23,8	94	75	90	67	26	100
44	26/04/00	337	28,6	-	-	-	-	-	-
45	03/05/00	344	23,8	-	-	-	-	-	-
46	23/05/00	364	21,8	89	69	65	73	91	30
47	31/05/00	372	14,6	86	-	83	79	100	45
48	14/06/00	386	29,4	80	70	60	50	80	-
49	21/06/00	393	13,9	90	80	100	60	85	20
50	12/07/00	414	11,8	60	94	77	41	84	96
51	19/07/00	421	11,8	78	115	100	99	95	65
52	26/07/00	428	16,0	85	100	93	97	97	56
53	09/08/00	442	21,4	70	90	120	120	125	-
54	16/08/00	449	19,4	80	70	100	100	120	-
55	21/08/00	454	29,4	70	65	110	110	100	160
56	05/10/00	499	20,8	90	100	90	-	100	100
57	10/10/00	504	19,4	80	90	80	60	90	70
58	25/10/00	519	26,0	110	130	120	90	110	60
59	01/11/00	526	33,4	40	90	130	-	110	80
60	08/11/00	533	29,0	90	90	110	90	90	80
61	16/11/00	541	24,2	90	80	130	80	90	80
62	22/11/00	547	33,0	90	80	110	105	100	70

Tabela A5 – Turbidez do lixiviado das células (UNT) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	T (°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	23,2	90	90	80	50	70	110
64	07/12/00	562	33,0	90	90	100	35	100	95
65	13/12/00	568	34,2	80	100	110	100	120	70
66	20/12/00	575	30,5	58	83	97	95	55	110
67	27/12/00	582	34,5	65	-	70	75	80	95
68	03/01/01	589	33,2	-	-	-	-	90	60
69	11/01/01	597	25,2	90	70	80	90	90	100
70	16/01/01	602	28,0	90	70	110	100	90	60
71	24/01/01	610	30,8	80	70	60	90	110	75
72	31/01/01	617	27,3	90	80	90	60	110	60
73	07/02/01	624	34,4	-	80	160	110	100	100
74	14/02/01	631	29,9	95	80	120	110	110	100
75	21/02/01	638	34,0	80	80	150	120	110	90
76	07/03/01	652	28,0	100	90	110	110	120	90
77	15/03/01	660	28,8	80	60	110	100	110	80
78	21/03/01	666	32,8	-	55	105	108	-	-
79	04/04/01	680	26,2	-	-	-	-	-	-
80	11/04/01	687	26,4	-	-	-	-	-	-
81	18/04/01	694	29,8	-	-	-	-	-	-
82	02/05/01	708	20,0	50	65	90	95	-	50
83	09/05/01	715	19,6	57	80	96	101	-	46
84	22/05/01	728	22,6	-	-	-	-	-	-
85	31/05/01	737	30,6	55	70	120	130	-	130
86	07/06/01	744	21,8	86	76	117	110	-	62
87	13/06/01	750	27,0	77	88	125	120	-	75
88	21/06/01	758	12,4	48	62	110	75	86	66
89	28/06/01	765	19,6	68	75	115	90	-	64
90	05/07/01	772	19,2	66	75	130	125	-	126
91	12/07/01	779	13,6	45	60	90	90	-	60
92	18/07/01	785	19,0	74	85	94	105	96	71
93	25/07/01	792	21,4	83	57	65	70	-	46
94	01/08/01	799	30,6	75	120	135	115	-	85
95	08/08/01	806	21,0	60	85	100	98	-	65
96	15/08/01	813	29,9	90	105	125	120	-	109
97	22/08/01	820	19,8	90	100	150	140	-	95
98	29/08/01	827	19,6	90	100	150	140	-	95
99	05/09/01	834	19,2	96	98	130	102	110	115
100	12/09/01	841	19,2	80	81	120	110	-	70
101	19/09/01	848	24,2	73	87	90	100	-	94

Tabela A6 – DBO₅ total do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
6	05/07/99	41	23176	19251	13457	11775	9532	11214
7	14/07/99	50	20559	16447	19811	11962	11775	10093
9	28/07/99	64	23176	19811	19064	17756	11588	12896
10	02/08/99	69	15139	16073	10840	16260	6915	8597
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	4943
12	18/08/99	85	21799	19714	16492	12132	8341	3981
13	25/08/99	92	20093	19714	14027	7962	12511	4929
14	13/09/99	111	20093	19714	14027	7962	12511	4929
15	22/09/99	120	10500	15000	11500	8500	7000	6600
16	29/09/99	127	24000	25000	17500	17000	15000	17500
17	04/10/99	132	20000	14000	14000	8000	-	2600
18	13/10/99	141	22000	14000	12000	350	-	80
19	20/10/99	148	25000	11000	10500	740	240	1440
20	27/10/99	155	21000	15000	9000	3400	280	1750
21	03/11/99	162	14000	13500	-	1600	120	1300
22	17/11/99	176	6000	11000	4500	600	-	2500
23	24/11/99	183	-	-	5500	1550	-	1900
24	01/12/99	190	3500	4500	3500	1300	200	2700
25	09/12/99	197	3500	5000	2000	7500	1500	10000
26	15/12/99	204	-	5200	3800	800	-	18000
27	22/12/99	211	3200	2000	1800	700	-	900
28	05/01/00	225	2400	800	800	700	3000	3000
29	13/01/00	232	2600	1100	900	750	6600	2400
30	19/01/00	239	2400	800	700	700	4800	1600
31	26/01/00	246	1200	500	500	600	9200	1000
32	03/02/00	254	1300	900	850	750	3400	500
33	09/02/00	260	1400	950	550	400	3200	500
34	16/02/00	267	3400	700	500	450	2000	300
35	23/02/00	274	900	650	500	350	6600	100
36	02/03/00	282	460	580	460	300	1000	280
37	09/03/00	289	420	-	480	250	1850	300
38	13/03/00	293	580	1050	640	320	1950	210
39	21/03/00	301	380	650	360	260	1000	190
40	30/03/00	310	440	850	340	320	300	220
41	05/04/00	316	400	300	300	270	2250	180
42	12/04/00	323	420	320	360	320	600	240
43	19/04/00	330	-	-	720	-	400	210
44	26/04/00	337	400	-	550	620	350	220
45	03/05/00	344	-	-	-	-	-	-
46	23/05/00	364	180	200	-	140	260	260
47	31/05/00	372	120	-	300	140	200	-
48	14/06/00	386	-	-	-	-	-	-
49	21/06/00	393	-	-	-	-	-	-
50	12/07/00	414	400	950	350	550	400	400
51	19/07/00	421	260	920	220	320	220	220
52	26/07/00	428	-	-	-	-	-	-
53	09/08/00	442	500	400	450	500	600	-
54	16/08/00	449	340	400	340	360	260	-
55	21/08/00	454	380	480	400	420	340	500
56	05/10/00	499	322	322	342	-	-	221
57	10/10/00	504	322	302	261	241	221	241
58	25/10/00	519	362	462	342	362	281	342
59	01/11/00	526	362	422	402	-	543	402
60	08/11/00	533	442	402	322	261	382	402
61	16/11/00	541	322	322	241	221	241	241
62	22/11/00	547	422	442	342	422	543	261
63	30/11/00	555	362	241	402	-	322	261
64	07/12/00	562	382	461	603	563	322	261
65	13/12/00	568	382	462	281	402	302	442
66	20/12/00	575	241	322	322	302	382	482
67	27/12/00	582	402	-	302	342	382	302
68	03/01/01	589	-	-	-	-	422	261
69	11/01/01	597	503	764	442	261	482	322

Tabela A6 – DBO₅ total do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
70	16/01/01	602	281	261	201	141	362	221
71	24/01/01	610	422	261	342	281	402	281
72	31/01/01	617	302	261	-	281	241	221
73	07/02/01	624	-	281	101	221	261	241
74	14/02/01	631	-	342	261	241	281	302
75	21/02/01	638	-	322	241	302	302	-
76	07/03/01	652	402	201	161	201	302	302
77	15/03/01	660	362	302	342	302	382	402
78	21/03/01	666	-	302	362	342	-	-
79	04/04/01	680	322	-	-	241	-	302
80	11/04/01	687	221	261	241	241	-	261
81	18/04/01	694	342	302	221	302	-	281
82	02/05/01	708	201	322	161	140	-	201
83	09/05/01	715	141	261	141	181	-	161
84	22/05/01	728	201	181	161	161	161	161
85	31/05/01	737	342	342	302	281	-	281
86	07/06/01	744	362	322	261	261	-	261
87	13/06/01	750	321	301	261	261	-	261
88	21/06/01	758	181	221	221	161	261	261
89	28/06/01	765	301	301	341	281	-	241
90	05/07/01	772	201	141	101	141	-	201
91	12/07/01	779	221	161	181	141	120	201
92	18/07/01	785	281	261	221	261	321	281
93	25/07/01	792	101	221	100	80	-	120
94	01/08/01	799	241	201	160	160	141	141
95	08/08/01	806	121	201	161	161	-	181
96	15/08/01	813	261	261	241	261	-	281
97	22/08/01	820	281	281	382	322	322	101
98	29/08/01	827	281	321	361	281	-	362
99	05/09/01	834	342	322	342	261	261	302
100	12/09/01	841	281	221	241	241	-	281
101	19/09/01	848	302	301	261	261	-	281

Tabela A7 – DQO total do lixiviado das células (mg O₂/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	34988
2	01/06/99	7	11294	-	-	-	-	32807
3	08/06/99	14	30924	25143	28773	43461	20706	13311
4	16/06/99	22	42361	46487	55289	45662	57765	24481
5	23/06/99	29	64821	37024	50598	53060	24585	24293
6	05/07/99	41	47316	40205	40829	30439	34683	22154
7	14/07/99	50	38678	34504	29774	30887	19200	21426
8	21/07/99	57	45517	38897	32828	37517	23448	20966
9	28/07/99	64	39715	30510	26038	12362	5523,3	14203
10	02/08/99	69	34022	26374	25319	18462	19780	15824
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	11771
12	18/08/99	85	43364	30545	25636	25364	16909	12818
13	25/08/99	92	38946	38698	27039	19845	22078	8186
14	13/09/99	111	46371	44366	36345	17546	27070	11029
15	22/09/99	120	-	-	-	-	-	-
16	29/09/99	127	43247	-	27326	18297	15683	-
17	04/10/99	132	42612	15183	27428	14204	19102	12244
18	13/10/99	141	36618	22268	17567	8412	17319	15835
19	20/10/99	148	39328	26381	18809	2931	20274	11480
20	27/10/99	155	36292	22243	14517	4448	18731	3512
21	03/11/99	162	28235	20199	-	2606	18461	3692
22	17/11/99	176	9473	13263	4392	-	-	4105
23	24/11/99	183	5244	10448	4244	1632	18285	4244
24	01/12/99	190	6857	9242	6857	7155	24745	9838
25	09/12/99	198	18590	7009	6400	3047	17980	5485
26	15/12/99	204	-	6538	5262	1435	10843	8611
27	22/12/99	211	4038	2640	3417	1398	14601	3417
28	05/01/00	225	5961	2445	1681	2140	4387	5656
29	13/01/00	233	4461	2769	1230	1692	10615	4000
30	19/01/00	239	6381	5732	3329	2219	6658	3606
31	26/01/00	246	5021	2067	3840	1772	5316	4135
32	03/02/00	254	859	716	1146	859	2292	859
33	09/02/00	260	3878	2585	969	1616	5494	2585
34	16/02/00	267	6631	3789	4737	947	4736	8210
35	23/02/00	274	6153	5846	4615	3384	4615	2769
36	02/03/00	282	1543	617	926	308	1234	1852
37	09/03/00	289	5148	3634	3028	2725	3936	4542
38	13/03/00	293	4472	4472	3875	3279	6260	4173
39	21/03/00	301	3229	4403	1174	2935	3816	1467
40	30/03/00	310	847	3388	7341	1411	3105	1694
41	05/04/00	316	5743	3555	2188	820	2461	1914
42	12/04/00	323	4730	3060	834	1113	2782	1391
43	19/04/00	330	2504	9739	2226	1669	1947	2226
44	26/04/00	337	3777	7606	2885	8918	4459	3147
45	03/05/00	344	2885	5770	3934	3672	5245	3409
46	23/05/00	364	1682	1386	841	594	643	495
47	31/05/00	372	1416	-	692	598	630	441
48	14/06/00	386	1029	1167	590	427	439	-
49	21/06/00	393	913	1154	787	168	210	325
50	12/07/00	414	725	677	561	271	377	445
51	19/07/00	421	344	673	214	194	164	194
52	26/07/00	428	800	1007	553	425	1205	474
53	09/08/00	442	834	792	492	350	350	-
54	16/08/00	449	807	825	518	229	409	-
55	21/08/00	454	714	683	480	357	308	351
56	05/10/00	499	756	570	234	-	204	498
57	10/10/00	504	201	607	294	238	219	1063
58	25/10/00	519	785	650	235	241	235	388
59	01/11/00	526	1725	910	669	-	966	311
60	08/11/00	533	1103	745	442	272	400	288
61	16/11/00	541	907	696	384	285	390	253
62	22/11/00	547	969	367	386	310	344	250

Tabela A7 – DQO total do lixiviado das células (mg O₂/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	845	670	347	390	323	320
64	07/12/00	562	1026	808	292	292	335	341
65	13/12/00	568	1039	810	332	651	426	417
66	20/12/00	575	1059	690	287	321	486	306
67	27/12/00	582	985	-	397	329	451	338
68	03/01/01	589	-	428	-	-	467	362
69	11/01/01	597	911	698	445	319	515	273
70	16/01/01	602	830	636	415	254	656	304
71	24/01/01	610	965	-	180	255	981	260
72	31/01/01	617	752	571	352	184	413	235
73	07/02/01	624	-	519	125	157	302	213
74	14/02/01	631	796	561	412	272	412	266
75	21/02/01	638	626	495	256	240	367	291
76	07/03/01	652	736	564	322	284	458	398
77	15/03/01	660	927	549	409	177	401	284
78	21/03/01	666	-	631	587	273	-	-
79	04/04/01	680	444	-	-	305	-	271
80	11/04/01	687	1004	411	193	74	-	366
81	18/04/01	694	1083	371	227	173	-	253
82	02/05/01	708	403	312	247	159	-	154
83	09/05/01	715	524	616	185	210	-	204
84	22/05/01	728	552	405	212	166	225	232
85	31/05/01	737	572	384	200	200	-	466
86	07/06/01	744	794	382	236	328	-	511
87	13/06/01	750	659	380	221	216	-	229
88	21/06/01	758	457	329	247	204	326	299
89	28/06/01	765	375	384	129	154	-	360
90	05/07/01	772	477	327	167	160	-	241
91	12/07/01	779	295	288	127	139	148	203
92	18/07/01	785	317	211	112	127	214	236
93	25/07/01	792	306	211	103	95	144	148
94	01/08/01	799	392	334	148	126	-	198
95	08/08/01	806	385	213	180	108	-	189
96	15/08/01	813	421	242	179	130	-	201
97	22/08/01	820	452	274	178	151	-	209
98	29/08/01	827	475	268	202	151	-	200
99	05/09/01	834	381	291	235	191	244	244
100	12/09/01	841	334	207	154	165	-	216
101	19/09/01	848	583	249	210	143	-	171

Tabela A8 – NTK do lixiviado das células (mg NTK-N/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	364,2
2	01/06/99	7	205,5	-	-	-	-	447,3
3	08/06/99	14	441,3	223,7	259,9	495,7	247,9	217,6
4	16/06/99	22	591,6	491,5	734,2	712,9	306,4	370,1
5	23/06/99	29	609,8	185,1	327,7	288,2	81,9	139,6
6	05/07/99	41	391,9	178,8	163,1	184,1	105,2	157,8
7	14/07/99	50	387,4	291,3	252,3	336,3	132,1	141,1
8	21/07/99	57	432,4	333,3	297,3	384,4	180,2	153,2
9	28/07/99	64	360,4	294,3	246,2	306,3	150,2	114,1
10	02/08/99	69	335,7	227,8	221,8	155,9	95,9	113,9
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	254,8
12	18/08/99	85	944,3	809,4	554,6	614,5	314,8	299,8
13	25/08/99	92	1067,2	899,3	635,5	683,5	419,7	275,8
14	13/09/99	111	1139,1	899,3	659,5	659,5	479,6	299,8
15	22/09/99	120	971,2	611,5	563,6	551,6	287,8	263,8
16	29/09/99	127	1117,5	-	589,3	1071,9	554,0	-
17	04/10/99	132	1248,1	858,1	904,9	842,5	514,9	312,0
18	13/10/99	141	1123,3	836,6	842,5	778,1	485,6	444,6
19	20/10/99	148	1392,4	830,8	865,9	830,8	526,6	304,2
20	27/10/99	155	1205,2	819,1	667,0	491,5	608,5	257,4
21	03/11/99	162	1333,9	865,9	-	854,2	631,9	280,8
22	17/11/99	176	689,8	647,2	587,6	613,1	-	195,9
23	24/11/99	183	638,7	425,8	383,2	485,4	315,1	221,4
24	01/12/99	190	672,8	664,2	451,3	468,4	306,6	247,0
25	09/12/99	197	647,2	740,9	528,0	553,5	459,9	195,9
26	15/12/99	204	-	652,4	525,3	466,0	296,5	254,2
27	22/12/99	211	872,6	686,3	576,1	525,3	338,9	203,3
28	05/01/00	225	974,3	957,4	593,1	610,0	372,8	271,1
29	13/01/00	232	1033,6	694,7	584,6	601,5	474,4	254,2
30	19/01/00	239	896,7	793,2	551,8	638,0	474,2	258,7
31	26/01/00	246	888,0	698,4	612,1	491,4	413,8	250,0
32	03/02/00	254	767,3	776,0	534,5	569,0	362,1	241,4
33	09/02/00	260	853,6	896,7	569,0	543,2	284,5	224,2
34	16/02/00	267	939,8	844,9	543,2	517,3	474,2	206,9
35	23/02/00	274	982,9	905,3	629,4	586,3	457,0	232,8
36	02/03/00	282	1026,0	793,2	594,9	362,1	370,7	267,3
37	09/03/00	289	829,9	777,5	541,6	428,1	384,4	235,9
38	13/03/00	293	891,1	856,1	532,9	463,0	445,5	270,8
39	21/03/00	301	952,2	856,1	532,9	515,4	436,8	270,8
40	30/03/00	310	995,9	891,1	620,3	489,2	393,1	297,0
41	05/04/00	316	908,5	934,8	550,4	655,2	463,0	279,6
42	12/04/00	323	975,4	874,5	588,6	546,5	319,5	201,8
43	19/04/00	330	-	-	-	-	-	-
44	26/04/00	337	669,0	652,5	363,4	379,9	239,5	272,6
45	03/05/00	344	1286,5	849,2	470,9	521,3	344,7	260,7
46	23/05/00	364	1082,1	888,5	519,0	457,5	395,9	255,1
47	31/05/00	372	994,1	-	536,6	492,6	343,1	263,9
48	14/06/00	386	739,0	659,8	580,6	439,9	360,7	-
49	21/06/00	393	554,2	475,1	237,5	263,9	44,0	175,9
50	12/07/00	414	530,9	458,9	548,9	126,0	278,9	225,0
51	19/07/00	421	575,9	584,9	395,9	225,0	251,9	180,0
52	26/07/00	428	656,9	641,8	431,9	296,9	189,0	180,0
53	09/08/00	442	596,3	634,2	429,2	338,0	343,7	-
54	16/08/00	449	657,0	668,4	455,7	376,0	256,4	-
55	21/08/00	454	718,3	722,1	537,3	356,3	248,9	245,1
56	05/10/00	499	581,5	486,1	364,5	-	164,9	164,9
57	10/10/00	504	617,4	605,6	258,7	211,7	105,8	82,3
58	25/10/00	519	624,1	437,8	242,2	74,5	167,7	130,4
59	01/11/00	526	644,5	524,8	313,0	-	187,4	156,5
60	08/11/00	533	685,8	566,9	310,9	210,3	237,7	173,7
61	16/11/00	541	740,6	576,0	301,7	201,2	201,2	155,4
62	22/11/00	547	702,5	594,4	328,4	220,3	182,9	162,1

Tabela A8 – Concentração de NTK do lixiviado das células (mg NTK-N/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	723,3	602,7	349,2	232,8	137,2	174,6
64	07/12/00	562	739,9	557,0	199,5	187,1	178,7	182,9
65	13/12/00	568	727,4	590,3	295,1	228,6	220,3	170,4
66	20/12/00	575	878,2	723,5	336,9	331,4	298,2	215,4
67	27/12/00	582	894,7	-	375,6	370,0	298,2	226,4
68	03/01/01	589	-	643,6	300,4	182,4	-	-
69	11/01/01	597	724,1	514,9	262,8	225,3	321,8	182,4
70	16/01/01	602	525,6	332,5	262,8	160,9	337,9	171,6
71	24/01/01	610	693,3	473,2	115,5	154,1	275,1	159,6
72	31/01/01	617	693,3	781,3	357,6	99,0	297,1	181,6
73	07/02/01	624	-	537,4	153,5	206,1	299,0	198,0
74	14/02/01	631	796,0	553,5	351,5	258,6	286,9	222,2
75	21/02/01	638	638,4	525,3	234,3	258,6	307,1	246,5
76	07/03/01	652	715,2	598,0	258,6	278,8	323,2	242,4
77	15/03/01	660	802,4	621,1	389,9	172,3	317,3	244,8
78	21/03/01	666	-	607,8	491,3	364,7	-	-
79	04/04/01	680	339,8	-	-	61,8	-	169,9
80	11/04/01	687	556,1	366,9	146,8	34,8	-	181,5
81	18/04/01	694	567,7	386,2	251,0	158,3	-	197,0
82	02/05/01	708	415,3	84,7	278,2	185,5	-	181,4
83	09/05/01	715	520,1	322,6	153,2	185,5	-	173,4
84	22/05/01	728	605,3	458,8	239,0	173,5	204,3	192,8
85	31/05/01	737	840,5	437,6	239,0	222,6	-	184,8
86	07/06/01	744	697,9	497,4	227,5	235,2	-	204,3
87	13/06/01	750	693,0	453,6	252,0	205,8	-	189,0
88	21/06/01	758	466,2	357,0	218,4	151,2	168,0	168,0
89	28/06/01	765	463,3	157,5	115,8	-	-	95,0
90	05/07/01	772	514,2	384,5	194,6	171,4	-	166,8
91	12/07/01	779	301,2	293,5	169,9	127,4	112,0	115,9
92	18/07/01	785	363,0	216,3	162,2	96,5	88,8	185,4
93	25/07/01	792	363,2	81,7	118,0	99,9	109,0	127,1
94	01/08/01	799	433,9	210,6	92,7	109,5	-	164,3
95	08/08/01	806	497,1	244,3	155,9	126,4	-	46,3
96	15/08/01	813	-	-	-	-	-	-
97	22/08/01	820	581,3	353,9	193,8	147,4	-	181,1
98	29/08/01	827	627,7	370,7	240,1	155,9	-	198,0
99	05/09/01	834	450,7	374,9	235,9	126,4	202,2	240,1
100	12/09/01	841	-	-	-	-	-	-
101	19/09/01	848	-	-	-	-	-	-

Tabela A9 – Amônia do lixiviado das células (mg NH₃-N/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	211,9
2	01/06/99	7	111,8	-	-	-	-	102,8
3	08/06/99	14	117,9	18,1	93,7	202,5	27,2	108,8
4	16/06/99	22	339,8	122,9	250,3	277,6	163,8	212,4
5	23/06/99	29	329,2	109,2	183,5	118,3	39,4	78,9
6	05/07/99	41	236,7	121,0	119,7	144,7	68,4	82,8
7	14/07/99	50	227,5	178,8	159,1	239,3	85,5	76,3
8	21/07/99	57	274,8	231,2	183,2	306,3	117,1	93,1
9	28/07/99	64	249,2	210,2	183,2	243,2	105,1	75,1
10	02/08/99	69	233,8	166,4	164,9	113,9	65,9	79,4
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	179,9
12	18/08/99	85	704,5	569,6	419,7	532,1	217,3	187,4
13	25/08/99	92	749,4	653,5	479,6	560,6	251,8	212,8
14	13/09/99	111	655,7	659,5	532,1	588,3	322,3	227,8
15	22/09/99	120	719,4	562,1	517,1	565,8	262,3	243,6
16	29/09/99	127	698,4	-	471,4	535,4	227,0	-
17	04/10/99	132	727,5	512,2	529,6	564,5	296,8	180,4
18	13/10/99	141	694,0	502,0	550,0	493,3	288,1	183,3
19	20/10/99	148	742,1	454,0	528,2	541,3	305,6	161,5
20	27/10/99	155	711,5	488,9	414,7	510,7	340,5	139,7
21	03/11/99	162	755,2	497,6	-	484,5	336,1	170,3
22	17/11/99	176	591,9	574,8	511,0	545,0	-	144,8
23	24/11/99	183	664,2	489,7	361,9	370,4	319,3	149,0
24	01/12/99	190	387,5	519,5	361,9	417,3	191,6	187,4
25	09/12/99	197	532,2	600,4	310,8	472,6	310,8	161,8
26	15/12/99	204	-	529,5	453,3	364,3	241,5	220,3
27	22/12/99	211	737,1	525,3	495,6	495,6	279,6	169,4
28	05/01/00	225	817,6	614,2	444,8	550,7	317,7	220,3
29	13/01/00	232	868,4	588,8	521,0	559,2	394,0	199,1
30	19/01/00	239	853,6	672,5	547,5	582,0	457,0	224,2
31	26/01/00	246	728,5	681,1	538,9	435,4	370,7	224,2
32	03/02/00	254	715,6	754,4	439,7	543,2	323,3	172,4
33	09/02/00	260	832,0	776,0	530,2	189,7	375,0	517,3
34	16/02/00	267	823,4	707,0	513,0	426,8	349,2	206,9
35	23/02/00	274	810,4	806,1	491,4	465,6	426,8	206,9
36	02/03/00	282	797,5	810,4	547,5	319,0	400,9	232,8
37	09/03/00	289	825,6	703,2	458,6	393,1	340,7	249,0
38	13/03/00	293	816,8	650,8	471,7	415,0	310,1	200,9
39	21/03/00	301	799,3	738,2	428,1	401,9	318,9	235,9
40	30/03/00	310	886,7	755,7	489,2	463,0	388,8	231,5
41	05/04/00	316	886,7	834,3	580,9	506,7	340,7	214,0
42	12/04/00	323	864,9	843,0	537,3	471,7	222,8	227,1
43	19/04/00	330	550,8	601,2	256,5	386,8	264,9	235,4
44	26/04/00	337	636,0	532,8	272,6	293,2	198,2	194,1
45	03/05/00	344	723,1	580,2	416,2	437,2	315,3	189,2
46	23/05/00	364	844,5	783,0	466,3	417,9	343,1	224,3
47	31/05/00	372	840,1	-	470,7	277,1	303,5	237,5
48	14/06/00	386	673,0	620,2	541,0	351,9	347,5	-
49	21/06/00	393	498,2	432,1	211,6	264,5	136,7	176,3
50	12/07/00	414	481,4	395,9	427,4	27,0	269,9	139,5
51	19/07/00	421	517,4	499,4	355,4	198,0	220,5	126,0
52	26/07/00	428	600,1	476,6	412,1	275,3	186,1	197,5
53	09/08/00	442	256,4	216,5	144,3	119,6	123,4	-
54	16/08/00	449	735,8	636,1	446,2	332,3	251,6	-
55	21/08/00	454	617,4	593,9	391,2	320,5	216,8	221,5
56	05/10/00	499	529,5	421,0	230,0	-	121,5	134,5
57	10/10/00	504	554,2	461,1	260,8	149,0	144,4	97,8
58	25/10/00	519	554,2	391,2	223,6	60,5	139,7	107,1
59	01/11/00	526	584,6	460,3	290,0	-	329,2	138,1
60	08/11/00	533	594,3	498,3	274,3	178,3	192,0	141,7
61	16/11/00	541	612,6	544,0	301,7	192,0	219,4	141,7
62	22/11/00	547	617,3	534,1	295,1	197,4	205,8	143,4

Tabela A9 – Concentração de amônia do lixiviado das células (mg NH₃-N/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	627,7	554,9	318,0	205,8	130,9	141,3
64	07/12/00	562	636,0	245,2	95,6	81,1	168,3	164,2
65	13/12/00	568	658,8	527,9	264,0	197,4	197,4	149,6
66	20/12/00	575	677,5	563,2	241,1	209,9	226,5	126,8
67	27/12/00	582	795,3	-	176,7	273,4	265,1	190,5
68	03/01/01	589	-	608,7	-	-	378,1	155,5
69	11/01/01	597	627,5	463,9	241,4	201,1	300,4	168,9
70	16/01/01	602	533,7	396,9	236,0	128,7	286,9	147,5
71	24/01/01	610	586,0	475,9	85,3	134,8	244,8	143,1
72	31/01/01	617	635,5	517,2	310,9	79,8	280,6	165,1
73	07/02/01	624	-	482,8	113,1	191,9	260,6	171,7
74	14/02/01	631	711,1	507,1	305,1	224,2	254,5	181,8
75	21/02/01	638	581,8	476,8	200,0	228,3	284,8	189,9
76	07/03/01	652	652,5	521,2	218,2	248,5	294,9	212,1
77	15/03/01	660	741,2	575,8	360,4	163,2	290,1	219,9
78	21/03/01	666	-	567,3	455,9	329,2	-	-
79	04/04/01	680	422,9	-	-	60,8	-	189,9
80	11/04/01	687	496,3	320,5	135,2	27,0	-	162,2
81	18/04/01	694	494,3	326,3	225,9	139,0	-	179,6
82	02/05/01	708	345,6	67,6	254,9	156,4	-	152,5
83	09/05/01	715	471,7	288,3	131,0	165,3	-	149,2
84	22/05/01	728	455,0	395,2	204,3	148,4	158,1	161,9
85	31/05/01	737	597,6	447,2	227,5	214,0	-	187,0
86	07/06/01	744	632,3	458,8	219,8	212,1	-	188,9
87	13/06/01	750	664,2	453,1	246,3	202,3	-	182,5
88	21/06/01	758	432,6	329,7	226,8	138,6	149,1	142,8
89	28/06/01	765	621,6	254,1	159,6	149,1	-	142,8
90	05/07/01	772	472,5	356,7	178,4	152,9	-	157,5
91	12/07/01	779	297,4	332,1	133,2	139,0	113,9	125,5
92	18/07/01	785	355,3	202,7	133,2	92,7	85,0	131,3
93	25/07/01	792	332,6	81,7	116,9	95,3	99,9	116,9
94	01/08/01	799	421,3	187,5	94,8	105,3	-	147,4
95	08/08/01	806	469,7	229,6	374,9	122,2	-	162,2
96	15/08/01	813	549,7	326,5	176,9	141,1	-	75,8
97	22/08/01	820	535,0	345,4	180,9	134,8	-	176,9
98	29/08/01	827	598,2	341,2	225,4	149,5	-	185,4
99	05/09/01	834	436,0	345,4	229,6	126,4	149,5	181,1
100	12/09/01	841	419,2	286,5	202,2	127,4	-	149,5
101	19/09/01	848	343,3	219,1	133,8	118,0	-	122,2

Tabela A10.1 – Concentração de cádmio do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	0,26	0,15	0,14	0,17	0,18	0,20
4	16/06/99	22	0,27	0,30	0,32	0,32	0,36	0,31
5	23/06/99	29	0,11	0,11	0,13	0,11	0,28	0,24
6	05/07/99	41	0,07	0,04	0,04	0,09	0,14	0,21
7	14/07/99	50	0,09	0,07	0,07	0,09	0,17	0,27
8	21/07/99	57	0,07	0,07	0,07	0,05	0,14	0,24
9	28/07/99	64	0,11	0,18	0,12	0,07	0,09	0,21
10	02/08/99	69	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	0,05
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	0,07	0,06	0,05	0,05	0,01	0,01
13	25/08/99	92	0,07	0,06	0,06	0,05	0,01	0,01
14	13/09/99	111	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,03
15	22/09/99	120	0,06	-	0,06	0,06	0,05	-
16	29/09/99	127	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04
17	04/10/99	132	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	-
18	13/10/99	141	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01
19	20/10/99	148	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	nd
20	27/10/99	155	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
21	03/11/99	162	0,03	0,04	-	0,03	0,03	0,02
22	17/11/99	176	0,03	0,03	0,04	0,00	-	0,01
23	24/11/99	183	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01
24	01/12/99	190	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	nd
25	09/12/99	198	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	nd
26	15/12/99	204	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	nd
27	22/12/99	211	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	nd
28	05/01/00	225	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05
29	13/01/00	233	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
30	19/01/00	239	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05
31	26/01/00	246	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
32	03/02/00	254	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
33	09/02/00	260	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06
34	16/02/00	267	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04
35	23/02/00	274	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04
36	02/03/00	282	0,04	0,04	0,05	0,07	0,05	0,04
37	09/03/00	289	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02
38	13/03/00	293	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
39	21/03/00	301	0,03	0,05	0,04	0,05	0,04	0,03
40	30/03/00	310	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04
41	05/04/00	316	0,01	nd	nd	nd	nd	nd
42	12/04/00	323	0,02	0,01	nd	nd	nd	nd
43	19/04/00	330	0,03	0,03	nd	nd	nd	nd
44	26/04/00	337	0,01	0,01	nd	nd	nd	nd
45	03/05/00	344	nd	nd	nd	nd	nd	nd
46	23/05/00	364	nd	nd	nd	nd	nd	nd
47	31/05/00	372	nd	-	nd	nd	nd	nd
48	14/06/00	386	0,04	-	0,05	0,04	0,05	-
49	21/06/00	393	0,04	0,05	0,04	0,04	0,01	0,04
50	12/07/00	414	0,01	nd	0,01	0,02	0,01	0,01
51	19/07/00	421	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	nd
52	26/07/00	428	0,04	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01
53	09/08/00	442	0,06	0,04	0,02	0,03	0,01	0,01
54	16/08/00	449	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
55	21/08/00	454	0,03	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
56	05/10/00	499	0,04	0,03	0,03	-	0,04	0,05
57	10/10/00	504	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04
58	25/10/00	519	0,07	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
59	01/11/00	526	0,05	0,04	0,03	-	0,03	0,05
60	08/11/00	533	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
61	16/11/00	541	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
62	22/11/00	547	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02

Tabela A10.1 – Concentração de cádmio do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	0,05	0,06	0,04	0,07	0,04	0,04
64	07/12/00	562	nd	nd	nd	nd	nd	nd
65	13/12/00	568	0,02	nd	nd	0,02	nd	0,03
66	20/12/00	575	0,03	nd	nd	nd	nd	nd
67	27/12/00	582	nd	-	nd	nd	nd	nd
68	03/01/01	589	-	-	-	-	nd	nd
69	11/01/01	597	nd	nd	nd	nd	nd	nd
70	16/01/01	602	nd	nd	nd	nd	nd	nd
71	24/01/01	610	nd	nd	nd	nd	nd	nd
72	31/01/01	617	nd	nd	nd	nd	nd	nd
73	07/02/01	624	-	nd	nd	nd	nd	nd
74	14/02/01	631	nd	nd	nd	nd	nd	nd
75	21/02/01	638	nd	nd	nd	nd	nd	nd
76	07/03/01	652	nd	nd	nd	nd	nd	nd
77	15/03/01	660	nd	nd	nd	nd	nd	nd
78	21/03/01	666	-	nd	nd	nd	-	-
79	04/04/01	680	nd	-	-	nd	-	nd
80	11/04/01	687	nd	nd	nd	nd	-	nd
81	18/04/01	694	nd	nd	nd	nd	-	nd
82	02/05/01	708	nd	nd	nd	-	-	-
83	09/05/01	715	nd	nd	nd	nd	-	nd
84	22/05/01	728	nd	nd	nd	nd	nd	nd
85	31/05/01	737	nd	nd	nd	nd	-	nd
86	07/06/01	744	nd	nd	nd	nd	-	nd
87	13/06/01	750	nd	nd	nd	nd	-	nd
88	21/06/01	758	nd	nd	nd	nd	nd	nd
89	28/06/01	765	nd	nd	nd	nd	-	nd
90	05/07/01	772	nd	nd	nd	nd	-	nd
91	12/07/01	779	nd	nd	nd	nd	-	nd
92	18/07/01	785	nd	nd	nd	nd	nd	nd
93	25/07/01	792	nd	nd	nd	nd	nd	nd
94	01/08/01	799	nd	nd	nd	nd	-	nd
95	08/08/01	806	nd	nd	nd	nd	-	nd
96	15/08/01	813	nd	nd	nd	nd	-	nd
97	22/08/01	820	nd	nd	nd	nd	-	nd
98	29/08/01	827	nd	nd	nd	nd	-	nd
99	05/09/01	834	nd	nd	nd	nd	nd	nd
100	12/09/01	841	nd	nd	nd	nd	-	nd
101	19/09/01	848	nd	nd	nd	nd	-	nd

nd = não detectado

Tabela A10.2 – Concentração de cálcio do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	622,13	372,29	405,86	203,71	333,72	393,55
4	16/06/99	22	916,59	1113,52	1177,73	574,11	980,80	445,68
5	23/06/99	29	946,40	866,84	1353,05	535,33	849,16	367,37
6	05/07/99	41	556,09	472,71	375,72	380,82	447,75	329,77
7	14/07/99	50	421,66	390,46	444,35	401,81	331,47	292,90
8	21/07/99	57	404,64	408,61	429,60	417,12	415,99	318,99
9	28/07/99	64	378,55	377,98	370,61	398,40	324,66	323,53
10	02/08/99	69	383,07	328,88	327,13	320,14	288,67	337,62
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	1762,14	1101,33	919,30	2248,39	1275,88	1068,91
13	25/08/99	92	706,61	653,56	563,37	669,47	637,64	494,40
14	13/09/99	111	547,06	600,19	591,33	480,64	529,35	449,65
15	22/09/99	120	561,232	-	535,704	446,356	395,3	-
16	29/09/99	127	274,06	267,03	270,55	261,76	252,97	216,05
17	04/10/99	132	537,50	462,50	437,50	643,75	600,00	-
18	13/10/99	141	606,25	587,50	450,00	437,50	400,00	312,50
19	20/10/99	148	662,50	600,00	537,50	550,00	618,75	568,75
20	27/10/99	155	450,00	368,75	375,00	362,50	293,75	287,50
21	03/11/99	162	437,50	412,50	-	368,75	381,25	318,75
22	17/11/99	176	568,75	587,50	556,25	550,00	-	400,00
23	24/11/99	183	437,50	431,25	425,00	418,75	-	375,00
24	01/12/99	190	406,93	366,24	375,29	348,16	298,43	271,30
25	09/12/99	198	339,12	302,95	275,82	325,55	271,30	203,48
26	15/12/99	204	271,30	248,69	180,87	158,27	203,48	169,57
27	22/12/99	211	327,81	275,82	271,30	293,90	221,57	217,04
28	05/01/00	225	161,78	154,43	173,54	182,37	201,48	192,66
29	13/01/00	233	155,90	161,78	164,72	185,31	188,25	158,84
30	19/01/00	239	175,01	166,19	169,13	172,07	205,89	210,30
31	26/01/00	246	157,37	155,90	158,84	154,43	173,54	164,72
32	03/02/00	254	189,72	180,89	169,13	177,95	176,48	157,37
33	09/02/00	260	158,84	155,90	161,78	164,72	167,66	166,19
34	16/02/00	267	176,48	180,89	177,95	179,42	195,60	176,48
35	23/02/00	274	152,96	161,78	167,66	144,14	170,60	152,96
36	02/03/00	282	352,92	308,81	330,87	317,63	382,33	161,78
37	09/03/00	289	308,81	333,81	330,87	323,51	352,92	180,89
38	13/03/00	293	367,62	352,92	205,89	327,92	367,62	169,13
39	21/03/00	301	330,87	329,40	335,28	319,10	269,11	205,89
40	30/03/00	310	336,75	338,22	352,92	367,62	279,41	220,59
41	05/04/00	316	377,43	367,40	381,73	384,59	387,45	212,74
42	12/04/00	323	403,21	367,40	364,54	370,27	363,11	191,26
43	19/04/00	330	217,03	383,16	370,27	377,43	277,18	174,07
44	26/04/00	337	477,68	474,81	470,52	479,11	345,92	191,26
45	03/05/00	344	258,47	89,13	286,43	284,86	252,98	176,15
46	23/05/00	364	247,49	128,33	244,36	278,33	251,41	162,30
47	31/05/00	372	290,87	-	284,08	287,74	277,81	175,89
48	14/06/00	386	352,98	-	295,68	351,07	352,02	-
49	21/06/00	393	358,70	201,14	343,43	402,63	-	193,02
50	12/07/00	414	353,32	334,77	318,41	296,59	359,32	209,30
51	19/07/00	421	372,96	427,52	416,61	454,80	266,03	220,21
52	26/07/00	428	247,49	187,48	225,66	198,39	339,68	214,75
53	09/08/00	442	312,95	300,95	339,68	266,58	252,40	244,76
54	16/08/00	449	291,13	198,39	249,12	329,32	312,95	351,14
55	21/08/00	454	361,51	351,14	338,59	323,86	323,86	321,14
56	05/10/00	499	269,56	237,56	231,29	-	231,64	232,34
57	10/10/00	504	238,60	193,72	197,90	193,72	196,16	259,47
58	25/10/00	519	285,56	283,82	281,39	281,74	276,87	268,17
59	01/11/00	526	286,61	285,91	289,04	-	246,60	242,08
60	08/11/00	533	241,03	233,73	254,60	240,34	239,99	238,60
61	16/11/00	541	255,65	254,95	258,43	265,04	257,73	192,33
62	22/11/00	547	271,65	247,30	246,60	243,47	242,77	240,34

Tabela A10.2 – Concentração de cálcio do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	287,30	284,17	283,48	249,73	231,64	227,47
64	07/12/00	562	207,29	193,37	192,33	196,85	182,94	155,11
65	13/12/00	568	205,55	162,07	179,46	169,02	181,89	156,85
66	20/12/00	575	221,21	217,73	211,81	212,51	186,07	181,20
67	27/12/00	582	196,51	-	192,68	193,37	205,55	196,85
68	03/01/01	589	-	-	-	-	158,05	238,35
69	11/01/01	597	247,00	266,14	225,38	224,76	219,82	139,52
70	16/01/01	602	349,53	331,00	250,70	235,26	238,35	219,82
71	24/01/01	610	308,76	259,35	264,91	250,70	249,47	197,58
72	31/01/01	617	253,79	249,47	238,35	238,97	231,55	219,82
73	07/02/01	624	-	148,17	125,93	130,88	120,99	114,82
74	14/02/01	631	261,82	238,35	219,82	188,94	182,76	183,99
75	21/02/01	638	300,73	262,44	251,94	241,44	176,58	179,05
76	07/03/01	652	324,82	250,08	251,32	219,82	221,67	201,29
77	15/03/01	660	264,91	269,23	250,70	240,82	238,35	201,29
78	21/03/01	666	-	219,82	198,20	196,97	-	-
79	04/04/01	680	141,68	-	-	173,39	-	112,40
80	11/04/01	687	143,07	125,65	134,01	118,68	-	165,38
81	18/04/01	694	124,95	125,65	111,71	90,79	-	61,17
82	02/05/01	708	139,59	125,65	132,62	-	-	-
83	09/05/01	715	163,98	146,56	129,83	87,31	-	118,68
84	22/05/01	728	159,80	127,04	132,62	147,25	163,64	166,77
85	31/05/01	737	144,12	146,21	145,86	145,16	-	133,66
86	07/06/01	744	138,36	122,73	98,07	90,43	-	87,30
87	13/06/01	750	132,11	130,37	109,53	92,17	-	88,69
88	21/06/01	758	131,07	112,31	90,08	97,38	98,07	83,48
89	28/06/01	765	123,08	110,57	92,17	99,11	-	85,22
90	05/07/01	772	137,32	140,79	135,93	81,40	-	76,88
91	12/07/01	779	175,52	151,21	138,71	71,33	-	55,35
92	18/07/01	785	144,26	144,26	139,75	109,53	98,42	60,21
93	25/07/01	792	147,74	153,64	138,36	109,88	88,35	119,95
94	01/08/01	799	116,58	120,80	125,64	131,33	-	158,49
95	08/08/01	806	101,84	119,74	127,11	130,27	-	133,43
96	15/08/01	813	97,21	123,74	127,75	129,85	-	151,12
97	22/08/01	820	111,74	114,90	116,79	117,64	-	84,57
98	29/08/01	827	102,68	114,27	106,69	109,85	-	98,26
99	05/09/01	834	99,38	104,66	103,18	103,60	100,23	127,25
100	12/09/01	841	102,34	97,48	96,22	97,48	-	117,96
101	19/09/01	848	97,06	96,01	100,02	100,44	-	110,99

Tabela A10.3 – Concentração de chumbo do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	0,72	0,76	0,72	0,67	0,81	0,16
4	16/06/99	22	2,24	2,10	2,17	2,38	2,31	1,45
5	23/06/99	29	2,59	2,59	2,29	2,09	2,59	1,29
6	05/07/99	41	3,30	2,72	1,85	1,71	1,85	2,43
7	14/07/99	50	2,29	2,43	2,00	2,14	1,42	1,42
8	21/07/99	57	3,01	2,00	2,14	2,58	1,85	1,42
9	28/07/99	64	2,00	1,57	1,57	2,29	1,57	1,28
10	02/08/99	69	0,76	0,71	0,71	0,71	0,56	0,61
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	1,76	1,69	1,69	1,56	1,49	1,42
13	25/08/99	92	1,36	1,17	1,36	1,55	1,36	1,83
14	13/09/99	111	1,23	1,23	1,03	0,96	0,83	0,63
15	22/09/99	120	0,98	-	0,88	0,88	0,84	-
16	29/09/99	127	1,08	0,84	0,84	0,84	0,84	0,98
17	04/10/99	132	0,18	0,18	0,09	0,04	0,04	-
18	13/10/99	141	0,33	0,33	0,18	0,18	0,09	0,09
19	20/10/99	148	0,18	0,09	0,18	0,18	0,04	0,04
20	27/10/99	155	0,09	0,18	0,09	0,18	0,28	0,18
21	03/11/99	162	0,28	0,18	-	0,09	0,18	0,18
22	17/11/99	176	0,28	0,28	0,33	0,42	-	0,09
23	24/11/99	183	0,18	0,23	0,28	0,18	0,18	0,18
24	01/12/99	190	0,93	0,74	0,55	0,74	0,55	0,55
25	09/12/99	198	1,12	0,93	0,74	0,55	0,55	0,74
26	15/12/99	204	0,93	0,93	0,55	0,55	0,74	0,46
27	22/12/99	211	0,74	0,65	0,74	0,46	0,46	0,27
28	05/01/00	225	0,54	0,45	0,45	0,40	0,54	0,45
29	13/01/00	233	0,50	0,45	0,40	0,40	0,50	0,36
30	19/01/00	239	0,50	0,54	0,54	0,45	0,45	0,45
31	26/01/00	246	0,50	0,45	0,45	0,45	0,50	0,59
32	03/02/00	254	0,50	0,54	0,54	0,40	0,45	0,54
33	09/02/00	260	0,50	0,50	0,45	0,40	0,36	0,40
34	16/02/00	267	0,40	0,54	0,50	0,54	0,50	0,45
35	23/02/00	274	0,54	0,54	0,54	0,40	0,50	0,40
36	02/03/00	282	0,82	0,82	0,99	0,93	1,10	0,82
37	09/03/00	289	0,82	0,93	0,76	0,82	0,93	0,82
38	13/03/00	293	0,87	0,93	0,82	0,93	0,93	0,82
39	21/03/00	301	0,87	0,82	0,93	0,99	0,82	0,87
40	30/03/00	310	0,82	0,82	0,87	0,93	0,82	0,76
41	05/04/00	316	0,57	0,48	0,38	0,38	0,34	0,62
42	12/04/00	323	0,48	0,48	0,38	0,48	0,38	0,38
43	19/04/00	330	0,62	0,57	0,57	0,48	0,48	0,34
44	26/04/00	337	0,57	0,57	0,48	0,48	0,34	0,57
45	03/05/00	344	0,97	0,82	0,72	0,77	0,77	0,62
46	23/05/00	364	0,92	0,87	0,82	0,87	0,77	0,72
47	31/05/00	372	0,92	-	0,77	0,82	0,77	0,77
48	14/06/00	386	0,24	-	0,24	0,08	0,08	-
49	21/06/00	393	0,39	0,24	0,24	0,24	-	0,08
50	12/07/00	414	nd	nd	nd	nd	nd	nd
51	19/07/00	421	nd	nd	nd	nd	nd	nd
52	26/07/00	428	nd	nd	nd	nd	nd	nd
53	09/08/00	442	nd	nd	nd	nd	nd	nd
54	16/08/00	449	nd	nd	nd	nd	nd	nd
55	21/08/00	454	nd	nd	nd	nd	nd	nd
56	05/10/00	499	nd	nd	nd	-	nd	nd
57	10/10/00	504	nd	nd	nd	nd	nd	nd
58	25/10/00	519	nd	nd	nd	nd	nd	nd
59	01/11/00	526	nd	nd	nd	-	nd	nd
60	08/11/00	533	nd	nd	nd	nd	nd	nd
61	16/11/00	541	nd	nd	nd	nd	nd	nd
62	22/11/00	547	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela A10.3 – Concentração de chumbo do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	nd	nd	nd	nd	nd	nd
64	07/12/00	562	nd	nd	nd	nd	nd	nd
65	13/12/00	568	nd	nd	nd	nd	nd	nd
66	20/12/00	575	nd	nd	nd	nd	nd	nd
67	27/12/00	582	nd	-	nd	nd	nd	nd
68	03/01/01	589	-	-	-	-	nd	nd
69	11/01/01	597	nd	nd	nd	nd	nd	nd
70	16/01/01	602	nd	nd	nd	nd	nd	nd
71	24/01/01	610	nd	nd	nd	nd	nd	nd
72	31/01/01	617	nd	nd	nd	nd	nd	nd
73	07/02/01	624	-	nd	nd	nd	nd	nd
74	14/02/01	631	nd	nd	nd	nd	nd	nd
75	21/02/01	638	nd	nd	nd	nd	nd	nd
76	07/03/01	652	nd	nd	nd	nd	nd	nd
77	15/03/01	660	nd	nd	nd	nd	nd	nd
78	21/03/01	666	-	nd	nd	nd	-	-
79	04/04/01	680	nd	-	-	nd	-	nd
80	11/04/01	687	nd	nd	nd	nd	-	nd
81	18/04/01	694	nd	nd	nd	nd	-	nd
82	02/05/01	708	nd	nd	nd	-	-	-
83	09/05/01	715	nd	nd	nd	nd	-	nd
84	22/05/01	728	nd	nd	nd	nd	nd	nd
85	31/05/01	737	nd	nd	nd	nd	-	nd
86	07/06/01	744	nd	nd	nd	nd	-	nd
87	13/06/01	750	nd	nd	nd	nd	-	nd
88	21/06/01	758	nd	nd	nd	nd	nd	nd
89	28/06/01	765	nd	nd	nd	nd	-	nd
90	05/07/01	772	nd	nd	nd	nd	-	nd
91	12/07/01	779	nd	nd	nd	nd	-	nd
92	18/07/01	785	nd	nd	nd	nd	nd	nd
93	25/07/01	792	nd	nd	nd	nd	nd	nd
94	01/08/01	799	nd	nd	nd	nd	-	nd
95	08/08/01	806	nd	nd	nd	nd	-	nd
96	15/08/01	813	nd	nd	nd	nd	-	nd
97	22/08/01	820	nd	nd	nd	nd	-	nd
98	29/08/01	827	nd	nd	nd	nd	-	nd
99	05/09/01	834	nd	nd	nd	nd	nd	nd
100	12/09/01	841	nd	nd	nd	nd	-	nd
101	19/09/01	848	nd	nd	nd	nd	-	nd

nd = não detectado

Tabela A10.4 – Concentração de cobre do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	0,37	0,37	1,86	2,15	1,71	0,09
4	16/06/99	22	0,55	1,19	2,34	1,76	2,98	0,20
5	23/06/99	29	0,53	1,35	2,79	2,07	3,60	0,09
6	05/07/99	41	0,13	0,07	0,09	0,08	0,08	0,03
7	14/07/99	50	0,09	0,06	0,09	0,03	0,03	0,03
8	21/07/99	57	0,07	0,05	0,06	0,05	0,04	0,03
9	28/07/99	64	0,09	0,07	0,07	0,08	0,04	0,03
10	02/08/99	69	0,21	0,22	0,21	0,20	0,19	0,16
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	0,11	0,15	0,11	0,11	0,11	0,11
13	25/08/99	92	0,27	0,23	0,19	0,19	0,15	0,15
14	13/09/99	111	-	-	-	-	-	-
15	22/09/99	120	0,13	-	0,16	0,16	0,13	-
16	29/09/99	127	0,12	0,17	0,13	0,15	0,13	0,11
17	04/10/99	132	0,17	0,13	0,17	0,16	0,14	-
18	13/10/99	141	0,10	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05
19	20/10/99	148	0,17	0,17	0,20	0,18	0,18	0,18
20	27/10/99	155	0,06	0,12	0,12	0,10	0,07	0,10
21	03/11/99	162	0,12	0,12	-	0,10	0,10	0,07
22	17/11/99	176	0,12	0,10	0,10	0,07	-	0,05
23	24/11/99	183	0,07	0,06	0,10	0,10	0,10	0,07
24	01/12/99	190	0,16	0,19	0,13	0,16	0,16	0,13
25	09/12/99	198	0,19	0,19	0,13	0,13	0,13	0,22
26	15/12/99	204	0,16	0,16	0,16	0,16	0,13	0,19
27	22/12/99	211	0,13	0,13	0,16	0,19	0,16	0,19
28	05/01/00	225	0,27	0,18	0,23	0,20	-	-
29	13/01/00	233	0,21	0,20	0,18	0,20	0,25	0,21
30	19/01/00	239	0,11	0,08	0,13	0,10	0,08	0,08
31	26/01/00	246	0,18	0,10	0,11	0,08	0,11	0,06
32	03/02/00	254	0,10	0,08	0,06	0,07	0,13	0,07
33	09/02/00	260	0,10	0,11	0,10	0,08	0,10	0,08
34	16/02/00	267	0,11	0,08	0,11	0,08	0,08	0,10
35	23/02/00	274	0,11	0,11	0,14	0,13	0,10	0,08
36	02/03/00	282	0,21	0,24	0,15	0,12	0,18	0,11
37	09/03/00	289	0,11	0,10	0,09	0,13	0,10	0,16
38	13/03/00	293	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,26
39	21/03/00	301	0,14	0,25	0,12	0,13	0,14	0,15
40	30/03/00	310	0,17	0,13	0,12	0,19	0,15	0,14
41	05/04/00	316	0,18	0,15	0,14	0,16	0,15	0,18
42	12/04/00	323	0,15	0,11	0,13	0,15	0,15	0,17
43	19/04/00	330	0,15	0,14	0,14	0,14	0,16	0,15
44	26/04/00	337	0,16	0,14	0,14	0,13	0,14	0,15
45	03/05/00	344	0,20	0,38	0,24	0,24	0,26	0,32
46	23/05/00	364	0,30	0,33	0,27	0,29	0,24	0,36
47	31/05/00	372	0,20	0,23	0,24	0,24	0,23	0,27
48	14/06/00	386	0,23	-	0,17	0,17	0,20	-
49	21/06/00	393	0,21	0,18	0,20	nd	-	0,56
50	12/07/00	414	0,07	0,04	0,04	0,04	0,07	0,18
51	19/07/00	421	0,09	0,07	0,04	0,04	0,04	0,11
52	26/07/00	428	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
53	09/08/00	442	0,09	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
54	16/08/00	449	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04	0,07
55	21/08/00	454	0,09	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04
56	05/10/00	499	nd	nd	nd	-	nd	nd
57	10/10/00	504	nd	nd	nd	nd	nd	nd
58	25/10/00	519	nd	nd	nd	nd	nd	nd
59	01/11/00	526	0,09	nd	nd	-	nd	0,09
60	08/11/00	533	0,10	nd	0,09	nd	nd	nd
61	16/11/00	541	0,09	0,09	nd	nd	nd	nd
62	22/11/00	547	0,14	0,14	0,10	0,10	0,10	0,14

Tabela A10.4 – Concentração de cobre do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	0,16	0,16	0,16	0,14	0,10	0,10
64	07/12/00	562	nd	nd	nd	nd	nd	nd
65	13/12/00	568	nd	nd	nd	nd	nd	nd
66	20/12/00	575	nd	0,02	nd	0,02	0,02	nd
67	27/12/00	582	nd	nd	nd	nd	nd	nd
68	03/01/01	589	-	-	-	-	nd	nd
69	11/01/01	597	0,09	0,10	0,09	nd	nd	nd
70	16/01/01	602	nd	nd	nd	nd	nd	nd
71	24/01/01	610	nd	nd	nd	nd	nd	nd
72	31/01/01	617	0,09	nd	nd	nd	nd	nd
73	07/02/01	624	-	nd	nd	nd	nd	nd
74	14/02/01	631	nd	nd	nd	nd	nd	nd
75	21/02/01	638	nd	nd	nd	nd	nd	nd
76	07/03/01	652	nd	nd	nd	nd	nd	nd
77	15/03/01	660	nd	nd	nd	nd	nd	nd
78	21/03/01	666	nd	nd	nd	nd	nd	nd
79	04/04/01	680	0,11	-	-	0,11	-	0,11
80	11/04/01	687	0,12	0,10	0,14	0,11	-	0,12
81	18/04/01	694	0,12	0,10	0,10	0,10	-	0,08
82	02/05/01	708	0,14	0,07	0,11	-	-	-
83	09/05/01	715	0,12	0,10	0,12	0,11	-	0,14
84	22/05/01	728	0,12	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11
85	31/05/01	737	0,11	0,07	0,10	0,12	-	0,14
86	07/06/01	744	nd	nd	nd	nd	-	nd
87	13/06/01	750	nd	nd	nd	nd	-	nd
88	21/06/01	758	nd	nd	nd	nd	nd	nd
89	28/06/01	765	nd	nd	nd	nd	-	nd
90	05/07/01	772	nd	nd	nd	nd	-	nd
91	12/07/01	779	nd	nd	nd	nd	-	nd
92	18/07/01	785	nd	nd	nd	nd	nd	nd
93	25/07/01	792	nd	nd	nd	nd	nd	nd
94	01/08/01	799	nd	nd	nd	nd	-	nd
95	08/08/01	806	nd	nd	nd	nd	-	nd
96	15/08/01	813	nd	nd	nd	nd	-	nd
97	22/08/01	820	nd	nd	nd	nd	-	nd
98	29/08/01	827	nd	nd	nd	nd	-	nd
99	05/09/01	834	nd	nd	nd	nd	nd	nd
100	12/09/01	841	nd	nd	nd	nd	-	nd
101	19/09/01	848	nd	nd	nd	nd	-	nd

nd = não detectado

Tabela A10.5 – Concentração de cromo do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	0,37	0,17	0,07	0,02	0,17	0,02
4	16/06/99	22	0,17	0,61	0,56	0,22	0,17	0,01
5	23/06/99	29	0,27	0,52	0,62	0,32	0,27	0,12
6	05/07/99	41	0,15	0,20	0,15	0,17	0,17	0,18
7	14/07/99	50	0,22	0,28	0,20	0,20	0,22	0,22
8	21/07/99	57	0,20	0,23	0,20	0,20	0,20	0,18
9	28/07/99	64	0,22	0,25	0,15	0,17	0,15	0,17
10	02/08/99	69	0,29	-	0,11	0,12	0,06	0,08
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	0,37	0,54	0,12	0,28	0,12	0,01
13	25/08/99	92	0,36	0,34	0,35	0,35	0,01	0,01
14	13/09/99	111	0,15	0,13	0,23	0,13	0,13	-
15	22/09/99	120	0,10	-	0,10	0,10	0,08	-
16	29/09/99	127	0,10	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07
17	04/10/99	132	0,09	0,07	0,07	0,07	0,05	-
18	13/10/99	141	0,10	0,10	0,09	0,07	0,07	0,07
19	20/10/99	148	0,10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
20	27/10/99	155	0,11	0,10	0,05	0,07	0,05	0,05
21	03/11/99	162	0,09	0,07	-	0,05	0,05	0,05
22	17/11/99	176	0,07	0,07	0,05	0,04	-	0,04
23	24/11/99	183	0,10	0,10	0,07	0,07	0,06	0,06
24	01/12/99	190	0,15	0,15	0,11	0,08	0,06	0,06
25	09/12/99	198	0,15	0,18	0,15	0,15	0,11	0,11
26	15/12/99	204	0,23	0,15	0,23	0,11	0,08	0,15
27	22/12/99	211	0,15	0,15	0,23	0,20	0,15	0,15
28	05/01/00	225	0,16	0,23	0,16	0,16	0,13	0,10
29	13/01/00	233	0,23	0,13	0,10	0,13	0,13	0,07
30	19/01/00	239	0,10	0,13	0,07	0,07	0,07	0,07
31	26/01/00	246	0,10	0,20	0,07	0,13	0,13	0,07
32	03/02/00	254	0,10	0,13	0,10	0,13	0,10	0,10
33	09/02/00	260	0,10	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10
34	16/02/00	267	0,10	0,10	0,07	0,16	0,10	0,07
35	23/02/00	274	0,10	0,16	0,48	0,10	0,13	0,10
36	02/03/00	282	0,16	0,36	0,36	0,13	0,13	0,10
37	09/03/00	289	0,16	0,29	0,10	0,13	0,13	0,10
38	13/03/00	293	0,16	0,32	0,16	0,20	0,10	0,10
39	21/03/00	301	0,23	0,23	0,16	0,23	0,13	0,10
40	30/03/00	310	0,13	0,26	0,16	0,29	0,16	0,10
41	05/04/00	316	0,16	0,10	nd	nd	nd	nd
42	12/04/00	323	0,12	nd	nd	nd	nd	nd
43	19/04/00	330	0,16	nd	nd	0,10	nd	nd
44	26/04/00	337	0,12	nd	nd	0,12	nd	nd
45	03/05/00	344	0,13	0,30	0,21	0,17	0,17	0,13
46	23/05/00	364	0,30	0,45	0,26	0,28	0,28	0,26
47	31/05/00	372	0,11	-	0,08	0,09	0,06	0,06
48	14/06/00	386	0,47	-	0,47	0,48	0,47	-
49	21/06/00	393	0,47	0,47	0,47	0,48	-	0,48
50	12/07/00	414	0,18	0,09	0,21	0,11	0,09	0,18
51	19/07/00	421	0,23	0,13	0,09	0,18	0,15	0,13
52	26/07/00	428	0,18	0,08	0,04	0,11	0,13	0,09
53	09/08/00	442	0,06	0,03	0,06	0,03	0,01	0,01
54	16/08/00	449	0,09	0,09	0,06	0,03	0,06	0,06
55	21/08/00	454	0,03	0,03	0,04	0,11	0,09	0,09
56	05/10/00	499	0,31	0,27	0,46	-	0,35	0,27
57	10/10/00	504	0,40	0,29	0,22	0,27	0,20	0,18
58	25/10/00	519	0,31	0,22	0,20	0,18	0,20	0,18
59	01/11/00	526	0,22	0,18	0,18	-	0,16	0,16
60	08/11/00	533	0,25	0,22	0,18	0,20	0,16	0,18
61	16/11/00	541	0,24	0,22	0,22	0,20	0,24	0,18
62	22/11/00	547	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02

Tabela A10.5 – Concentração de cromo do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	0,05	0,06	0,04	0,07	0,04	0,04
64	07/12/00	562	nd	nd	nd	nd	nd	nd
65	13/12/00	568	0,02	nd	nd	0,02	nd	0,03
66	20/12/00	575	0,03	nd	nd	nd	nd	nd
67	27/12/00	582	nd	-	nd	nd	nd	nd
68	03/01/01	589	-	-	-	-	nd	nd
69	11/01/01	597	nd	nd	nd	nd	nd	nd
70	16/01/01	602	nd	nd	nd	nd	nd	nd
71	24/01/01	610	nd	nd	nd	nd	nd	nd
72	31/01/01	617	nd	nd	nd	nd	nd	nd
73	07/02/01	624		nd	nd	nd	nd	nd
74	14/02/01	631	nd	nd	nd	nd	nd	nd
75	21/02/01	638	nd	nd	nd	nd	nd	nd
76	07/03/01	652	nd	nd	nd	nd	nd	nd
77	15/03/01	660	nd	nd	nd	nd	nd	nd
78	21/03/01	666	-	nd	nd	nd	-	-
79	04/04/01	680	nd	-	-	nd	-	nd
80	11/04/01	687	nd	nd	nd	nd	-	nd
81	18/04/01	694	nd	nd	nd	nd	-	nd
82	02/05/01	708	nd	nd	nd	-	-	-
83	09/05/01	715	nd	nd	nd	nd	-	nd
84	22/05/01	728	nd	nd	nd	nd	nd	nd
85	31/05/01	737	nd	nd	nd	nd	-	nd
86	07/06/01	744	nd	nd	nd	nd	-	nd
87	13/06/01	750	nd	nd	nd	nd	-	nd
88	21/06/01	758	nd	nd	nd	nd	nd	nd
89	28/06/01	765	nd	nd	nd	nd	-	nd
90	05/07/01	772	nd	nd	nd	nd	-	nd
91	12/07/01	779	nd	nd	nd	nd	-	nd
92	18/07/01	785	nd	nd	nd	nd	nd	nd
93	25/07/01	792	nd	nd	nd	nd	nd	nd
94	01/08/01	799	nd	nd	nd	nd	-	nd
95	08/08/01	806	nd	nd	nd	nd	-	nd
96	15/08/01	813	nd	nd	nd	nd	-	nd
97	22/08/01	820	nd	nd	nd	nd	-	nd
98	29/08/01	827	nd	nd	nd	nd	-	nd
99	05/09/01	834	nd	nd	nd	nd	nd	nd
100	12/09/01	841	nd	nd	nd	nd	-	nd
101	19/09/01	848	nd	nd	nd	nd	-	nd

nd = não detectado

Tabela A10.6 – Concentração de ferro do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	49,05	51,57	49,46	47,07	40,65	40,24
4	16/06/99	22	72,78	76,45	65,34	65,52	56,21	54,68
5	23/06/99	29	163,81	167,53	201,01	119,18	193,57	29,90
6	05/07/99	41	91,07	91,28	93,79	72,01	85,20	87,51
7	14/07/99	50	99,66	92,53	95,05	86,88	81,43	80,18
8	21/07/99	57	98,82	91,28	96,93	85,83	85,62	87,30
9	28/07/99	64	94,42	92,12	92,95	86,25	74,52	61,53
10	02/08/99	69	217,94	180,81	189,70	169,83	58,97	80,41
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	76,90	70,37	72,72	51,49	62,51	48,22
13	25/08/99	92	149,14	129,76	130,84	64,11	111,47	15,68
14	13/09/99	111	52,88	0,42	0,41	0,40	0,12	0,37
15	22/09/99	120	157,67	-	-	0,76	0,78	-
16	29/09/99	127	179,41	0,93	0,91	0,84	0,72	0,67
17	04/10/99	132	191,67	196,13	192,14	179,22	139,30	-
18	13/10/99	141	195,66	188,61	160,91	167,48	151,04	120,75
19	20/10/99	148	205,05	198,01	193,31	161,38	139,30	125,22
20	27/10/99	155	159,97	160,44	163,02	160,44	144,00	125,45
21	03/11/99	162	198,01	186,27	-	168,65	160,67	139,30
22	17/11/99	176	205,05	198,01	183,92	167,48	-	146,58
23	24/11/99	183	187,44	183,92	193,31	190,96	158,09	130,85
24	01/12/99	190	163,68	154,64	143,85	136,57	96,91	61,52
25	09/12/99	198	159,66	155,14	141,09	96,41	87,12	57,75
26	15/12/99	204	136,32	138,83	133,81	131,30	102,43	71,06
27	22/12/99	211	165,94	143,85	145,86	122,26	86,12	64,78
28	05/01/00	225	39,63	19,55	20,78	14,76	48,80	15,64
29	13/01/00	233	27,31	13,48	18,38	13,19	28,02	15,40
30	19/01/00	239	16,98	12,02	13,01	16,22	27,20	9,62
31	26/01/00	246	15,64	10,50	12,89	26,26	27,02	7,99
32	03/02/00	254	19,02	11,20	14,24	2,33	23,87	2,15
33	09/02/00	260	17,92	10,62	13,65	7,06	17,27	4,60
34	16/02/00	267	18,62	12,54	13,77	4,60	18,15	4,20
35	23/02/00	274	15,00	9,57	13,94	9,33	12,19	3,49
36	02/03/00	282	19,16	15,74	10,89	16,71	17,85	4,82
37	09/03/00	289	14,60	11,57	11,99	9,67	29,32	2,46
38	13/03/00	293	15,07	13,68	18,40	7,73	27,21	5,92
39	21/03/00	301	15,07	13,09	14,48	12,62	25,94	5,50
40	30/03/00	310	26,11	15,49	14,56	15,02	33,87	nd
41	05/04/00	316	13,00	13,60	12,76	8,99	8,65	1,13
42	12/04/00	323	16,78	16,34	16,01	13,33	7,65	0,90
43	19/04/00	330	21,69	8,65	6,81	9,66	9,99	0,60
44	26/04/00	337	14,34	12,00	11,86	8,65	6,65	nd
45	03/05/00	344	23,28	18,22	12,46	25,22	27,58	1,16
46	23/05/00	364	22,40	26,75	18,75	25,28	29,81	nd
47	31/05/00	372	17,93	-	22,93	19,46	27,93	nd
48	14/06/00	386	20,74	-	20,37	15,26	20,48	-
49	21/06/00	393	17,87	-	14,21	20,63	-	nd
50	12/07/00	414	24,46	21,49	22,98	23,47	24,95	24,46
51	19/07/00	421	27,42	23,62	21,74	20,01	20,75	21,39
52	26/07/00	428	30,39	24,46	20,26	19,57	19,76	16,55
53	09/08/00	442	21,39	20,21	20,41	20,26	19,52	19,42
54	16/08/00	449	16,60	15,57	19,86	19,57	19,02	19,27
55	21/08/00	454	22,48	22,63	22,88	21,49	18,53	18,28
56	05/10/00	499	20,10	18,95	23,54	-	20,56	19,87
57	10/10/00	504	24,46	18,95	19,09	20,79	24,23	22,17
58	25/10/00	519	28,97	27,22	25,38	24,55	23,54	21,02
59	01/11/00	526	26,30	22,40	20,79	-	15,23	14,72
60	08/11/00	533	22,62	20,33	19,87	19,50	15,73	14,91
61	16/11/00	541	21,25	21,48	21,61	22,12	20,51	27,22
62	22/11/00	547	20,10	18,95	23,54	-	20,56	19,87

Tabela A10.6 – Concentração de ferro do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	17,11	13,44	14,35	15,18	14,35	13,48
64	07/12/00	562	18,55	17,05	24,06	20,29	20,19	0,05
65	13/12/00	568	19,31	17,11	22,19	18,42	17,31	3,52
66	20/12/00	575	17,34	14,46	24,12	21,63	19,44	16,62
67	27/12/00	582	16,79	-	20,59	20,13	18,98	8,99
68	03/01/01	589	-	-	-	-	6,89	10,48
69	11/01/01	597	19,58	16,35	20,34	16,80	16,65	0,16
70	16/01/01	602	23,23	19,69	15,13	11,59	12,61	nd
71	24/01/01	610	17,92	13,87	19,43	15,54	15,69	nd
72	31/01/01	617	20,14	20,09	15,64	15,13	14,63	9,57
73	07/02/01	624	-	10,68	23,73	16,65	10,08	4,77
74	14/02/01	631	16,65	11,34	22,57	14,63	13,97	3,86
75	21/02/01	638	15,74	30,41	21,91	9,92	1,68	5,12
76	07/03/01	652	21,71	16,65	19,69	16,65	12,61	14,12
77	15/03/01	660	19,94	16,90	20,70	17,66	16,65	6,54
78	21/03/01	666	-	12,61	29,50	11,59	-	-
79	04/04/01	680	1,16	-	-	4,63	-	0,73
80	11/04/01	687	3,49	2,02	2,69	3,85	-	1,38
81	18/04/01	694	2,82	1,31	1,83	2,89	-	1,59
82	02/05/01	708	2,48	6,37	3,57	-	-	-
83	09/05/01	715	2,15	3,25	2,52	4,20	-	0,20
84	22/05/01	728	2,84	2,43	3,90	3,83	3,60	0,82
85	31/05/01	737	0,97	2,30	4,00	3,64	-	4,07
86	07/06/01	744	1,38	1,29	0,97	2,38	-	0,95
87	13/06/01	750	1,85	1,55	1,61	2,41	-	1,42
88	21/06/01	758	2,32	1,57	1,94	2,00	1,76	1,70
89	28/06/01	765	2,51	1,19	1,19	1,38	-	1,42
90	05/07/01	772	1,44	1,19	1,94	2,32	-	1,61
91	12/07/01	779	2,08	2,06	2,04	1,57	-	1,53
92	18/07/01	785	1,19	0,63	0,51	0,50	0,53	0,63
93	25/07/01	792	1,57	1,45	1,47	1,32	1,29	1,23
94	01/08/01	799	12,50	16,72	15,85	16,03	-	9,36
95	08/08/01	806	11,89	16,26	16,40	15,09	-	8,75
96	15/08/01	813	10,52	11,17	15,88	15,15	-	10,06
97	22/08/01	820	8,75	7,93	7,41	7,58	-	7,76
98	29/08/01	827	9,30	8,87	7,99	7,85	-	8,72
99	05/09/01	834	9,45	8,38	8,81	8,32	7,61	5,37
100	12/09/01	841	9,45	8,41	7,46	7,77	-	7,74
101	19/09/01	848	8,07	7,95	7,61	5,04	-	5,01

nd = não detectado

Tabela A10.7 – Concentração de magnésio do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	403,48	354,10	160,11	74,19	104,13	52,53
4	16/06/99	22	198,34	715,45	397,23	nd	39,23	59,66
5	23/06/99	29	150,01	611,91	334,77	nd	18,03	58,33
6	05/07/99	41	456,67	465,51	436,06	393,99	318,26	229,91
7	14/07/99	50	485,28	452,47	439,00	390,62	309,84	160,91
8	21/07/99	57	535,72	465,46	452,00	435,59	374,59	274,45
9	28/07/99	64	494,49	413,71	395,62	384,26	364,49	245,00
10	02/08/99	69	137,88	135,88	137,38	136,88	139,89	144,90
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	886,02	665,46	424,30	865,44	486,06	244,91
13	25/08/99	92	614,93	633,39	612,99	623,67	617,84	603,27
14	13/09/99	111	482,32	497,02	488,75	459,34	457,50	507,13
15	22/09/99	120	192,51	-	205,35	188,92	188,41	-
16	29/09/99	127	169,41	140,13	143,22	192,51	187,38	146,81
17	04/10/99	132	249,98	255,06	255,84	226,54	222,63	-
18	13/10/99	141	252,33	242,17	226,54	234,35	238,26	243,73
19	20/10/99	148	267,18	256,63	239,04	240,21	242,17	253,89
20	27/10/99	155	261,71	273,43	238,26	244,12	261,71	234,35
21	03/11/99	162	251,94	241,39	-	242,56	243,34	253,89
22	17/11/99	176	264,83	242,17	238,26	214,82	-	226,54
23	24/11/99	183	261,71	257,80	239,43	238,26	234,35	242,17
24	01/12/99	190	308,06	286,84	273,69	271,14	283,03	283,87
25	09/12/99	198	305,94	297,45	311,88	287,69	294,91	290,24
26	15/12/99	204	314,43	314,85	313,58	307,21	297,03	311,46
27	22/12/99	211	296,60	282,60	295,33	258,41	266,05	256,72
28	05/01/00	225	297,62	295,74	288,46	293,63	290,11	292,69
29	13/01/00	233	229,25	229,72	230,89	231,36	249,69	232,30
30	19/01/00	239	232,30	229,95	229,25	230,42	228,54	228,54
31	26/01/00	246	229,01	228,78	228,54	230,42	231,13	230,89
32	03/02/00	254	249,69	252,04	254,39	261,44	233,95	257,92
33	09/02/00	260	231,36	229,72	228,54	227,60	233,95	230,66
34	16/02/00	267	228,54	229,72	275,30	253,69	263,32	254,39
35	23/02/00	274	295,98	295,04	298,33	291,52	295,51	282,59
36	02/03/00	282	293,45	284,10	270,07	246,68	237,33	223,30
37	09/03/00	289	288,78	272,41	229,38	220,96	227,51	237,33
38	13/03/00	293	258,37	246,68	227,97	223,30	232,65	242,00
39	21/03/00	301	316,84	284,10	237,33	246,68	242,00	232,18
40	30/03/00	310	256,04	227,97	219,55	218,62	223,30	225,63
41	05/04/00	316	308,52	300,30	281,62	274,14	277,88	238,64
42	12/04/00	323	315,25	292,83	300,30	299,93	309,64	236,78
43	19/04/00	330	288,72	264,05	259,57	255,46	258,82	230,80
44	26/04/00	337	304,04	307,77	303,66	298,06	263,31	225,94
45	03/05/00	344	292,24	330,05	199,12	152,36	143,01	95,84
46	23/05/00	364	301,99	294,27	250,76	139,76	129,59	84,86
47	31/05/00	372	359,33	-	180,01	88,12	99,10	70,23
48	14/06/00	386	287,63	-	282,83	206,46	168,08	-
49	21/06/00	393	299,62	307,62	287,23	175,68	-	79,72
50	12/07/00	414	306,62	300,01	295,76	279,71	276,41	183,87
51	19/07/00	421	359,97	280,18	308,51	273,57	247,60	197,09
52	26/07/00	428	360,92	328,81	292,46	235,80	216,92	179,14
53	09/08/00	442	334,95	289,15	300,48	282,54	235,80	240,52
54	16/08/00	449	373,67	292,46	288,21	287,74	259,41	245,24
55	21/08/00	454	180,09	195,20	329,28	396,33	334,95	283,02
56	05/10/00	499	167,53	181,99	310,29	374,45	315,72	266,02
57	10/10/00	504	333,79	329,27	330,62	324,30	321,59	320,23
58	25/10/00	519	353,21	347,34	346,44	322,49	329,27	283,64
59	01/11/00	526	433,18	360,89	309,39	-	379,42	277,31
60	08/11/00	533	393,42	347,34	400,65	406,07	383,48	323,85
61	16/11/00	541	439,96	391,62	389,36	437,70	366,77	-
62	22/11/00	547	355,92	356,83	356,38	354,12	305,78	331,53

Tabela A10.7 – Concentração de magnésio do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	396,13	392,52	387,55	383,03	365,41	371,29
64	07/12/00	562	381,23	384,39	382,13	366,32	349,60	336,50
65	13/12/00	568	359,99	362,70	378,97	367,22	352,76	338,76
66	20/12/00	575	361,80	357,73	358,64	355,02	319,33	311,20
67	27/12/00	582	383,48	-	379,87	378,06	372,64	356,38
68	03/01/01	589	-	-	-	-	364,88	341,46
69	11/01/01	597	394,87	393,64	392,82	394,87	335,30	340,23
70	16/01/01	602	366,11	362,01	345,57	333,25	331,19	329,14
71	24/01/01	610	440,06	393,23	421,58	444,17	481,15	397,75
72	31/01/01	617	422,40	408,43	369,40	370,22	398,57	365,29
73	07/02/01	624	-	396,93	352,56	369,40	370,22	337,36
74	14/02/01	631	340,64	330,78	329,96	349,68	347,63	347,22
75	21/02/01	638	329,55	397,75	392,00	392,82	367,76	338,59
76	07/03/01	652	440,06	402,27	394,87	337,36	353,38	341,46
77	15/03/01	660	397,75	390,76	384,60	380,08	379,26	337,36
78	21/03/01	666	-	297,92	298,74	259,30	-	-
79	04/04/01	680	87,22	-	-	69,35	-	76,87
80	11/04/01	687	184,60	86,28	43,95	15,72	-	6,31
81	18/04/01	694	80,64	35,01	39,24	8,66	-	11,49
82	02/05/01	708	90,99	67,47	58,06	-	-	-
83	09/05/01	715	91,46	90,05	81,58	64,64	-	67,47
84	22/05/01	728	137,56	90,05	41,12	20,42	26,07	19,95
85	31/05/01	737	100,39	87,69	90,05	89,10	-	74,05
86	07/06/01	744	101,21	36,02	41,42	26,58	-	13,54
87	13/06/01	750	107,95	31,08	24,33	21,19	-	10,40
88	21/06/01	758	89,97	87,72	91,32	89,97	112,45	73,78
89	28/06/01	765	125,03	85,02	85,47	76,03	-	57,60
90	05/07/01	772	76,48	36,47	40,07	36,02	-	10,85
91	12/07/01	779	67,49	76,48	40,52	36,02	-	18,04
92	18/07/01	785	93,11	80,98	67,49	54,00	39,62	22,54
93	25/07/01	792	76,48	44,56	39,62	36,92	36,02	18,04
94	01/08/01	799	38,46	39,12	39,21	35,87	-	39,44
95	08/08/01	806	35,97	35,92	33,10	37,28	-	37,61
96	15/08/01	813	36,01	38,27	34,51	36,39	-	38,65
97	22/08/01	820	35,40	35,31	32,82	33,66	-	33,57
98	29/08/01	827	35,45	34,74	34,18	33,99	-	32,35
99	05/09/01	834	18,39	27,20	27,38	27,07	27,29	30,20
100	12/09/01	841	24,93	25,25	24,52	23,57	-	22,75
101	19/09/01	848	33,20	31,74	31,38	30,84	-	28,84

Tabela A10.8 – Concentração de manganês do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	21,88	20,97	24,07	24,34	12,00	7,71
4	16/06/99	22	25,52	21,34	21,07	17,09	17,40	9,85
5	23/06/99	29	25,46	27,75	28,14	22,81	25,78	13,12
6	05/07/99	41	18,94	17,74	16,85	11,58	16,79	12,72
7	14/07/99	50	19,20	16,98	16,79	15,33	10,76	10,95
8	21/07/99	57	19,64	15,07	16,40	16,28	13,55	13,30
9	28/07/99	64	14,44	12,98	12,34	13,42	7,65	6,63
10	02/08/99	69	16,86	13,67	14,21	13,01	6,32	7,61
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	21,00	15,57	15,28	14,19	11,51	9,48
13	25/08/99	92	20,81	12,56	12,31	9,76	8,91	7,21
14	13/09/99	111	19,11	17,94	17,25	7,78	13,19	2,46
15	22/09/99	120	14,31	-	11,20	9,26	6,34	-
16	29/09/99	127	14,79	13,03	10,94	8,20	7,41	4,75
17	04/10/99	132	9,39	9,17	7,19	6,89	6,50	-
18	13/10/99	141	9,83	7,72	6,97	6,86	5,97	5,64
19	20/10/99	148	9,72	9,28	6,86	6,42	6,20	5,64
20	27/10/99	155	8,34	7,30	6,42	5,97	6,14	5,46
21	03/11/99	162	6,53	6,31	-	6,09	4,96	5,02
22	17/11/99	176	9,72	9,83	8,95	9,06	-	6,42
23	24/11/99	183	9,30	9,08	7,99	7,97	7,12	5,80
24	01/12/99	190	9,99	7,94	7,40	7,85	6,34	4,02
25	09/12/99	198	12,31	8,62	10,08	7,06	6,05	5,60
26	15/12/99	204	13,57	10,96	10,60	10,47	8,53	6,79
27	22/12/99	211	7,83	8,30	8,53	7,63	7,67	4,23
28	05/01/00	225	4,24	2,77	4,15	3,02	7,82	3,05
29	13/01/00	233	2,46	1,82	2,82	3,87	7,72	2,64
30	19/01/00	239	2,33	1,62	2,73	1,39	3,03	0,93
31	26/01/00	246	2,28	2,20	2,51	2,14	4,66	1,22
32	03/02/00	254	2,07	2,14	2,76	1,55	4,37	0,23
33	09/02/00	260	2,15	1,69	2,53	1,64	3,85	0,64
34	16/02/00	267	4,28	1,82	2,51	2,27	3,02	0,52
35	23/02/00	274	2,30	1,87	2,47	1,98	3,23	1,36
36	02/03/00	282	3,32	2,78	2,96	3,19	5,12	1,76
37	09/03/00	289	3,19	2,55	3,09	3,08	5,19	1,85
38	13/03/00	293	3,39	2,32	2,88	3,09	5,32	2,01
39	21/03/00	301	3,49	2,15	3,19	3,22	5,28	1,94
40	30/03/00	310	2,98	2,60	2,94	3,29	5,42	1,81
41	05/04/00	316	2,29	1,58	1,80	2,74	3,80	1,05
42	12/04/00	323	2,91	2,34	1,94	2,56	3,58	1,16
43	19/04/00	330	2,23	2,27	2,29	2,53	2,83	1,23
44	26/04/00	337	2,83	2,74	2,83	2,56	2,73	1,16
45	03/05/00	344	0,92	0,12	0,16	1,33	0,57	0,17
46	23/05/00	364	0,78	1,09	1,21	1,44	0,77	0,66
47	31/05/00	372	0,63	-	1,11	1,25	1,35	0,71
48	14/06/00	386	0,96	-	0,31	1,11	0,53	-
49	21/06/00	393	0,83	0,81	0,74	0,96	-	0,49
50	12/07/00	414	1,45	2,61	1,86	1,85	2,04	2,48
51	19/07/00	421	1,57	2,40	1,92	2,21	2,08	1,65
52	26/07/00	428	1,65	2,04	2,24	2,97	2,95	1,55
53	09/08/00	442	0,87	0,65	0,41	1,20	0,76	0,32
54	16/08/00	449	1,02	0,79	0,72	0,54	0,41	0,31
55	21/08/00	454	0,68	0,67	0,47	0,52	0,54	0,28
56	05/10/00	499	1,12	0,99	0,77	-	0,76	0,73
57	10/10/00	504	1,14	0,94	0,82	0,80	0,77	0,75
58	25/10/00	519	1,16	0,89	0,94	0,90	0,89	0,77
59	01/11/00	526	1,30	1,11	0,96	-	1,00	0,98
60	08/11/00	533	1,29	1,12	1,04	1,02	1,01	0,86
61	16/11/00	541	1,38	1,16	1,13	1,09	1,12	0,88
62	22/11/00	547	1,40	1,20	1,25	1,28	1,10	0,96

Tabela A10.8 – Concentração de manganês do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	1,24	1,16	1,10	1,09	1,07	0,97
64	07/12/00	562	1,90	2,09	2,08	2,27	1,85	1,98
65	13/12/00	568	1,96	2,05	2,29	2,30	2,00	2,42
66	20/12/00	575	1,94	1,90	2,11	2,23	2,41	1,96
67	27/12/00	582	1,59	-	2,11	2,10	1,74	1,88
68	03/01/01	589	-	-	-	-	1,71	1,79
69	11/01/01	597	1,99	2,08	2,00	1,93	1,79	1,78
70	16/01/01	602	1,85	1,79	1,78	1,75	1,76	1,82
71	24/01/01	610	1,85	1,79	1,78	1,75	1,76	1,82
72	31/01/01	617	1,91	1,94	2,07	1,98	1,70	1,67
73	07/02/01	624	-	1,94	1,70	1,79	1,98	1,91
74	14/02/01	631	2,09	2,01	1,38	1,43	1,47	1,54
75	21/02/01	638	2,02	1,98	1,87	1,71	1,76	1,59
76	07/03/01	652	2,17	2,04	2,02	1,98	1,84	1,65
77	15/03/01	660	2,20	1,87	1,71	1,70	1,65	1,71
78	21/03/01	666	-	1,98	1,93	1,79	-	-
79	04/04/01	680	1,83	-	-	1,89	-	1,54
80	11/04/01	687	1,95	1,74	1,54	1,68	-	1,66
81	18/04/01	694	1,91	1,80	1,65	1,70	-	1,59
82	02/05/01	708	2,02	1,79	1,75	-	-	-
83	09/05/01	715	1,87	1,56	1,54	1,53	-	1,59
84	22/05/01	728	1,75	1,65	1,69	1,61	1,62	1,64
85	31/05/01	737	1,95	1,93	1,81	1,79	-	1,62
86	07/06/01	744	1,86	1,67	1,53	1,83	-	1,51
87	13/06/01	750	1,83	1,64	1,50	1,77	-	1,48
88	21/06/01	758	1,79	1,65	1,51	1,72	1,60	1,44
89	28/06/01	765	1,86	1,69	1,52	1,76	-	1,37
90	05/07/01	772	1,81	1,58	1,57	1,79	-	1,47
91	12/07/01	779	1,86	1,61	1,57	1,77	-	1,44
92	18/07/01	785	1,69	1,58	1,48	1,72	1,64	1,62
93	25/07/01	792	1,86	1,79	1,51	1,77	1,62	1,62
94	01/08/01	799	1,11	1,32	1,28	1,51	-	1,47
95	08/08/01	806	1,12	1,28	1,43	1,39	-	1,72
96	15/08/01	813	1,17	1,72	1,83	1,94	-	1,76
97	22/08/01	820	1,47	1,00	0,88	0,87	-	0,71
98	29/08/01	827	1,63	1,20	1,21	0,72	-	0,88
99	05/09/01	834	1,14	1,00	0,77	0,74	0,81	0,73
100	12/09/01	841	1,03	1,05	0,89	1,08	-	1,10
101	19/09/01	848	1,14	1,26	0,84	0,46	-	0,68

Tabela A10.9 – Concentração de níquel do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	0,86	1,20	1,38	1,57	0,96	0,77
4	16/06/99	22	1,43	1,34	1,38	1,53	1,48	0,91
5	23/06/99	29	2,79	2,50	2,79	2,88	2,60	2,41
6	05/07/99	41	1,08	1,27	0,88	0,49	0,88	0,68
7	14/07/99	50	2,25	2,06	1,47	1,86	1,47	1,27
8	21/07/99	57	1,27	1,08	0,68	0,49	0,88	0,49
9	28/07/99	64	2,06	1,47	1,27	0,88	1,27	0,88
10	02/08/99	69	1,15	0,74	0,74	0,74	0,12	0,32
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	2,13	1,61	1,34	0,95	0,82	1,47
13	25/08/99	92	1,86	1,72	1,72	1,45	1,32	1,59
14	13/09/99	111	1,99	1,83	1,67	1,75	1,59	1,59
15	22/09/99	120	1,40	-	1,30	1,30	1,19	-
16	29/09/99	127	1,30	1,05	0,99	0,99	0,87	0,69
17	04/10/99	132	0,84	0,73	0,55	0,55	0,55	-
18	13/10/99	141	0,55	0,55	0,61	0,67	0,61	0,61
19	20/10/99	148	0,55	0,44	0,55	0,55	0,38	0,38
20	27/10/99	155	0,67	0,61	0,55	0,49	0,49	0,44
21	03/11/99	162	0,55	0,49	-	0,44	0,44	0,44
22	17/11/99	176	0,84	0,84	0,55	0,67	-	0,67
23	24/11/99	183	0,73	0,84	0,84	0,55	0,49	0,55
24	01/12/99	190	0,64	0,49	0,64	0,56	0,42	0,42
25	09/12/99	198	0,71	0,64	0,64	0,71	0,56	0,49
26	15/12/99	204	0,85	0,64	0,49	0,49	0,42	0,42
27	22/12/99	211	0,64	0,64	0,49	0,71	0,49	0,49
28	05/01/00	225	0,24	0,19	0,26	0,31	0,31	0,19
29	13/01/00	233	0,19	0,22	0,24	0,26	0,24	0,19
30	19/01/00	239	0,31	0,31	0,26	0,24	0,26	0,19
31	26/01/00	246	0,19	0,22	0,19	0,22	0,26	0,17
32	03/02/00	254	0,29	0,38	0,31	0,17	0,22	0,05
33	09/02/00	260	0,29	0,31	0,31	0,19	0,19	0,15
34	16/02/00	267	0,19	0,22	0,26	0,29	0,31	0,19
35	23/02/00	274	0,22	0,19	0,24	0,26	0,29	0,22
36	02/03/00	282	0,70	0,49	0,18	0,39	0,08	nd
37	09/03/00	289	0,29	0,08	0,08	nd	nd	nd
38	13/03/00	293	nd	0,18	nd	0,08	nd	nd
39	21/03/00	301	0,49	0,70	0,29	nd	0,08	nd
40	30/03/00	310	0,29	0,29	0,08	0,08	nd	nd
41	05/04/00	316	nd	nd	nd	nd	nd	nd
42	12/04/00	323	nd	nd	nd	nd	nd	nd
43	19/04/00	330	0,37	0,37	nd	nd	nd	0,37
44	26/04/00	337	nd	0,37	nd	nd	nd	nd
45	03/05/00	344	0,03	nd	nd	nd	nd	nd
46	23/05/00	364	nd	nd	nd	nd	nd	nd
47	31/05/00	372	nd	nd	nd	0,06	0,06	0,01
48	14/06/00	386	0,18	-	0,18	0,15	0,15	-
49	21/06/00	393	0,15	0,15	0,18	0,18	-	0,15
50	12/07/00	414	0,34	nd	0,31	0,31	nd	nd
51	19/07/00	421	0,31	0,31	0,34	0,34	nd	nd
52	26/07/00	428	0,34	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
53	09/08/00	442	0,34	0,31	0,31	nd	nd	nd
54	16/08/00	449	0,34	0,31	0,31	0,31	0,34	0,34
55	21/08/00	454	0,37	0,31	0,34	0,37	0,34	0,31
56	05/10/00	499	nd	nd	nd	-	nd	nd
57	10/10/00	504	nd	nd	nd	nd	nd	nd
58	25/10/00	519	nd	nd	nd	nd	nd	nd
59	01/11/00	526	nd	nd	nd	-	nd	nd
60	08/11/00	533	nd	nd	nd	nd	nd	nd
61	16/11/00	541	nd	nd	nd	nd	nd	nd
62	22/11/00	547	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela A10.9 – Concentração de níquel do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	nd	nd	nd	nd	nd	nd
64	07/12/00	562	nd	nd	nd	nd	nd	nd
65	13/12/00	568	nd	nd	nd	nd	nd	nd
66	20/12/00	575	nd	nd	nd	nd	nd	nd
67	27/12/00	582	nd	-	nd	nd	nd	nd
68	03/01/01	589	-	-	-	-	nd	nd
69	11/01/01	597	nd	nd	nd	nd	nd	nd
70	16/01/01	602	nd	nd	nd	nd	nd	nd
71	24/01/01	610	nd	nd	nd	nd	nd	nd
72	31/01/01	617	nd	nd	nd	nd	nd	nd
73	07/02/01	624	-	nd	nd	nd	nd	nd
74	14/02/01	631	nd	nd	nd	nd	nd	nd
75	21/02/01	638	nd	nd	nd	nd	nd	nd
76	07/03/01	652	nd	nd	nd	nd	nd	nd
77	15/03/01	660	nd	nd	nd	nd	nd	nd
78	21/03/01	666	-	nd	nd	nd	-	-
79	04/04/01	680	nd	-	-	nd	-	nd
80	11/04/01	687	nd	nd	nd	nd	-	nd
81	18/04/01	694	nd	nd	nd	nd	-	nd
82	02/05/01	708	nd	nd	nd	-	-	-
83	09/05/01	715	nd	nd	nd	nd	-	nd
84	22/05/01	728	nd	nd	nd	nd	nd	nd
85	31/05/01	737	nd	nd	nd	nd	-	nd
86	07/06/01	744	nd	nd	nd	nd	-	nd
87	13/06/01	750	nd	nd	nd	nd	-	nd
88	21/06/01	758	nd	nd	nd	nd	nd	nd
89	28/06/01	765	nd	nd	nd	nd	-	nd
90	05/07/01	772	nd	nd	nd	nd	-	nd
91	12/07/01	779	nd	nd	nd	nd	-	nd
92	18/07/01	785	nd	nd	nd	nd	nd	nd
93	25/07/01	792	nd	nd	nd	nd	nd	nd
94	01/08/01	799	nd	nd	nd	nd	-	nd
95	08/08/01	806	nd	nd	nd	nd	-	nd
96	15/08/01	813	nd	nd	nd	nd	-	nd
97	22/08/01	820	nd	nd	nd	nd	-	nd
98	29/08/01	827	nd	nd	nd	nd	-	nd
99	05/09/01	834	nd	nd	nd	nd	nd	nd
100	12/09/01	841	nd	nd	nd	nd	-	nd
101	19/09/01	848	nd	nd	nd	nd	-	nd

nd = não detectado

Tabela A10.10 – Concentração de potássio do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	1221,39	164,09	377,28	156,67	150,77	333,73
4	16/06/99	22	1219,44	474,33	321,49	410,65	385,17	360,97
5	23/06/99	29	1161,74	489,86	352,43	398,24	382,97	352,43
6	05/07/99	41	1153,99	1040,20	819,73	769,95	663,27	656,16
7	14/07/99	50	1161,10	1018,87	798,40	663,27	627,71	535,26
8	21/07/99	57	1161,10	1111,32	876,63	841,07	734,39	677,49
9	28/07/99	64	1146,88	1040,20	983,31	805,51	677,49	627,71
10	02/08/99	69	949,61	755,40	708,32	580,81	354,24	360,12
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	2719,31	1876,73	1174,58	2438,45	1174,58	1104,36
13	25/08/99	92	1268,90	1882,09	949,71	958,11	538,12	118,13
14	13/09/99	111	1264,87	1519,72	925,06	670,20	415,35	185,98
15	22/09/99	120	902,13	-	535,77	516,29	290,91	-
16	29/09/99	127	924,39	777,85	600,69	521,86	331,72	277,92
17	04/10/99	132	1677,44	1604,68	1450,08	1113,60	586,14	-
18	13/10/99	141	1404,61	1222,73	1131,79	1049,94	677,08	358,79
19	20/10/99	148	1313,67	1295,48	1250,01	1086,32	495,20	449,73
20	27/10/99	155	1113,60	1095,41	1086,32	1077,22	768,03	495,20
21	03/11/99	162	1477,36	1149,98	-	1077,22	586,14	649,80
22	17/11/99	176	1459,18	1404,61	1359,14	1040,85	-	768,03
23	24/11/99	183	1404,61	1359,14	1250,01	1149,98	1022,66	858,97
24	01/12/99	190	1124,34	954,73	891,12	869,92	657,90	573,09
25	09/12/99	198	997,13	912,32	869,92	878,40	615,50	649,42
26	15/12/99	204	1124,34	1183,71	1209,15	1124,34	776,63	806,31
27	22/12/99	211	1539,90	1107,38	1124,34	1022,57	997,13	869,92
28	05/01/00	225	965,43	999,74	1057,30	943,30	1125,92	1170,19
29	13/01/00	233	945,51	924,48	1038,48	1025,20	1088,29	1057,30
30	19/01/00	239	969,86	1003,06	1060,62	947,72	1133,67	1185,69
31	26/01/00	246	1016,35	944,40	1129,24	987,57	1066,15	1120,38
32	03/02/00	254	944,40	1021,88	980,93	1045,12	1140,31	1169,08
33	09/02/00	260	1048,44	1045,12	1058,40	953,26	1124,81	1180,15
34	16/02/00	267	951,04	955,47	953,26	934,44	1035,16	1169,08
35	23/02/00	274	1046,23	920,05	920,05	1049,55	1051,76	1196,75
36	02/03/00	282	2101,38	1740,28	1965,97	1469,46	1108,36	1018,09
37	09/03/00	289	1740,28	1559,73	1288,91	1613,90	918,79	891,71
38	13/03/00	293	2236,79	2372,20	2011,10	2011,10	1180,58	1108,36
39	21/03/00	301	1740,28	1379,19	1108,36	1063,23	909,76	891,71
40	30/03/00	310	1198,64	1288,91	1153,50	1090,31	972,95	909,76
41	05/04/00	316	2191,58	1927,96	1181,04	1075,59	917,42	952,57
42	12/04/00	323	2130,07	1971,90	1725,85	1664,34	1066,80	811,97
43	19/04/00	330	1761,00	1778,57	1532,53	1435,87	1268,91	1049,23
44	26/04/00	337	2209,15	1391,93	1637,98	1620,40	1154,68	1137,10
45	03/05/00	344	839,60	1114,35	434,35	386,27	345,05	255,76
46	23/05/00	364	1052,53	1189,90	612,93	441,22	427,48	303,84
47	31/05/00	372	887,68	-	578,59	324,45	358,79	235,16
48	14/06/00	386	1163,58	-	1087,53	589,77	403,11	-
49	21/06/00	393	1163,58	1122,10	541,38	492,98	-	389,29
50	12/07/00	414	1120,63	1055,94	1211,18	926,57	855,42	991,26
51	19/07/00	421	1140,03	1055,94	1017,13	1088,28	1010,66	907,16
52	26/07/00	428	1185,31	1152,97	1172,37	1133,56	991,26	1250,00
53	09/08/00	442	1709,26	1767,48	1508,74	1489,33	1508,74	1832,16
54	16/08/00	449	1638,11	1127,09	1120,63	1081,81	1120,63	991,26
55	21/08/00	454	1528,14	1469,92	1353,49	1120,63	1088,28	991,26
56	05/10/00	499	1545,07	894,32	970,88	-	1066,58	1053,82
57	10/10/00	504	1143,13	1136,75	1130,37	983,64	958,12	894,32
58	25/10/00	519	1309,01	932,60	907,08	887,94	875,18	843,28
59	01/11/00	526	1679,05	1283,49	1309,01	-	1264,35	1194,17
60	08/11/00	533	1353,67	1289,87	1417,47	1449,37	964,50	843,28
61	16/11/00	541	1315,39	1098,48	1009,16	919,84	875,18	887,94
62	22/11/00	547	1774,74	1736,47	1659,91	1634,39	1200,55	1117,61

Tabela A10.10 – Concentração de potássio do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	1602,49	1481,27	1487,65	1532,31	1098,48	875,18
64	07/12/00	562	2132,02	1864,06	1621,63	1608,87	1398,33	1060,20
65	13/12/00	568	1596,11	1494,03	1436,61	1468,51	1289,87	1328,15
66	20/12/00	575	1978,90	1819,40	1742,84	1608,87	1200,55	1257,97
67	27/12/00	582	2010,80	-	1730,09	1570,59	1123,99	1149,51
68	03/01/01	589	-	-	-	-	1572,58	1631,23
69	11/01/01	597	2194,28	1572,58	1607,77	1554,99	1572,58	1513,93
70	16/01/01	602	2041,79	1396,63	2159,09	1572,58	1337,98	1484,60
71	24/01/01	610	2276,39	1337,98	2129,77	1631,23	1373,17	1437,68
72	31/01/01	617	2393,70	1748,53	2100,44	1642,96	1250,00	1443,55
73	07/02/01	624	-	2745,60	2980,21	2751,47	2393,70	1631,23
74	14/02/01	631	2188,42	2159,09	2264,66	2276,39	2188,42	1631,23
75	21/02/01	638	2270,53	2088,71	2071,11	1607,77	1572,58	1590,18
76	07/03/01	652	2000,73	1947,95	1953,81	1918,62	1906,89	1244,14
77	15/03/01	660	1508,06	1502,20	1572,58	1566,72	1355,57	1220,68
78	21/03/01	666	-	1572,58	1807,19	1337,98	-	-
79	04/04/01	680	1686,32	-	-	1614,51	-	1467,45
80	11/04/01	687	1881,25	1616,22	1607,67	1595,70	-	1641,86
81	18/04/01	694	1894,93	1725,65	1718,81	1689,74	-	1705,13
82	02/05/01	708	1898,35	1901,77	1778,66	-	-	-
83	09/05/01	715	1775,24	1802,59	1741,04	1744,46	-	1800,88
84	22/05/01	728	1922,29	1616,22	1621,35	1624,77	1706,84	1578,60
85	31/05/01	737	1932,55	1744,46	1778,66	1761,56	-	1881,25
86	07/06/01	744	1885,89	1706,55	1667,56	1581,79	-	1230,90
87	13/06/01	750	1901,48	1651,96	1628,57	1488,22	-	1106,14
88	21/06/01	758	1121,73	802,04	825,43	809,83	1152,92	1012,57
89	28/06/01	765	1496,01	1394,65	1223,10	1238,70	-	1199,71
90	05/07/01	772	1043,76	965,78	887,81	1043,76	-	1098,34
91	12/07/01	779	311,88	310,75	309,24	300,58	-	277,99
92	18/07/01	785	1184,11	1199,71	1238,70	957,99	1028,16	989,18
93	25/07/01	792	1355,66	1199,71	1238,70	1230,90	950,19	887,81
94	01/08/01	799	1150,00	1050,00	990,00	1100,00	-	1275,00
95	08/08/01	806	1110,00	550,00	1055,00	950,00	-	935,00
96	15/08/01	813	1250,00	925,00	1000,00	950,00	-	995,00
97	22/08/01	820	1945,00	1870,00	1640,00	1670,00	-	1210,00
98	29/08/01	827	1935,00	1425,00	1970,00	1850,00	-	1840,00
99	05/09/01	834	1620,00	1355,00	1150,00	1260,00	1120,00	1165,00
100	12/09/01	841	1765,00	1290,00	1235,00	1150,00	-	1445,00
101	19/09/01	848	1490,00	1370,00	1100,00	670,00	-	1090,00

Tabela A10.11 – Concentração de sódio do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	1.144,62	98,12	300,51	141,93	136,04	256,96
4	16/06/99	22	1.143,84	388,32	233,34	323,74	297,91	273,37
5	23/06/99	29	1.145,41	473,53	336,10	381,91	366,64	336,10
6	05/07/99	41	1.133,11	1.019,32	798,85	749,07	642,39	635,28
7	14/07/99	50	1.140,22	997,99	777,52	642,39	606,83	514,38
8	21/07/99	57	1.140,22	1.090,44	855,75	820,19	713,51	656,61
9	28/07/99	64	1.126,00	1.019,32	962,43	784,63	656,61	606,83
10	02/08/99	69	949,61	755,40	708,32	580,81	354,24	360,12
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	2.719,31	1.876,73	1.174,58	2.438,45	1.174,58	1.104,36
13	25/08/99	92	1.268,90	1.882,09	949,71	958,11	538,12	118,13
14	13/09/99	111	1.264,87	1.519,72	925,06	670,20	415,35	185,98
15	22/09/99	120	902,13	-	535,77	516,29	290,91	-
16	29/09/99	127	924,39	777,85	600,69	521,86	331,72	277,92
17	04/10/99	132	1.677,44	1.604,68	1.450,08	1.113,60	586,14	-
18	13/10/99	141	1.404,61	1.222,73	1.131,79	1.049,94	677,08	358,79
19	20/10/99	148	1.313,67	1.295,48	1.250,01	1.086,32	495,20	449,73
20	27/10/99	155	1.113,60	1.095,41	1.086,32	1.077,22	768,03	495,20
21	03/11/99	162	1.477,36	1.149,98	-	1.077,22	586,14	649,80
22	17/11/99	176	1.459,18	1.404,61	1.359,14	1.040,85	-	768,03
23	24/11/99	183	1.404,61	1.359,14	1.250,01	1.149,98	1.022,66	858,97
24	01/12/99	190	224,87	190,95	178,22	173,98	131,58	114,62
25	09/12/99	198	199,43	182,46	173,98	175,68	123,10	129,88
26	15/12/99	204	224,87	236,74	241,83	224,87	155,33	161,26
27	22/12/99	211	307,98	221,48	224,87	204,51	199,43	173,98
28	05/01/00	225	484,06	441,56	402,76	424,93	334,85	349,17
29	13/01/00	233	434,63	485,91	389,82	464,20	391,21	351,94
30	19/01/00	239	446,18	398,14	381,04	408,30	345,47	330,69
31	26/01/00	246	468,82	427,24	408,30	402,29	351,48	345,47
32	03/02/00	254	438,79	443,87	418,00	384,74	254,93	241,54
33	09/02/00	260	389,82	391,67	399,98	393,06	331,15	334,85
34	16/02/00	267	456,80	458,19	375,04	374,12	315,45	325,15
35	23/02/00	274	470,66	454,03	429,55	376,89	345,94	349,63
36	02/03/00	282	435,73	426,96	387,97	395,42	321,81	317,43
37	09/03/00	289	440,11	444,49	394,10	396,30	353,80	313,05
38	13/03/00	293	391,04	435,73	440,98	435,73	361,25	282,38
39	21/03/00	301	448,87	440,98	440,11	457,63	340,22	334,96
40	30/03/00	310	394,10	393,23	396,30	399,80	282,38	225,43
41	05/04/00	316	415,45	364,79	356,02	409,47	337,27	337,67
42	12/04/00	323	467,31	410,67	364,79	355,62	329,69	307,75
43	19/04/00	330	365,19	409,47	317,72	311,34	309,34	298,97
44	26/04/00	337	337,67	294,58	259,88	257,49	221,18	175,71
45	03/05/00	344	839,60	1.114,35	434,35	386,27	345,05	255,76
46	23/05/00	364	1.052,53	1.189,90	612,93	441,22	427,48	303,84
47	31/05/00	372	887,68	-	578,59	324,45	358,79	235,16
48	14/06/00	386	1.163,58	-	1.087,53	589,77	403,11	-
49	21/06/00	393	1.163,58	1.122,10	541,38	492,98	-	389,29
50	12/07/00	414	1.120,63	1.055,94	1.211,18	926,57	855,42	991,26
51	19/07/00	421	1.140,03	1.055,94	1.017,13	1.088,28	1.010,66	907,16
52	26/07/00	428	1.185,31	1.152,97	1.172,37	1.133,56	991,26	1.250,00
53	09/08/00	442	1.709,26	1.767,48	1.508,74	1.489,33	1.508,74	1.832,16
54	16/08/00	449	1.638,11	1.127,09	1.120,63	1.081,81	1.120,63	991,26
55	21/08/00	454	1.528,14	1.469,92	1.353,49	1.120,63	1.088,28	991,26
56	05/10/00	499	1.545,07	894,32	970,88	-	1.066,58	1.053,82
57	10/10/00	504	1.143,13	1.136,75	1.130,37	983,64	958,12	894,32
58	25/10/00	519	1.309,01	932,60	907,08	887,94	875,18	843,28
59	01/11/00	526	1.679,05	1.283,49	1.309,01	-	1.264,35	1.194,17
60	08/11/00	533	1.353,67	1.289,87	1.417,47	1.449,37	964,50	843,28
61	16/11/00	541	1.315,39	1.098,48	1.009,16	919,84	875,18	887,94
62	22/11/00	547	1.774,74	1.736,47	1.659,91	1.634,39	1.200,55	1.117,61

Tabela A10.11 – Concentração de sódio do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	1.602,49	1.481,27	1.487,65	1.532,31	1.098,48	875,18
64	07/12/00	562	2.132,02	1.864,06	1.621,63	1.608,87	1.398,33	1.060,20
65	13/12/00	568	1.596,11	1.494,03	1.436,61	1.468,51	1.289,87	1.328,15
66	20/12/00	575	1.978,90	1.819,40	1.742,84	1.608,87	1.200,55	1.257,97
67	27/12/00	582	2.010,80	-	1.730,09	1.570,59	1.123,99	1.149,51
68	03/01/01	589	-	-	-	-	1.572,58	1.631,23
69	11/01/01	597	2.194,28	1.572,58	1.607,77	1.554,99	1.572,58	1.513,93
70	16/01/01	602	2.041,79	1.396,63	2.159,09	1.572,58	1.337,98	1.484,60
71	24/01/01	610	2.276,39	1.337,98	2.129,77	1.631,23	1.373,17	1.437,68
72	31/01/01	617	2.393,70	1.748,53	2.100,44	1.642,96	1.250,00	1.443,55
73	07/02/01	624	-	2.745,60	2.980,21	2.751,47	2.393,70	1.631,23
74	14/02/01	631	2.188,42	2.159,09	2.264,66	2.276,39	2.188,42	1.631,23
75	21/02/01	638	2.270,53	2.088,71	2.071,11	1.607,77	1.572,58	1.590,18
76	07/03/01	652	2.000,73	1.947,95	1.953,81	1.918,62	1.906,89	1.244,14
77	15/03/01	660	1.508,06	1.502,20	1.572,58	1.566,72	1.355,57	1.220,68
78	21/03/01	666	-	1.572,58	1.807,19	1.337,98	-	-
79	04/04/01	680	311,46	-	-	296,95	-	267,23
80	11/04/01	687	350,86	297,29	295,57	293,15	-	302,48
81	18/04/01	694	353,62	319,41	318,03	312,15	-	315,26
82	02/05/01	708	354,31	355,00	330,12	-	-	-
83	09/05/01	715	329,43	334,96	322,52	323,21	-	334,61
84	22/05/01	728	359,15	297,29	298,33	299,02	315,61	289,69
85	31/05/01	737	361,22	323,21	330,12	326,67	-	350,86
86	07/06/01	744	32,92	32,62	30,96	30,36	-	27,80
87	13/06/01	750	30,32	30,43	29,72	29,95	-	28,18
88	21/06/01	758	32,51	31,34	31,45	31,38	31,30	29,68
89	28/06/01	765	30,36	30,43	30,36	30,43	-	29,31
90	05/07/01	772	32,96	32,32	31,75	31,34	-	28,48
91	12/07/01	779	31,19	31,07	30,92	30,06	-	27,80
92	18/07/01	785	31,41	30,81	30,55	30,32	30,43	27,61
93	25/07/01	792	32,69	31,94	31,79	31,75	30,96	30,36
94	01/08/01	799	21,31	20,56	20,62	20,49	-	20,69
95	08/08/01	806	20,73	20,62	20,35	20,22	-	20,80
96	15/08/01	813	21,10	20,83	20,59	20,39	-	20,80
97	22/08/01	820	25,37	26,49	26,80	25,44	-	25,61
98	29/08/01	827	27,31	27,28	26,80	26,70	-	26,46
99	05/09/01	834	29,19	34,20	34,93	35,97	34,69	34,81
100	12/09/01	841	36,58	36,64	37,38	37,25	-	36,21
101	19/09/01	848	37,86	31,75	30,47	30,10	-	30,53

Tabela A10.12 – Concentração de zinco do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	-	-	-	-	-	-
3	08/06/99	14	21,25	34,64	9,18	1,61	2,44	0,71
4	16/06/99	22	12,51	36,06	27,90	12,51	22,91	2,06
5	23/06/99	29	2,90	23,39	11,51	7,82	11,92	1,67
6	05/07/99	41	11,07	28,38	10,49	0,01	10,56	1,74
7	14/07/99	50	15,92	26,01	17,04	0,01	12,15	0,01
8	21/07/99	57	13,33	17,73	17,18	0,01	9,34	0,63
9	28/07/99	64	10,58	18,11	15,39	0,01	13,46	18,55
10	02/08/99	69	3,62	4,02	3,71	0,40	3,11	2,92
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	-
12	18/08/99	85	2,51	0,39	2,89	0,25	3,69	4,41
13	25/08/99	92	3,28	2,95	2,81	0,12	2,15	2,53
14	13/09/99	111	1,67	1,67	1,64	0,38	1,22	1,70
15	22/09/99	120	2,72	-	2,67	2,55	2,57	-
16	29/09/99	127	2,95	2,70	2,65	2,61	2,73	2,66
17	04/10/99	132	2,17	2,15	2,22	2,13	2,05	-
18	13/10/99	141	2,46	2,46	2,41	0,36	2,16	2,17
19	20/10/99	148	2,19	2,09	2,32	2,16	2,05	2,05
20	27/10/99	155	2,44	2,44	2,53	2,53	2,27	2,10
21	03/11/99	162	2,29	2,10	-	2,05	2,06	1,90
22	17/11/99	176	2,36	2,41	2,42	2,43	--	2,27
23	24/11/99	183	2,29	2,22	2,22	2,19	2,10	2,07
24	01/12/99	190	1,81	1,40	1,45	1,59	1,62	1,69
25	09/12/99	198	1,84	1,62	1,62	1,54	1,54	1,55
26	15/12/99	204	1,87	1,84	1,79	1,69	1,38	1,52
27	22/12/99	211	1,91	1,66	1,71	1,66	1,80	1,64
28	05/01/00	225	0,86	0,54	0,40	0,29	1,06	1,71
29	13/01/00	233	0,68	0,52	0,43	0,28	0,62	0,97
30	19/01/00	239	0,51	0,46	0,42	0,32	0,61	0,68
31	26/01/00	246	0,45	0,38	0,32	0,26	0,41	0,72
32	03/02/00	254	0,53	0,36	0,25	0,19	0,25	0,36
33	09/02/00	260	0,51	0,37	0,33	0,21	0,24	0,39
34	16/02/00	267	0,42	0,45	0,32	0,32	0,41	0,43
35	23/02/00	274	0,42	0,47	0,30	0,25	0,39	0,45
36	02/03/00	282	0,92	0,57	0,47	0,29	0,31	0,37
37	09/03/00	289	0,25	0,33	0,15	0,57	0,61	0,84
38	13/03/00	293	0,19	0,21	0,12	0,85	0,20	0,91
39	21/03/00	301	0,25	0,32	0,14	0,06	0,24	0,33
40	30/03/00	310	0,22	0,19	0,11	0,10	0,16	0,32
41	05/04/00	316	0,69	0,57	0,43	0,25	0,22	0,23
42	12/04/00	323	0,56	0,58	0,48	0,50	0,41	0,33
43	19/04/00	330	0,69	0,69	0,71	0,50	0,45	0,56
44	26/04/00	337	0,90	0,80	0,79	0,74	0,60	0,56
45	03/05/00	344	0,20	0,53	0,15	0,16	0,51	0,36
46	23/05/00	364	0,23	0,24	0,07	0,06	0,06	0,11
47	31/05/00	372	0,16	0,01	0,11	0,08	0,26	0,20
48	14/06/00	386	0,21	-	0,19	0,17	0,18	-
49	21/06/00	393	0,22	0,21	0,20	0,20	-	0,15
50	12/07/00	414	0,21	0,16	0,15	0,11	0,11	0,12
51	19/07/00	421	0,22	0,24	0,20	0,15	0,15	0,17
52	26/07/00	428	0,15	0,14	0,15	0,18	0,21	0,20
53	09/08/00	442	0,20	0,22	0,21	0,19	0,19	0,14
54	16/08/00	449	0,22	0,23	0,27	0,25	0,20	0,18
55	21/08/00	454	0,27	0,19	0,21	0,20	0,18	0,16
56	05/10/00	499	0,25	0,23	0,29	-	0,20	0,18
57	10/10/00	504	0,23	0,22	0,27	0,21	0,20	0,18
58	25/10/00	519	0,21	0,21	0,28	0,22	0,20	0,17
59	01/11/00	526	0,27	0,22	0,24	-	0,25	0,24
60	08/11/00	533	0,28	0,23	0,25	0,21	0,21	0,20
61	16/11/00	541	0,25	0,24	0,23	0,21	0,16	0,15
62	22/11/00	547	0,24	0,21	0,23	0,21	0,14	0,13

Tabela A10.12 – Concentração de zinco do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	0,25	0,24	0,24	0,22	0,17	0,15
64	07/12/00	562	0,29	0,27	0,21	0,21	0,20	0,22
65	13/12/00	568	0,28	0,28	0,21	0,22	0,20	0,27
66	20/12/00	575	0,26	0,22	0,19	0,23	0,32	0,23
67	27/12/00	582	0,22	-	0,19	0,23	0,26	0,24
68	03/01/01	589	-	-	-	-	0,25	0,16
69	11/01/01	597	0,17	0,19	0,24	0,18	0,22	0,16
70	16/01/01	602	0,18	0,19	0,25	0,19	0,19	0,16
71	24/01/01	610	0,19	0,17	0,17	0,17	0,18	0,16
72	31/01/01	617	0,18	0,17	0,16	0,12	0,19	0,13
73	07/02/01	624	-	0,20	0,18	0,22	0,17	0,15
74	14/02/01	631	0,22	0,19	0,18	0,22	0,19	0,16
75	21/02/01	638	0,24	0,20	0,16	0,23	0,17	0,13
76	07/03/01	652	0,25	0,23	0,21	0,22	0,18	0,19
77	15/03/01	660	0,23	0,18	0,17	0,19	0,17	0,17
78	21/03/01	666	-	0,19	0,20	0,18	-	-
79	04/04/01	680	0,06	-	-	0,07	-	0,14
80	11/04/01	687	0,11	0,22	0,06	0,07	-	0,07
81	18/04/01	694	0,07	0,08	0,05	0,04	-	0,06
82	02/05/01	708	0,07	0,11	0,07	-	-	-
83	09/05/01	715	0,07	0,15	0,05	0,07	-	0,08
84	22/05/01	728	0,08	0,08	0,07	0,08	0,05	0,04
85	31/05/01	737	0,05	0,07	0,05	0,11	-	0,05
86	07/06/01	744	0,08	0,10	0,05	0,06	-	0,05
87	13/06/01	750	0,07	0,07	0,04	0,05	-	0,05
88	21/06/01	758	0,08	0,07	0,05	0,06	0,05	0,06
89	28/06/01	765	0,07	0,09	0,05	0,05	-	0,06
90	05/07/01	772	0,06	0,06	0,04	0,05	-	0,05
91	12/07/01	779	0,07	0,08	0,04	0,04	-	0,04
92	18/07/01	785	0,08	0,09	0,05	0,04	0,07	0,05
93	25/07/01	792	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
94	01/08/01	799	0,14	0,17	0,13	0,18	-	0,28
95	08/08/01	806	0,07	0,10	0,06	0,06	-	0,06
96	15/08/01	813	0,09	0,08	0,09	0,07	-	0,09
97	22/08/01	820	0,12	0,10	0,10	0,09	-	0,10
98	29/08/01	827	0,12	0,10	0,09	0,10	-	0,10
99	05/09/01	834	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09
100	12/09/01	841	0,10	0,11	0,09	0,08	-	0,09
101	19/09/01	848	0,11	0,10	0,09	0,09	-	0,09

Tabela A11 – Concentração de ácidos voláteis do lixiviado das células - equivalente em termos de ácido acético (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
18	13/10/99	141	11507	11231	10856	5800	8821	6508
19	20/10/99	148	12676	6373	10190	6089	10339	9207
20	27/10/99	155	13717	10983	7743	4827	10063	4943
21	03/11/99	162	10705	10946	-	2635	9596	3730
22	17/11/99	176	5254	5614	5383	3194	-	4171
23	24/11/99	183	2732	3640	3107	2019	5504	6366
24	01/12/99	190	7445	5630	1995	627	4911	2326
25	09/12/99	197	1012	257	3889	2657	9159	4577
26	15/12/99	204	-	4307	3720	2093	5117	4571
27	22/12/99	211	7353	5276	2020	1415	4071	3027
28	05/01/00	225	5709	1339	742	282	3293	2084
29	13/01/00	232	2929	1129	1404	1039	1994	1953
30	19/01/00	239	2639	1692	1532	1601	1815	1292
31	26/01/00	246	2394	2205	1978	1763	2625	2257
32	03/02/00	254	3179	2563	2968	2606	3345	3167
33	09/02/00	260	3016	2902	3357	3257	3983	3368
34	16/02/00	267	7706	4618	7218	7023	7031	6526
35	23/02/00	274	7178	6598	6362	5703	6523	7347
36	02/03/00	282	6560	4913	5514	6225	6610	6704
37	09/03/00	289	5909	8234	6274	6405	6509	7009
38	13/03/00	293	6432	4935	4801	4903	5071	4872
39	21/03/00	301	-	-	-	-	-	-
40	30/03/00	310	808	969	1188	872	1261	1746
41	05/04/00	316	1624	849	944	1317	1854	4189
42	12/04/00	323	1127	1003	521	1076	461	803
43	19/04/00	330	1653	1327	1519	1027	1243	1115
44	26/04/00	337	1074	1050	1129	723	1425	641
45	03/05/00	344	1108	896	1242	1624	1017	780
46	23/05/00	364	5818	3863	1169	1717	2012	1246
47	31/05/00	372	709	-	2953	2295	1241	1032
48	14/06/00	386	3051	3860	3046	3860	3846	nd
49	21/06/00	393	2058	1991	1855	2134	1483	1872
50	12/07/00	414	745	94	27	14	3	1
51	19/07/00	421	7281	6435	7252	7704	8372	9910
52	26/07/00	428	505	796	1329	1819	1776	1040
53	09/08/00	442	2083	1702	2604	3013	2018	-
54	16/08/00	449	2324	2135	1576	1841	1286	-
55	21/08/00	454	1295	1553	811	1160	1127	1179
70	16/01/01	602	2520	4054	2107	1620	2302	3219
73	07/02/01	624		1464	2679	2943	2879	2732
74	14/02/01	631	2562	4082	3331	3923	2254	2857
75	21/02/01	638	2272	3171	2628	2587	3470	2506
76	07/03/01	652	3241	2728	1933	1864	2650	-
77	15/03/01	660	1449	2121	2444	3242	2021	878
78	21/03/01	666	-	3510	2551	2419	-	-
79	04/04/01	680	1788	-	-	3407	-	2811
80	11/04/01	687	2003	1849	2162	1763	-	-
81	18/04/01	694	2078	2001	2237	2088	-	1954
82	02/05/01	708	2423	2403	2673	1917	-	2574
83	09/05/01	715	2204	3217	2520	2021	-	2151
84	22/05/01	728	21	13	12	21	9	13
86	07/06/01	744	28	47	29	47	-	38
87	13/06/01	750	79	62	53	49	-	34

Tabela A11 – Concentração de ácidos voláteis do lixiviado das células - equivalente em termos de ácido acético (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
88	21/06/01	758	33	32	29	30	25	23
89	28/06/01	765	35	418	39	38	-	33
90	05/07/01	772	34	27	27	33	-	22
91	12/07/01	779	37	34	31	35	-	38
92	18/07/01	785	39	16	-	13	13	4
93	25/07/01	792	10	23	9	8	-	8
94	01/08/01	799	51	22	19	13	-	14
95	08/08/01	806	16	14	13	13	-	10
97	22/08/01	820	12	10	15	9	-	10
98	29/08/01	827	76	33	25	30	-	19
99	05/09/01	834	15	16	18	13	17	15
100	12/09/01	841	12	16	12	12	-	15
101	19/09/01	848	10	12	11	13	-	11

nd = não detectado

Tabela A12.1 – Concentração de sólidos totais do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	tt(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	7544	-	-	-	-	27738
3	08/06/99	14	27474	19958	21534	27284	15546	8290
4	16/06/99	22	24102	38486	38846	28644	38448	13060
5	23/06/99	29	28524	20832	27770	26208	15822	13070
6	05/07/99	41	24914	21000	20782	13366	16232	14410
7	14/07/99	50	26016	23880	23008	20974	13446	14568
8	21/07/99	57	27232	23374	22714	21210	15352	16026
9	28/07/99	64	22138	19308	17166	18756	26872	10194
10	02/08/99	69	19964	14638	14456	12730	7544	9910
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	8148
12	18/08/99	85	22010	18968	14166	14228	9014	8630
13	25/08/99	92	23576	21186	16356	15268	11990	8370
14	13/09/99	111	24970	21866	16530	12352	13324	7712
15	22/09/99	120	24106	14180	12396	11310	7410	8108
16	29/09/99	127	23156	-	13740	13698	9082	-
17	04/10/99	132	22406	15652	15752	12778	11856	8120
18	13/10/99	141	-	-	-	-	-	-
19	20/10/99	148	22174	11920	13002	8538	11706	8328
20	27/10/99	155	24220	13026	10768	8492	12762	5786
21	03/11/99	162	21222	13984	-	7546	12500	5708
22	17/11/99	176	10542	13056	8428	6700	-	5642
23	24/11/99	183	8898	10310	6806	5838	11642	5488
24	01/12/99	190	8578	10412	7038	6096	10330	7008
25	09/12/99	197	9308	11092	7364	6076	13556	4562
26	15/12/99	204	-	9080	7152	5238	7712	7674
27	22/12/99	211	8506	7430	6028	5292	8612	3458
28	05/01/00	225	9884	6516	5596	5536	10054	6194
29	13/01/00	232	9542	6938	5808	5608	8026	5336
30	19/01/00	239	8752	6856	7318	5636	5512	4876
31	26/01/00	246	7696	6842	5448	5552	6666	4360
32	03/02/00	254	8356	6914	5186	5372	5518	3318
33	09/02/00	260	7668	6718	4822	4408	5632	3122
34	16/02/00	267	8654	6732	5070	4316	4698	2994
35	23/02/00	274	7226	6700	4930	4234	4582	2932
36	02/03/00	282	7276	6930	5030	4548	4124	3398
37	09/03/00	289	6532	7140	4250	3408	4632	3310
38	13/03/00	293	11980	21936	4234	3730	4354	3642
39	21/03/00	301	6680	6478	4430	3994	4266	3202
40	30/03/00	310	7094	6620	4454	4176	6026	3492
41	05/04/00	316	6842	6538	4640	4354	4342	4786
42	12/04/00	323	6916	6608	4486	3946	3010	2988
43	19/04/00	330	5830	7832	3130	1498	2780	3544
44	26/04/00	337	5284	8074	3022	3466	2230	3128
45	03/05/00	344	6130	6456	3630	4292	5022	2878
46	23/05/00	364	6230	6158	3774	3574	3652	2874
47	31/05/00	372	6380	-	3996	3750	3406	3094
48	14/06/00	386	4970	4518	4078	1494	3552	-
49	21/06/00	393	3694	3310	3572	848	1256	1930
50	12/07/00	414	3580	4680	3060	1020	2500	1860
51	19/07/00	421	3740	4780	2560	1680	1980	1560
52	26/07/00	428	4440	4720	2920	2720	2660	2460
53	09/08/00	442	3402	4590	3204	1782	1868	-
54	16/08/00	449	4848	4742	1700	3122	2612	-
55	21/08/00	454	4736	4796	3614	3236	2566	2888
56	05/10/00	499	4186	3678	1890	-	1550	2002
57	10/10/00	504	4100	3514	1710	838	1650	2388
58	25/10/00	519	4444	3344	1702	1190	1726	1876
59	01/11/00	526	4608	4028	8092	-	2930	2076
60	08/11/00	533	4446	3984	2564	2006	1742	2088
61	16/11/00	541	4454	3844	2050	1070	2086	1762
62	22/11/00	547	4084	3908	2592	1940	2346	1914

Tabela A12.1 – Concentração de sólidos totais do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	4634	3902	2576	424	2374	2090
64	07/12/00	562	4692	3840	1100	426	1970	2250
65	13/12/00	568	4546	3556	2232	2012	2132	1828
66	20/12/00	575	4814	3790	2324	2492	2638	2842
67	27/12/00	582	3970	-	1166	2254	1502	1154
68	03/01/01	589	-	-	-	-	1930	1850
69	11/01/01	597	4452	2410	1876	1058	2486	2216
70	16/01/01	602	3706	2980	1810	680	2700	1898
71	24/01/01	610	1876	994	550	9446	2572	2006
72	31/01/01	617	4238	3704	2346	932	2656	2102
73	07/02/01	624	-	3276	1308	1832	2474	2040
74	14/02/01	631	4910	3650	2628	2908	3018	2640
75	21/02/01	638	3948	3404	2056	2278	4612	2518
76	07/03/01	652	4168	3532	2016	2280	2860	2828
77	15/03/01	660	4260	3580	2600	2120	2720	2660
78	21/03/01	666	-	2980	2620	2180	-	-
79	04/04/01	680	2260	-	-	780	-	1940
80	11/04/01	687	3520	2160	1600	900	-	2140
81	18/04/01	694	3400	2400	1720	1300	-	2420
82	02/05/01	708	2360	1080	1960	1460	-	1580
83	09/05/01	715	2760	2400	1720	1660	-	1800
84	22/05/01	728	3260	2620	1580	1760	2260	1980
85	31/05/01	737	3540	2740	1680	1780	-	1980
86	07/06/01	744	3820	2700	1800	1840	-	1980
87	13/06/01	750	3966	2856	1676	1740	-	2138
88	21/06/01	758	2736	2404	1804	1384	1556	1728
89	28/06/01	765	4012	3650	3814	2122	-	4220
90	05/07/01	772	3118	2374	1740	1788	-	2146
91	12/07/01	779	2212	2370	1484	1564	-	1856
92	18/07/01	785	2362	1664	1240	1350	1152	1772
93	25/07/01	792	2156	1082	964	1318	1242	1430
94	01/08/01	799	2628	1882	1482	1312	-	1816
95	08/08/01	806	2686	1974	1388	1112	-	1922
96	15/08/01	813	3264	2228	1686	1582	-	1960
97	22/08/01	820	3238	1994	1570	1490	-	1974
98	29/08/01	827	3560	2424	2110	1634	-	-
99	05/09/01	834	2574	2330	2132	1570	-	1944
100	12/09/01	841	2494	1702	1764	1362	-	1680
101	19/09/01	848	2204	1556	1246	1306	-	1560

Tabela A12.2 – Concentração de sólidos fixos do lixiviado das células (mg/L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	4010	-	-	-	-	8972
3	08/06/99	14	9172	6950	8624	11086	6392	4444
4	16/06/99	22	11616	14856	15494	12404	13414	6504
5	23/06/99	29	10824	10314	13110	12020	8468	6288
6	05/07/99	41	11120	10490	10254	6868	8814	7050
7	14/07/99	50	11258	11066	10748	9580	6224	6908
8	21/07/99	57	11644	11118	11062	10056	7512	7344
9	28/07/99	64	9548	9098	8422	8498	21448	5192
10	02/08/99	69	8414	6578	6926	5936	3650	4790
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	4334
12	18/08/99	85	9770	8688	6658	6872	4508	4448
13	25/08/99	92	10638	10150	8030	7800	6272	4600
14	13/09/99	111	10596	10222	8258	7008	6768	4514
15	22/09/99	120	11150	6950	6152	6278	3794	4286
16	29/09/99	127	11054	-	6670	7416	4698	-
17	04/10/99	132	9500	7276	7020	7314	5658	4438
18	13/10/99	141	-	-	-	-	-	-
19	20/10/99	148	9192	5424	6252	5924	5672	4156
20	27/10/99	155	9774	6234	4786	5700	6126	3430
21	03/11/99	162	9798	6920	-	5368	6378	3624
22	17/11/99	176	5890	6956	5280	5136	-	3394
23	24/11/99	183	5736	5958	3830	4282	5908	3302
24	01/12/99	190	6038	6592	4158	4614	6538	3626
25	09/12/99	197	5978	6874	4498	4626	6290	2858
26	15/12/99	204	-	5152	4746	4196	3744	4088
27	22/12/99	211	5990	5458	4564	4270	4154	2686
28	05/01/00	225	6940	4956	4494	4488	4480	4002
29	13/01/00	232	6606	5218	4494	4456	4432	3574
30	19/01/00	239	5946	5434	4574	4600	4388	3454
31	26/01/00	246	5584	5156	4068	4236	4058	3008
32	03/02/00	254	5768	5246	3914	4170	3454	2674
33	09/02/00	260	5834	5216	3886	3660	3592	2498
34	16/02/00	267	5618	5080	3888	3296	2958	2394
35	23/02/00	274	5446	5166	3788	3350	3102	2384
36	02/03/00	282	5486	5338	3922	3680	3006	2644
37	09/03/00	289	4936	4934	3106	2670	2844	2484
38	13/03/00	293	9894	19814	2970	2714	2922	2794
39	21/03/00	301	5156	5108	3328	3250	3284	2604
40	30/03/00	310	5296	4772	3468	3328	4108	2832
41	05/04/00	316	5280	4902	3668	3620	3436	2552
42	12/04/00	323	5254	5422	3742	3280	2392	2494
43	19/04/00	330	3910	6222	2164	924	2302	2856
44	26/04/00	337	4244	4714	2230	2514	1802	2588
45	03/05/00	344	4546	4458	2692	3252	3342	1992
46	23/05/00	364	4926	4894	3090	2840	3026	2434
47	31/05/00	372	5058	-	3102	3000	2614	2460
48	14/06/00	386	3814	3368	3332	1082	2970	-
49	21/06/00	393	3006	2672	2600	630	866	1674
50	12/07/00	414	2560	3440	2440	560	2060	1260
51	19/07/00	421	3240	3600	2160	1560	1880	1400
52	26/07/00	428	3800	3760	2540	2360	2380	2220
53	09/08/00	442	2386	3616	2610	1074	1120	-
54	16/08/00	449	3860	3710	1656	2460	2586	-
55	21/08/00	454	3730	3824	2744	2478	2000	2260
56	05/10/00	499	3192	2788	1338	-	1178	1544
57	10/10/00	504	3262	2770	1392	600	1308	2032
58	25/10/00	519	3514	2560	1308	588	1302	1390
59	01/11/00	526	3624	3090	6502	-	2188	1656
60	08/11/00	533	3318	2878	1950	1504	1214	1548
61	16/11/00	541	3532	3110	1626	882	1736	1440
62	22/11/00	547	3236	3136	2026	1558	1918	1604

Tabela A12.2 – Concentração de sólidos fixos do lixiviado das células (mg/L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	3700	3250	1988	238	1934	1478
64	07/12/00	562	3684	2988	812	296	1612	1610
65	13/12/00	568	3638	2696	1582	1682	1584	1454
66	20/12/00	575	3750	2842	1696	1844	2016	1882
67	27/12/00	582	3210	-	1040	2096	1228	1040
68	03/01/01	589	-	-	-	-	1930	1850
69	11/01/01	597	3490	1672	1268	776	1846	1762
70	16/01/01	602	3034	2278	1348	462	2094	1582
71	24/01/01	610	948	224	90	-	1972	1394
72	31/01/01	617	3142	2554	1704	624	1956	1502
73	07/02/01	624	-	2280	920	1322	1800	1568
74	14/02/01	631	3720	2814	1980	1788	2198	1908
75	21/02/01	638	2996	2406	1460	1660	3922	1842
76	07/03/01	652	3136	2544	1378	1574	2086	2078
77	15/03/01	660	3760	2860	2080	1740	2180	2260
78	21/03/01	666	-	2040	2000	1760	-	-
79	04/04/01	680	1900	-	-	620	-	1560
80	11/04/01	687	2700	1560	1080	480	-	1580
81	18/04/01	694	2580	1620	1280	1080	-	1680
82	02/05/01	708	1880	560	1460	1080	-	1140
83	09/05/01	715	2200	1860	1420	1080	-	1460
84	22/05/01	728	2720	2100	1240	1380	1920	1720
85	31/05/01	737	2820	2180	1200	1480	-	1760
86	07/06/01	744	3080	2100	1380	1460	-	1640
87	13/06/01	750	3192	2242	1316	1424	-	1836
88	21/06/01	758	2202	1850	1286	1094	1118	1306
89	28/06/01	765	3006	2714	2832	1532	-	3246
90	05/07/01	772	2336	1770	1202	1254	-	1536
91	12/07/01	779	1564	1668	1162	1100	-	1424
92	18/07/01	785	1852	1358	950	1096	908	1530
93	25/07/01	792	1646	800	724	920	966	1140
94	01/08/01	799	2004	1394	956	918	-	1356
95	08/08/01	806	2138	1572	1140	930	-	1644
96	15/08/01	813	2632	1818	1350	1322	-	1752
97	22/08/01	820	2538	1582	1114	1130	-	1640
98	29/08/01	827	3004	1984	1630	1312	-	-
99	05/09/01	834	2036	1808	1746	1400	-	1510
100	12/09/01	841	1916	1322	1470	1008	-	1444
101	19/09/01	848	1682	1206	1094	1010	-	1260

Tabela A12.3 – Concentração de sólidos voláteis do lixiviado das células (mg /L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	25/05/99	0	-	-	-	-	-	-
2	01/06/99	7	3534	-	-	-	-	18766
3	08/06/99	14	18302	13008	12910	16198	9154	3846
4	16/06/99	22	12486	23630	23352	16240	25034	6556
5	23/06/99	29	17700	10518	14660	14188	7354	6782
6	05/07/99	41	13794	10510	10528	6498	7418	7360
7	14/07/99	50	14758	12814	12260	11394	7222	7660
8	21/07/99	57	15588	12256	11652	11154	7840	8682
9	28/07/99	64	12590	10210	8744	10258	5424	5002
10	02/08/99	69	11550	8060	7530	6794	3894	5120
11	11/08/99	78	-	-	-	-	-	8148
12	18/08/99	85	12240	10280	7508	7356	4506	4182
13	25/08/99	92	12938	11036	8326	7468	5718	3770
14	13/09/99	111	14374	11644	8272	5344	6556	3198
15	22/09/99	120	12956	7230	6244	5032	3616	3822
16	29/09/99	127	12102	-	7070	6282	4384	-
17	04/10/99	132	12906	8376	8732	5464	6198	3682
18	13/10/99	141	-	-	-	-	-	-
19	20/10/99	148	12982	6496	6750	2614	6034	4172
20	27/10/99	155	14446	6792	5982	2792	6636	2356
21	03/11/99	162	11424	7064	-	2178	6122	2084
22	17/11/99	176	4652	6100	3148	1564	-	2248
23	24/11/99	183	3162	4352	2976	1556	5734	2186
24	01/12/99	190	2540	3820	2880	1482	3792	3382
25	09/12/99	197	3330	4218	2866	1450	7266	1704
26	15/12/99	204	-	3928	2406	1042	3968	3586
27	22/12/99	211	2516	1972	1464	1022	4458	772
28	05/01/00	225	2944	1560	1102	1048	5574	2192
29	13/01/00	232	2936	1720	1314	1152	3594	1762
30	19/01/00	239	2806	1422	14744	1036	1124	1422
31	26/01/00	246	2112	1686	1380	1316	2608	1352
32	03/02/00	254	2588	1668	1272	1202	2064	644
33	09/02/00	260	1834	1502	936	748	2040	624
34	16/02/00	267	3036	1652	1182	1020	1740	600
35	23/02/00	274	1780	1534	1142	884	1480	548
36	02/03/00	282	1790	1592	1108	868	1118	754
37	09/03/00	289	1596	2206	1144	738	1788	826
38	13/03/00	293	2086	2122	1264	1016	1432	848
39	21/03/00	301	1524	1370	1102	744	982	598
40	30/03/00	310	1798	1848	986	848	1918	660
41	05/04/00	316	1562	1636	972	734	906	2234
42	12/04/00	323	1662	1186	744	666	618	494
43	19/04/00	330	1920	1610	966	574	478	688
44	26/04/00	337	1040	3360	792	952	428	540
45	03/05/00	344	1584	1998	938	1040	1680	886
46	23/05/00	364	4926	4894	3090	2840	3026	2434
47	31/05/00	372	5058	-	3102	3000	2614	2460
48	14/06/00	386	3814	3368	3332	1082	2970	-
49	21/06/00	393	3006	2672	2600	630	866	1674
50	12/07/00	414	2560	3440	2440	560	2060	1260
51	19/07/00	421	3240	3600	2160	1560	1880	1400
52	26/07/00	428	3800	3760	2540	2360	2380	2220
53	09/08/00	442	2386	3616	2610	1074	1120	-
54	16/08/00	449	3860	3710	1656	2460	2586	-
55	21/08/00	454	3730	3824	2744	2478	2000	2260
56	05/10/00	499	3192	2788	1338	-	1178	1544
57	10/10/00	504	3262	2770	1392	600	1308	2032
58	25/10/00	519	3514	2560	1308	588	1302	1390
59	01/11/00	526	3624	3090	6502	-	2188	1656
60	08/11/00	533	3318	2878	1950	1504	1214	1548
61	16/11/00	541	3532	3110	1626	882	1736	1440
62	22/11/00	547	3236	3136	2026	1558	1918	1604

Tabela A12.3 – Concentração de sólidos voláteis do lixiviado das células (mg /L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
63	30/11/00	555	3700	3250	1988	238	1934	1478
64	07/12/00	562	3684	2988	812	296	1612	1610
65	13/12/00	568	3638	2696	1582	1682	1584	1454
66	20/12/00	575	3750	2842	1696	1844	2016	1882
67	27/12/00	582	3210	-	1040	2096	1228	1040
68	03/01/01	589	-	-	-	-	1930	1850
69	11/01/01	597	3490	1672	1268	776	1846	1762
70	16/01/01	602	3034	2278	1348	462	2094	1582
71	24/01/01	610	948	224	90	-	1972	1394
72	31/01/01	617	3142	2554	1704	624	1956	1502
73	07/02/01	624	-	2280	920	1322	1800	1568
74	14/02/01	631	3720	2814	1980	1788	2198	1908
75	21/02/01	638	2996	2406	1460	1660	3922	1842
76	07/03/01	652	3136	2544	1378	1574	2086	2078
77	15/03/01	660	3760	2860	2080	1740	2180	2260
78	21/03/01	666	-	2040	2000	1760	-	-
79	04/04/01	680	1900	-	-	620	-	1560
80	11/04/01	687	2700	1560	1080	480	-	1580
81	18/04/01	694	2580	1620	1280	1080	-	1680
82	02/05/01	708	1880	560	1460	1080	-	1140
83	09/05/01	715	560	540	300	580	-	340
84	22/05/01	728	540	520	340	380	340	260
85	31/05/01	737	720	560	480	300	-	220
86	07/06/01	744	740	600	420	380	-	340
87	13/06/01	750	774	614	360	316	-	302
88	21/06/01	758	534	554	518	290	438	422
89	28/06/01	765	1006	936	982	590	-	974
90	05/07/01	772	782	604	538	534	-	610
91	12/07/01	779	648	702	322	464	-	432
92	18/07/01	785	510	306	290	254	244	242
93	25/07/01	792	510	282	240	398	276	290
94	01/08/01	799	624	488	526	394	-	460
95	08/08/01	806	548	402	248	182	-	278
96	15/08/01	813	632	410	336	260	-	208
97	22/08/01	820	700	412	456	360	-	334
98	29/08/01	827	556	440	480	322	-	-
99	05/09/01	834	538	522	386	170	-	434
100	12/09/01	841	578	380	294	354	-	236
101	19/09/01	848	522	350	152	296	-	300

Tabela A13.1 – Fração mássica de dióxido de carbono dos gases emitidos pelas células (%).

Relatório	DATA	t(dias)	G A S E S					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
5	23/06/99	29		14,2	2,7	69,5	0,0	9,7
6	05/07/99	41	0,7	2,6	1,8	63,9	3,0	4,8
7	14/07/99	50	1,1	1,8	0,6	14,7	0,2	2,1
8	21/07/99	57	35,3	1,5	0,3	8,9	3,2	12,7
9	28/07/99	64	2,9	0,0	12,0	5,7	0,0	0,0
10	02/08/99	69	17,9	4,8	78,4	79,3	11,0	13,1
11	11/08/99	78	0,0	4,5	9,4	33,6	0,0	0,0
12	18/08/99	85	0,0	9,5	0,0	50,3	0,0	0,0
13	25/08/99	92	24,3	0,0	0,0	0,0	0,0	84,4
14	13/09/99	111	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3
15	22/09/99	120	0,0	27,1	0,0	0,0	0,0	20,2
18	13/10/99	141	43,6	0,0	36,6	4,4	0,0	19,0
19	20/10/99	148		0,0	0,0	0,0	0,0	13,9
20	27/10/99	155	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0
21	03/11/99	162	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
22	17/11/99	176	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
23	24/11/99	183	17,4	21,3	16,7	0,0	0,0	0,0
24	01/12/99	190	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	09/12/99	198	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	15/12/99	204	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	22/12/99	211			0,0	0,0	0,1	0,0
28	05/01/00	225	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	26/01/00	246	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	2,7
32	03/02/00	254	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
36	02/03/00	282	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
38	13/03/00	293	23,5	11,8	15,8	4,1	0,0	4,1
39	21/03/00	301	20,9	10,7	35,9	0,0	1,0	2,3
41	05/04/00	316	83,3	67,6	84,5	4,6	0,0	89,2
43	19/04/00	330	0,0	27,2	78,0	87,5	0,0	87,2
44	26/04/00	337	0,0	76,6	70,7	10,2	23,8	85,6
45	03/05/00	344	79,7	61,9	0,0	79,6	35,9	23,0
47	31/05/00	372	74,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
48	14/06/00	386	67,3	6,9	1,5	86,2	18,5	82,3
49	21/06/00	393	46,7	0,0	86,3	27,2	10,4	5,5
50	12/07/00	414	50,4	0,0	19,7	9,0	6,8	76,1
51	19/07/00	421	0,0	34,1	89,0	49,0	39,1	68,6
52	26/07/00	428	38,5	52,8	87,5	0,0	0,0	73,9
53	09/08/00	442	18,1	0,0	70,1	0,0	27,1	7,5
54	16/08/00	449	35,1	37,4	0,0	0,0	0,0	48,0
56	05/10/00	499	73,4	19,0	19,6	4,0	8,0	20,0
57	10/10/00	504	56,8	12,0	27,3	14,6	7,4	17,0
59	01/11/00	526	44,2	16,3	45,9	36,3	28,0	5,1
60	08/11/00	533	70,3	14,6	0,0	0,0	28,7	0,0
61	16/11/00	541	54,8	50,0	18,1	0,0	79,2	18,2
62	22/11/00	547	76,1	36,7	40,7	4,1	3,1	28,9
64	07/12/00	562	88,1	41,8	19,0	19,4	56,0	63,2
65	13/12/00	568	83,3	51,3	51,5	51,8	78,4	88,9
66	20/12/00	575	82,5	56,0	70,2	62,5	84,2	91,4
73	07/02/01	624	88,8	23,2	89,8	25,2	39,6	87,7
74	14/02/01	631	82,4	4,8	87,8	0,0	32,8	86,3
75	21/02/01	638	86,1	15,8	90,8	4,7	35,9	86,1
77	15/03/01	660	0,0	0,0	42,9	0,0	0,0	0,0
78	21/03/01	666	-	0,0	19,3	0,9	50,6	34,9

Tabela A13.1 – Fração mássica de CO₂ dos gases emitidos pelas células (%) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	G A S E S					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
79	04/04/01	680	0,0	0,0	87,1	11,7	44,8	-
80	11/04/01	687	0,0	0,0	85,6	12,5	48,9	13,2
84	22/05/01	728	69,0	0,0	52,9	11,0	3,3	64,8
94	01/08/01	799	36,6	18,0	44,9	13,8	2,7	58,5
95	08/08/01	806	42,7	0,0	22,4	0,0	35,6	0,0
97	22/08/01	820	53,5	21,7	0,0	26,1	31,2	0,0
98	29/08/01	827	52,9	11,2	0,0	0,0	16,0	40,4
100	12/09/01	841	30,6	10,1	22,3	16,9	25,1	40,3
101	19/09/01	848	34,9	13,0	21,8	14,3	16,2	10,7

Tabela A13.2 – Fração mássica de metano dos gases emitidos pelas células (%).

Relatório	DATA	t(dias)	G A S E S					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
5	23/06/99	29	-	1,51	0,31	6,52	0,00	1,67
6	05/07/99	41	0,00	0,23	0,08	6,83	0,08	0,32
7	14/07/99	50	0,03	0,04	0,00	1,63	0,00	0,13
8	21/07/99	57	1,49	0,05	0,00	1,03	0,17	1,01
9	28/07/99	64	0,00	0,00	1,09	0,65	0,00	0,00
10	02/08/99	69	1,19	0,13	7,66	9,45	0,63	1,01
11	11/08/99	78	0,00	0,00	0,87	4,19	0,00	0,00
12	18/08/99	85	0,00	0,24	0,00	5,60	0,00	0,00
13	25/08/99	92	1,42	0,00	0,00	0,00	0,00	4,95
14	13/09/99	111	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
15	22/09/99	120	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	1,48
18	13/10/99	141	31,04	0,00	38,09	4,61	0,00	17,68
19	20/10/99	148	-	0,00	0,00	0,00	0,00	12,44
21	03/11/99	162	0,00	0,00	4,44	0,00	0,00	1,84
22	17/11/99	176	-	0,00	4,52	0,00	0,00	1,97
23	24/11/99	183	12,39	17,06	13,91	0,00	0,00	0,00
24	01/12/99	190	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	09/12/99	198	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	15/12/99	204	16,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	22/12/99	211	-	-	0,00	0,00	1,01	0,00
28	05/01/00	225	0,00	4,07	0,00	0,00	0,10	0,00
31	26/01/00	246	0,50	6,02	0,00	0,00	0,00	1,96
32	03/02/00	254	0,00	1,46	0,00	0,00	1,18	0,00
36	02/03/00	282	0,00	0,86	0,00	0,00	0,69	0,00
38	13/03/00	293	21,78	10,83	15,20	4,03	0,00	3,20
39	21/03/00	301	19,00	10,22	21,07	0,88	0,77	4,53
41	05/04/00	316	8,89	6,55	8,83	0,45	0,00	9,94
43	19/04/00	330	0,00	3,49	11,20	10,82	0,00	10,75
44	26/04/00	337	0,00	9,44	7,97	1,05	2,47	10,62
45	03/05/00	344	8,77	8,44	0,00	9,05	4,47	2,03
47	31/05/00	372	8,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48	14/06/00	386	7,84	0,70	-	10,11	2,07	9,75
49	21/06/00	393	5,78	0,00	11,85	3,32	1,32	0,71
50	12/07/00	414	5,84	0,00	2,43	1,09	0,75	9,25
51	19/07/00	421	0,00	4,28	10,60	5,60	4,55	7,39
52	26/07/00	428	4,08	6,21	10,40	0,00	0,00	8,29
53	09/08/00	442	1,96	0,00	7,01	0,00	3,24	0,72
54	16/08/00	449	3,48	4,50	0,00	0,00	0,00	5,50
56	05/10/00	499	8,16	2,07	2,28	0,51	0,72	1,81
57	10/10/00	504	8,42	1,30	3,11	1,78	0,74	1,60
59	01/11/00	526	4,91	1,88	6,10	4,15	3,00	0,53
60	08/11/00	533	8,14	1,59	0,00	0,00	3,19	0,00
61	16/11/00	541	6,34	5,58	2,05	0,00	8,87	1,73
62	22/11/00	547	8,86	4,11	4,15	0,40	0,28	2,75
64	07/12/00	562	9,99	5,80	2,41	2,40	6,25	6,77
65	13/12/00	568	9,03	5,54	5,49	6,20	8,53	9,31
66	20/12/00	575	7,59	5,08	5,88	5,58	7,39	7,96
73	07/02/01	624	10,24	2,74	10,16	3,13	3,19	9,81
74	14/02/01	631	8,87	0,00	9,83	0,00	3,68	12,06
75	21/02/01	638	5,33	1,03	7,82	5,30	4,01	13,00
77	15/03/01	660	0,00	0,00	5,56	0,00	0,00	0,00
78	21/03/01	666	-	0,00	2,34	0,00	5,55	3,54

Tabela A13.2 – Fração mássica de CH₄ dos gases emitidos pelas células (%) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	G A S E S					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
79	04/04/01	680	0,00	0,00	0,58	1,35	5,12	-
80	11/04/01	687	0,00	0,00	11,37	1,16	4,27	4,49
84	22/05/01	728	8,02	0,00	6,45	1,35	0,00	6,91
94	01/08/01	799	4,48	2,19	7,88	1,71	0,27	6,20
95	08/08/01	806	5,08	2,23	2,81	0,00	0,31	0,00
97	22/08/01	820	6,21	2,46	0,00	3,29	3,33	0,00
98	29/08/01	827	6,36	1,15	0,00	0,00	1,53	3,88
100	12/09/01	841	4,00	1,27	2,93	2,28	2,90	4,06
101	19/09/01	848	4,54	1,65	2,80	1,83	1,79	1,08

Tabela A13.3 – Fração mássica de gás nitrogênio dos gases emitidos pelas células (%).

Relatório	DATA	t(dias)	G A S E S					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
5	23/06/99	29	-	84,3	97,0	24,0	100,0	88,6
6	05/07/99	41	99,3	97,1	98,1	29,3	97,0	94,9
7	14/07/99	50	98,9	98,2	99,4	83,7	99,8	97,8
8	21/07/99	57	63,2	98,5	99,7	90,1	96,6	86,3
9	28/07/99	64	100,0	100,0	86,9	93,7	100,0	100,0
11	11/08/99	78	80,9	95,1	13,9	11,3	88,3	85,9
12	18/08/99	85	100,0	95,5	89,8	62,2	100,0	100,0
13	25/08/99	92	100,0	90,3	100,0	44,1	100,0	100,0
14	13/09/99	111	74,3	100,0	100,0	100,0	100,0	10,7
15	22/09/99	120	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,5
16	29/09/99	127	100,0	71,9	100,0	100,0	100,0	78,3
17	04/10/99	132	100,0	97,6	100,0	100,0	100,0	86,2
18	13/10/99	141	25,3	100,0	25,3	91,0	100,0	63,4
19	20/10/99	148	-	100,0	100,0	100,0	100,0	73,7
20	27/10/99	155	100,0	100,0	100,0	100,0	96,6	100,0
21	03/11/99	162	100,0	100,0	95,6	100,0	100,0	96,2
22	17/11/99	176	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,6
23	24/11/99	183	70,4	61,6	69,4	100,0	100,0	100,0
24	01/12/99	190	99,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
25	08/12/99	197	98,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
26	15/12/99	204	63,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
27	22/12/99	211	-	-	100,0	100,0	98,9	100,0
28	05/01/00	225	100,0	95,9	100,0	100,0	99,9	100,0
31	26/01/00	246	99,5	93,6	100,0	100,0	100,0	95,3
32	03/02/00	254	100,0	98,5	100,0	100,0	97,3	100,0
36	01/03/00	281	100,0	98,6	100,0	100,0	99,3	100,0
38	13/03/00	293	54,7	77,4	69,0	91,8	100,0	92,7
39	20/03/00	300	60,1	79,0	43,0	99,1	98,2	93,1
41	05/04/00	316	7,8	25,8	6,6	94,9	100,0	0,8
43	19/04/00	330	100,0	69,3	10,8	1,7	100,0	2,1
44	26/04/00	337	100,0	14,0	21,4	88,8	73,8	3,7
45	03/05/00	344	11,5	29,7	100,0	11,3	59,7	75,0
47	31/05/00	372	17,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
48	14/06/00	386	24,9	92,4	98,5	3,7	79,4	7,9
49	21/06/00	393	47,5	100,0	1,9	69,5	88,3	93,8
50	12/07/00	414	43,8	100,0	77,9	89,9	92,5	14,6
51	19/07/00	421	100,0	61,6	0,4	45,4	56,4	24,0
52	26/07/00	428	57,4	41,0	2,1	100,0	100,0	17,8
53	09/08/00	442	80,0	100,0	22,9	100,0	69,7	91,8
54	16/08/00	449	61,4	58,1	100,0	100,0	100,0	46,5
56	05/10/00	499	18,4	79,0	78,1	95,5	91,3	78,2
57	10/10/00	504	34,8	86,7	69,6	83,7	91,8	81,4
59	01/11/00	526	50,9	81,8	48,0	59,6	69,0	94,4
60	08/11/00	533	21,6	83,8	100,0	100,0	68,1	100,0
61	16/11/00	541	38,9	44,5	79,9	100,0	11,9	80,1
62	22/11/00	547	15,1	59,2	55,2	95,5	96,6	68,3
64	07/12/00	562	1,9	52,4	78,5	78,3	37,8	30,0
65	13/12/00	568	7,7	43,2	43,0	42,0	13,1	1,8
66	20/12/00	575	9,9	39,0	23,9	31,9	8,5	0,6
73	07/02/01	624	0,9	74,0	0,0	71,7	57,2	2,5
74	14/02/01	631	8,7	95,2	2,3	100,0	63,6	1,6
75	21/02/01	638	8,6	83,2	1,4	90,0	60,1	0,9

Tabela A13.3 – Fração mássica de N₂ dos gases emitidos pelas células (%) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	G A S E S					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
77	15/03/01	660	100,0	100,0	51,6	100,0	100,0	100,0
78	21/03/01	666	-	100,0	78,3	99,1	43,8	61,6
79	04/04/01	680	100,0	100,0	2,3	87,0	50,1	-
80	11/04/01	687	100,0	100,0	3,0	86,4	46,8	82,4
84	22/05/01	728	23,0	100,0	40,6	87,6	96,7	28,3
94	01/08/01	799	58,9	79,9	47,2	84,5	97,0	35,3
95	08/08/01	806	52,2	97,8	74,8	100,0	65,1	100,0
97	22/08/01	820	40,3	75,9	100,0	70,6	65,5	100,0
98	29/08/01	827	40,7	87,7	100,0	100,0	82,5	55,8
100	12/09/01	841	65,4	88,6	74,8	80,8	72,1	55,7
101	19/09/01	848	60,5	85,3	75,4	83,8	82,1	88,2

Tabela A14 – Volume lixiviado pelas células (L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
23	24/11/99	183	443	578	486	352	388	333
24	01/12/99	190	637	754	715	646	354	214
25	09/12/99	198	443	578	486	352	428	33
26	15/12/99	204	-	458	456	296	348	102
27	22/12/99	211	152	327	403	205	232	109
28	05/01/00	225	346	307	322	31	49	113
29	13/01/00	233	299	194	173	30	104	30
30	19/01/00	239	248	120	73	28	68	1
31	26/01/00	246	-	-	-	-	-	-
32	03/02/00	254	1	271	287	78	528	-
33	09/02/00	260	0	110	111	29	157	416
34	16/02/00	267	-	102	37	45	244	108
35	23/02/00	274	-	89	60	19	224	129
36	02/03/00	282	-	-	-	-	-	-
37	09/03/00	289	-	-	-	-	-	-
38	13/03/00	293	-	-	-	-	-	-
39	21/03/00	301	-	-	-	-	-	-
40	30/03/00	310	28	8	164	21	34	98
41	05/04/00	316	30	34	130	25	176	154
42	12/04/00	323	27	64	40	30	0	0
43	19/04/00	330	129	395	11	392	301	142
44	26/04/00	337	-	-	-	-	-	-
45	03/05/00	344	12	-	242	-	-	-
46	23/05/00	364	18	220	322	163	182	12
47	31/05/00	372	0	0	144	33	140	95
48	14/06/00	386	119	262	535	479	313	0
49	21/06/00	393	24	158	257	522	366	1
50	12/07/00	414	140	412	-	397	345	38
51	19/07/00	421	31	295	432	331	270	70
52	26/07/00	428	3	226	376	279	278	88
53	09/08/00	442	10	268	389	231	0	0
54	16/08/00	449	11	253	355	220	13	34
55	21/08/00	454	27	138	289	211	15	36
70	16/01/01	602	-	578	486	352	388	333
71	24/01/01	610	-	754	715	646	354	214
72	31/01/01	617	-	1332	1201	998	742	247
73	07/02/01	624	-	1790	1657	1294	1089	349
74	14/02/01	631	-	2117	2060	1499	1322	458
75	21/02/01	638	-	2424	2381	1530	1371	571
76	07/03/01	652	-	2618	2555	1560	1474	600
77	15/03/01	660	-	2738	2628	1587	1542	601
78	21/03/01	666	-	3009	2915	1665	2070	-
79	04/04/01	680	-	3119	3026	1694	2228	1018
80	11/04/01	687	-	3222	3063	1739	2472	1126
81	18/04/01	694	400	360	480	480	0	20

Tabela A14a – Volume de lixiviado recirculado (L).

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
82	02/05/01	708	-	-	-	-	-	-
83	09/05/01	715	-	-	-	-	-	-
84	22/05/01	728	160	247	587	20	2	40
85	31/05/01	737	67	120	443	12	0	17
86	07/06/01	744	205	105	385	23	0	15
87	13/06/01	750	0	105	395	3	0	0
88	21/06/01	758	-	-	-	-	-	-
89	28/06/01	765	180	253	511	82	0	11
90	05/07/01	772	100	106	405	67	0	6
91	12/07/01	779	43	320	520	105	0	20
92	18/07/01	785	125	502	820	108	3	16

Tabela A14a – Volume de lixiviado recirculado (L) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	PERCOLADO					
			C1	C2	C3	C4	C5	C6
93	25/07/01	792	207	490	745	120	3	30
94	01/08/01	799	151	305	260	60	0	5
95	08/08/01	806	40	160	73	8	0	5
96	15/08/01	813	20	108	109	0	0	0
97	22/08/01	820	0	104	69	0	0	0
98	29/08/01	827	20	100	80	0	0	0
99	05/09/01	834	5	120	100	0	0	20
100	12/09/01	841	5	4	6	3	0	3
101	19/09/01	848	5	5	5	3	0	2

Tabela A15 – Temperatura no interior das células (°C).

Relatório	DATA	t(dias)	T amb (°C)	PERCOLADO					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
15	22/09/99	120	21,0	24,8	22,2	21,1	19,0	21,2	22,0
16	29/09/99	127	19,5	24,5	23,7	23,6	24,5	23,0	25,2
17	04/10/99	132	15,8	24,4	22,6	21,5	22,5	23,8	25,9
18	13/10/99	141	18,8	25,7	22,5	21,5	21,4	23,3	26,7
19	20/10/99	148	26,2	24,2	23,6	21,5	22,8	22,7	24,6
20	27/10/99	155	29,0	24,4	23,6	24,1	23,9	23,3	24,8
21	03/11/99	162	27,6	-	-	-	-	-	-
22	17/11/99	176	27,3	25,2	23,5	23,3	23,4	22,8	24,9
23	24/11/99	183	28,8	25,8	24,1	24,2	24,3	24,3	25,0
24	01/12/99	190	30,4	25,9	24,4	24,4	24,6	23,6	25,0
25	09/12/99	197	24,1	25,5	24,4	25,0	24,8	24,1	24,9
26	15/12/99	204	27,4	25,8	24,9	24,8	25,0	24,1	25,5
27	22/12/99	211	30,9	26,1	25,0	25,2	25,1	25,2	26,8
28	05/01/00	225	31,8	26,7	25,8	25,7	25,6	25,5	26,1
29	13/01/00	232	32,8	27,0	25,7	26,6	26,6	25,8	26,6
30	19/01/00	239	30,0	27,8	26,1	27,7	27,9	27,6	29,6
31	26/01/00	246	27,4	26,7	25,7	26,0	26,1	25,9	27,2
32	03/02/00	254	27,4	26,2	25,6	26,3	26,6	26,5	28,5
33	09/02/00	260	33,6	28,7	27,2	27,3	27,6	26,7	27,9
34	16/02/00	267	27,4	27,9	26,6	26,9	27,4	27,3	27,7
35	23/02/00	274	30,8	28,9	27,4	27,5	27,6	26,3	27,6
36	02/03/00	282	32,2	30,0	27,9	28,8	29,4	28,3	29,1
37	09/03/00	289	26,4	28,8	27,0	25,8	28,2	27,2	28,8
38	13/03/00	293	29,0	29,6	26,9	27,2	27,2	27,2	28,0
39	21/03/00	301	28,2	28,1	26,9	27,0	25,2	26,0	27,2
40	30/03/00	310	28,6	29,2	27,5	27,2	27,1	26,6	27,1
41	05/04/00	316	30,4	28,4	26,3	26,7	26,8	26,8	27,8
42	12/04/00	323	20,2	26,3	24,3	26,7	26,4	26,5	29,2
43	19/04/00	330	23,8	29,4	27,9	26,1	25,9	25,5	27,3
44	26/04/00	337	28,6	-	-	-	-	-	-
45	03/05/00	344	23,8	28,9	26,8	27,2	26,6	26,5	27,2
46	23/05/00	364	21,8	28,3	26,7	26,7	26,8	24,4	24,7
47	31/05/00	372	14,6	28,2	25,6	26,6	23,5	24,8	23,6
48	14/06/00	386	29,4	27,5	26,8	26,5	25,6	22,9	26,8
49	21/06/00	393	13,9	24,9	21,4	21,5	20,3	21,1	24,0
50	12/07/00	414	11,8	20,3	20,7	17,7	12,1	19,6	17,5
51	19/07/00	421	11,8	24,7	20,9	20,6	21,0	19,9	23,7
52	26/07/00	428	16,0	24,6	24,4	24,0	23,7	23,0	22,8
53	09/08/00	442	21,4	25,0	24,2	23,4	22,1	21,5	23,7
54	16/08/00	449	19,4	25,1	22,9	18,8	17,5	19,0	20,5
55	21/08/00	454	29,4	25,1	24,3	24,1	25,2	25,3	24,6
56	05/10/00	499	20,8	22,3	22,2	19,6	18,3	19,9	21,9
57	10/10/00	504	19,4	22,5	22,4	20,4	20,3	20,1	22,3
58	25/10/00	519	26,0	21,9	22,5	22,2	20,9	21,9	25,0
59	01/11/00	526	33,4	23,4	23,0	22,5	22,8	22,4	23,6
60	08/11/00	533	29,0	22,9	22,1	22,4	21,6	22,7	24,0
61	16/11/00	541	24,2	23,4	22,8	22,4	21,7	22,1	22,3
62	22/11/00	547	33,0	24,3	22,9	24,3	23,3	23,1	23,7
63	30/11/00	555	23,2	24,7	22,4	23,5	22,4	22,2	22,0
64	07/12/00	562	33,0	25,3	23,2	23,9	23,2	23,1	23,3
65	13/12/00	568	34,2	25,7	26,4	24,7	24,4	24,3	24,9
66	20/12/00	575	30,5	23,8	24,0	23,5	24,2	24,6	25,6
67	27/12/00	582	34,5	29,0	27,9	25,5	25,3	24,7	25,0
68	03/01/01	589	33,2	38,5	34,5	33,0	32,9	25,8	25,1
69	11/01/01	597	25,2	27,7	25,7	25,0	24,5	23,8	24,6
70	16/01/01	602	28,0	26,4	26,9	26,2	26,3	27,0	26,7
71	24/01/01	610	30,8	30,2	27,1	33,9	35,5	38,2	32,3
72	31/01/01	617	27,3	27,4	26,4	25,5	25,3	25,8	25,7

Tabela A15 – Temperatura no interior das células (°C) – continuação.

Relatório	DATA	t(dias)	T amb (°C)	P E R C O L A D O					
				C1	C2	C3	C4	C5	C6
73	07/02/01	624	34,4	30,1	26,7	27,0	26,6	26,5	25,8
74	14/02/01	631	29,9	27,1	26,3	26,3	25,9	26,0	25,6
75	21/02/01	638	34,0	27,1	26,6	26,5	26,2	25,8	25,4
76	07/03/01	652	28,0	29,1	29,4	28,1	28,4	28,2	29,9
77	15/03/01	660	28,8	27,5	27,2	27,2	26,7	26,6	26,4
78	21/03/01	666	32,8	30,7	27,8	27,9	26,3	27,1	26,5
79	04/04/01	680	26,2	28,0	26,2	24,8	25,6	24,4	26,0
80	11/04/01	687	26,4	-	-	-	-	-	-
81	18/04/01	694	29,8	-	-	-	-	-	-
82	02/05/01	708	20,0	-	-	-	-	-	-
83	09/05/01	715	19,6	-	-	-	-	-	-
84	22/05/01	728	22,6	-	-	-	-	-	-
85	31/05/01	737	30,6	-	-	-	-	-	-
86	07/06/01	744	21,8	-	-	-	-	-	-
87	13/06/01	750	27,0	-	-	-	-	-	-
88	21/06/01	758	12,4	22,3	23,7	20,4	23,8	19,5	24,4
89	28/06/01	765	19,6	24,7	24,8	20,2	23,4	22,4	24,9
90	05/07/01	772	19,2	24,0	24,5	23,8	24,1	22,8	23,8
91	12/07/01	779	13,6	20,1	24,3	20,7	23,7	20,8	24,5
92	18/07/01	785	19,0	19,9	23,0	18,9	23,3	20,0	24,2
93	25/07/01	792	21,4	22,2	20,3	21,4	22,6	21,9	24,3
94	01/08/01	799	30,6	24,8	23,6	21,1	22,8	22,8	24,1
95	08/08/01	806	21,0	23,4	23,2	21,8	22,4	21,7	22,8
96	15/08/01	813	29,9	22,4	22,8	21,9	21,7	21,8	23,3
97	22/08/01	820	19,8	21,4	22,6	22,2	20,4	20,1	21,3
98	29/08/01	827	19,6	21,8	22,7	22,4	21,3	21,0	22,6
99	05/09/01	834	19,2	20,9	22,5	20,6	20,8	20,0	23,3
100	12/09/01	841	19,2	22,3	21,7	21,5	21,3	20,4	20,5
101	19/09/01	848	24,2	22,5	21,6	20,6	22,1	21,7	23,1

Tabela A16 – Resultados quantitativos para os microrganismos aeróbicos presentes no lixiviado das células (UFC/100 mL).

Relatório	DATA	t(dias)	Microrganismos indicadores	C1	C2	C3	C4	C5	C6
3	08/06/99	14	Mesófilos hemolíticos	0	>3.10 ⁶	>3.10 ⁶	1,2.10 ³	>3.10 ⁶	0
			Coliformes totais	0	9,1.10 ¹	0	3,6.10 ¹	0	4.10 ⁴
			Coliformes fecais	0	3,6.10 ¹	0	0	0	0
6	05/07/99	41	Mesófilos hemolíticos	0	0	0	>3.10 ⁶	0	0
			Coliformes totais	3,6.10 ¹	6,1.10 ¹	7,3.10 ¹	9,1.10 ¹	7,2.10 ¹	6,2.10 ¹
			Coliformes fecais	0	0	3,6.10 ¹	0	0	0
11	11/08/99	78	Mesófilos hemolíticos	1,2.10 ⁵	1,2.10 ⁵	7,0.10 ⁴	4,4.10 ⁴	0	0
			Coliformes totais	3,0.10 ¹	3,0.10 ¹	1,1.10 ³	9,3.10 ¹	1,5.10 ³	9,1.10 ¹
			Coliformes fecais	3,0.10 ¹	3,0.10 ¹	3,0.10 ¹	0	0	0
14	13/09/99	111	Mesófilos hemolíticos	0	0	0	1,5.10 ⁴	0	0
			Coliformes totais	2,7.10 ²	6,1.10 ¹	1,4.10 ²	7,2.10 ¹	1,5.10 ³	4,3.10 ³
			Coliformes fecais	3,0.10 ¹	0	7,0.10 ¹	0	0	0
17	04/10/99	132	Mesófilos hemolíticos	2,0.10 ⁴	2,0.10 ³	1,0.10 ⁴	1,4.10 ⁵	1,0.10 ⁴	0
			Coliformes totais	4,3.10 ³	1,1.10 ²	0	3,5.10 ²	7,2.10 ¹	4,9.10 ³
			Coliformes fecais	3,0.10 ¹	3,6.10 ¹	0	9,1.10 ¹	0	0
26	15/12/99	204	Mesófilos hemolíticos	0	1,0.10 ⁴	0	2,6.10 ⁵	0	8,0.10 ²
			Coliformes totais	4,4.10 ³	2,1.10 ³	0	3,5.10 ²	1,9.10 ²	4,6.10 ³
			Coliformes fecais	0	3,6.10 ¹	0	0	0	0
39	21/3/00	301	Mesófilos hemolíticos	0	0	0	0	0	0
			Coliformes totais	0	0	0	3,6.10 ¹	0	3,6.10 ¹
			Coliformes fecais	0	0	0	3,0.10 ⁰	0	3,0.10 ⁰
44	26/04/00	337	Mesófilos hemolíticos	1,0.10 ³	0	0	0	0	1,0.10 ²
			Coliformes totais	0	0	0	0	0	0
			Coliformes fecais	0	0	0	0	0	0
53	09/08/00	442	Mesófilos hemolíticos	1,0.10 ²	0	0	0	0	0
			Coliformes totais	0	0	0	0	0	0
			Coliformes fecais	0	0	0	0	0	0
54	16/08/00	449	Mesófilos hemolíticos	0	0	0	0	0	0
			Coliformes totais	0	0	0	0	0	0
			Coliformes fecais	0	0	0	0	0	0
80	11/04/01	687	Mesófilos hemolíticos	0	0	1,0.10 ³	2,0.10 ³	-	1,8.10 ³
			Coliformes totais	9,1.10 ⁰	9,1.10 ⁰	3,6.10 ⁰	3,6.10 ⁰	-	2,3.10 ¹
			Coliformes fecais	9,1.10 ⁰	9,1.10 ⁰	0	3,6.10 ⁰	-	3,6.10 ⁰

Tabela A17 – Verificação da presença de clostrídios sulfito-redutores no lixiviado das células.

Relatório	DATA	t(dias)	C1	C2	C3	C4	C5	C6
3	08/06/99	14	+	+	+	+	+	+
6	05/07/99	41	+	+	+	+	+	+
11	11/08/99	78	-	-	-	+	-	-
14	13/09/99	111	+	+	-	+	-	+
17	04/10/99	132	-	-	+	-	-	+
26	15/12/99	204	-	-	-	-	-	-
39	21/03/00	301	-	-	-	-	-	-
44	26/04/00	337	-	-	-	-	-	-
53	09/08/00	442	-	-	-	-	-	-
54	16/08/00	449	-	-	-	-	-	-
80	11/04/01	687	-	-	-	-	-	-

Legenda: presença + ausência -

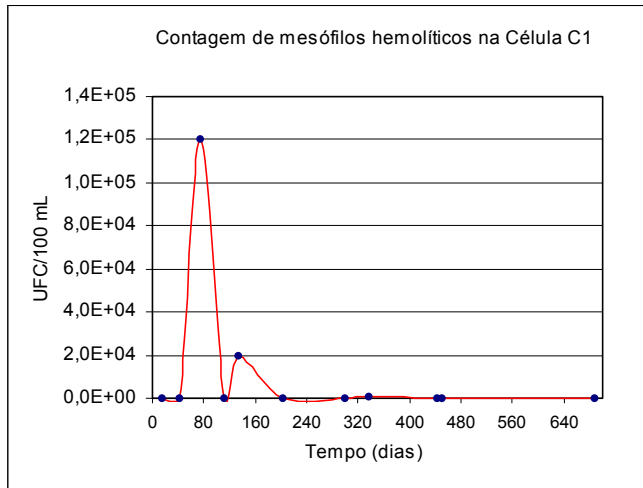


Figura A1a – Contagem de mesófilos hemolíticos Célula C1.

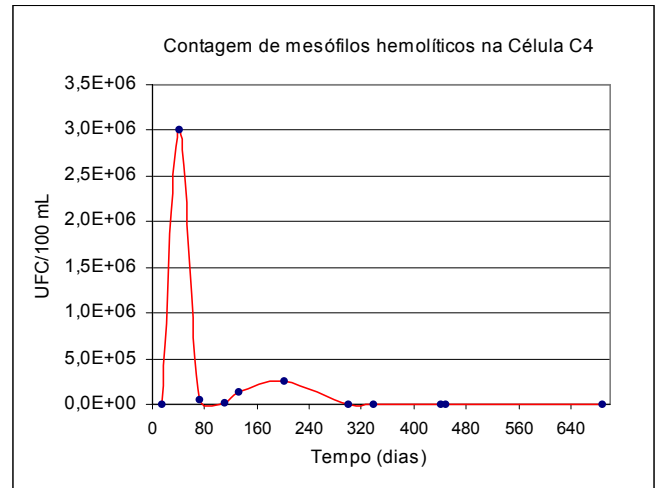


Figura A1d – Contagem de mesófilos hemolíticos Célula C4.

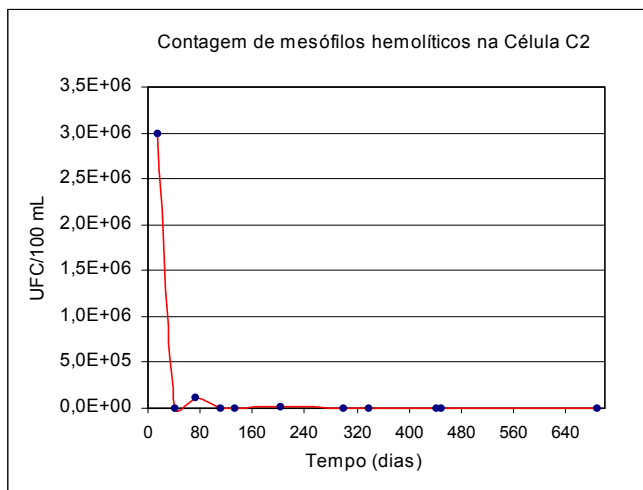


Figura A1b – Contagem de mesófilos hemolíticos Célula C2.

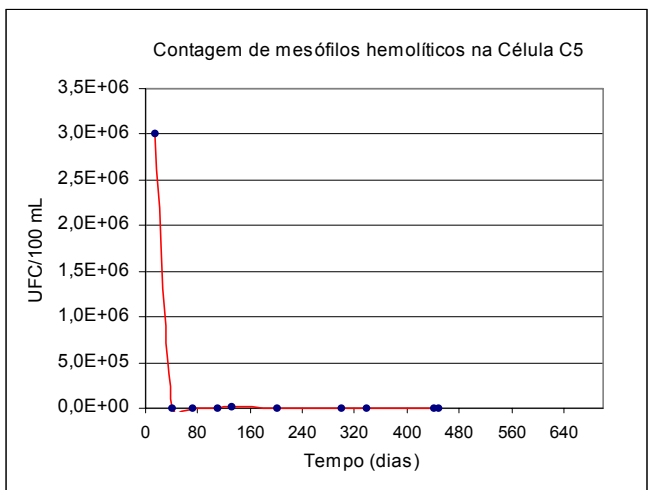


Figura A1e – Contagem de mesófilos hemolíticos Célula C5.

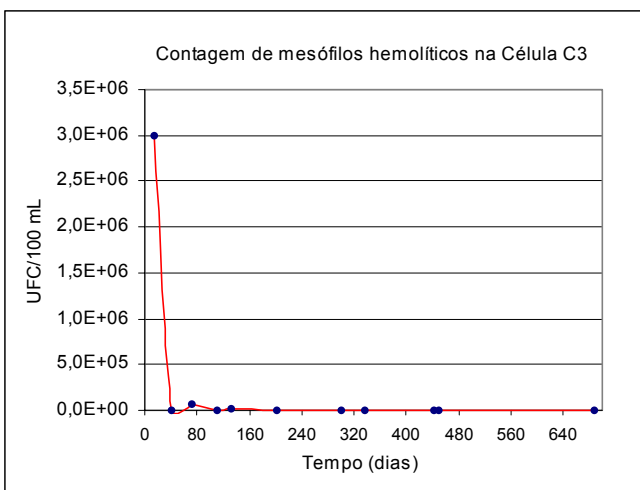


Figura A1c – Contagem de mesófilos hemolíticos Célula C3.

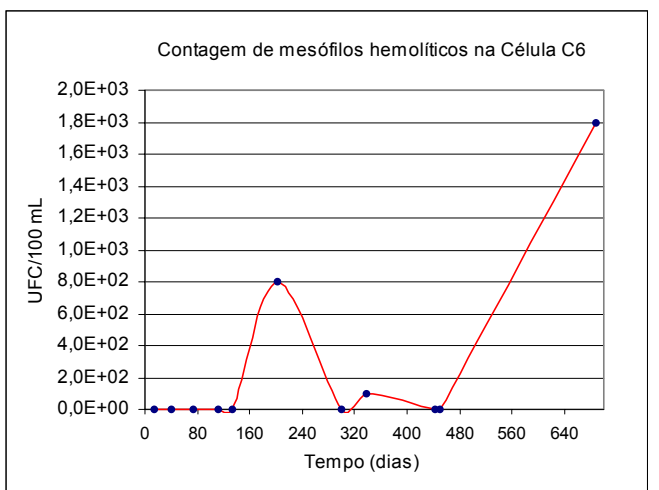


Figura A1f – Contagem de mesófilos hemolíticos Célula C6.

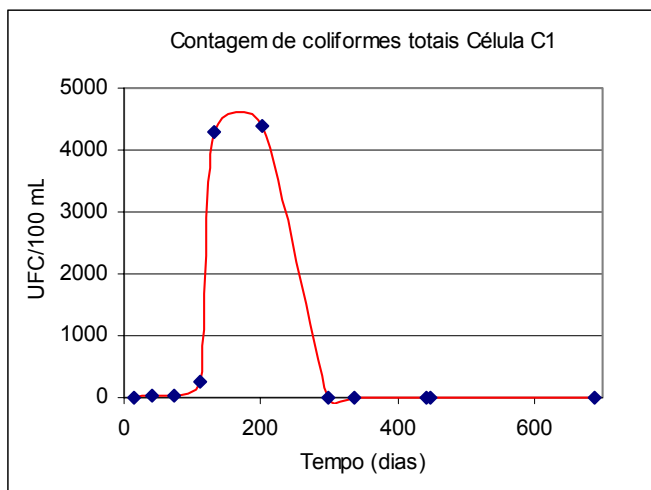


Figura A2a – Contagem de coliformes totais Célula C1.

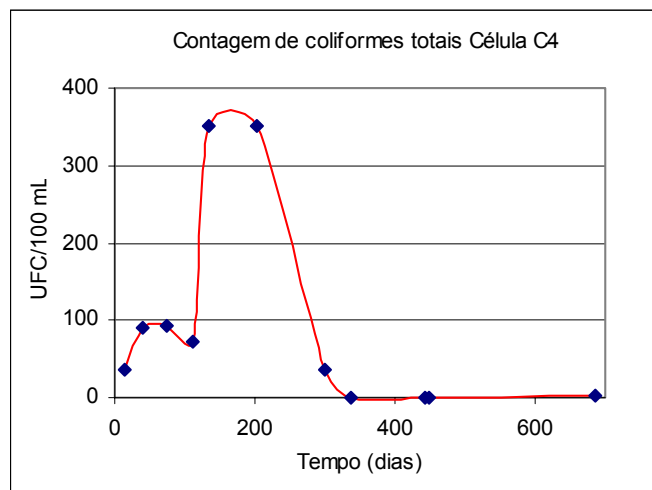


Figura A2d – Contagem de coliformes totais Célula C4.

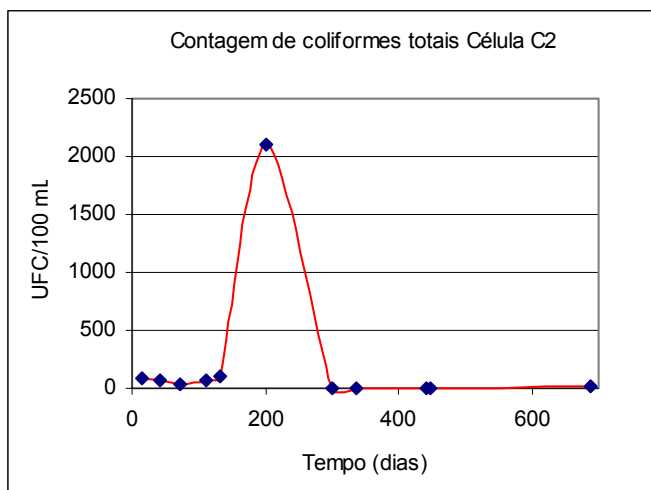


Figura A2b – Contagem de coliformes totais Célula C2.

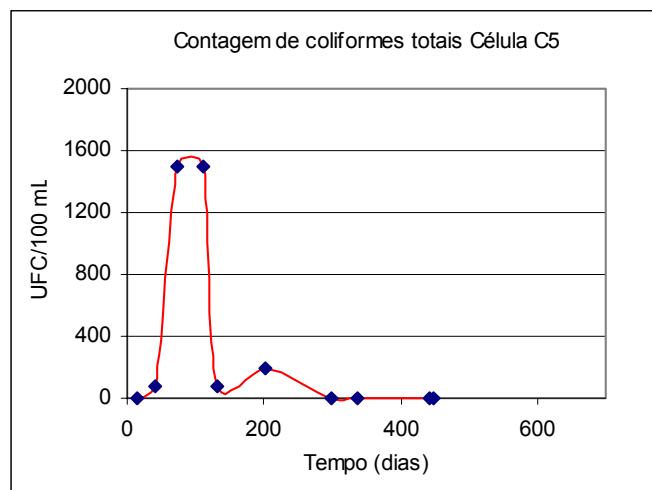


Figura A2e – Contagem de coliformes totais Célula C5.

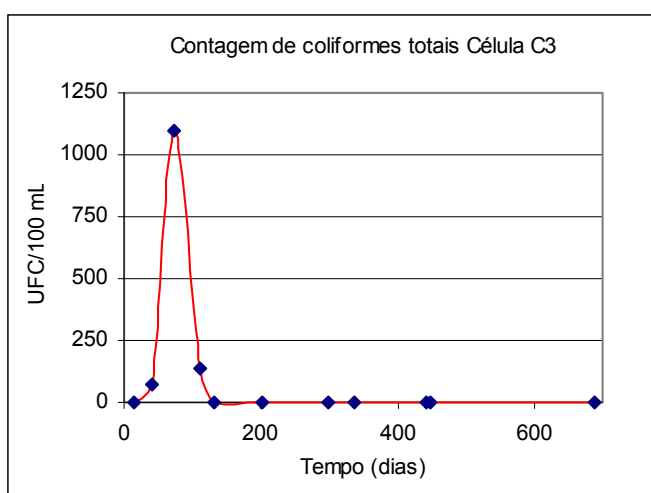


Figura A2c – Contagem de coliformes totais Célula C3.

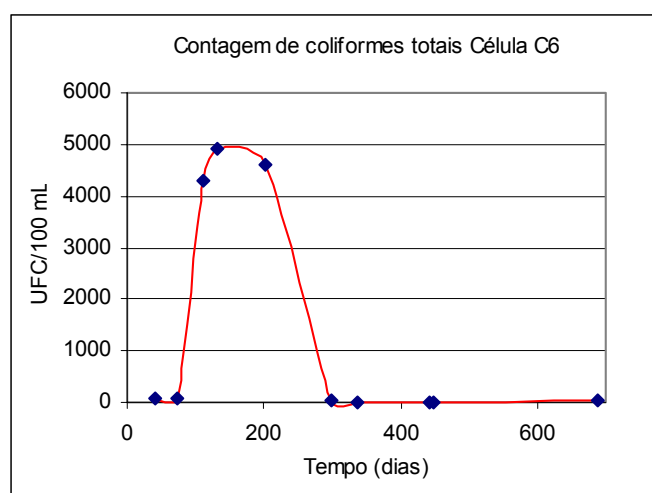


Figura A2f – Contagem de coliformes totais Célula C6.

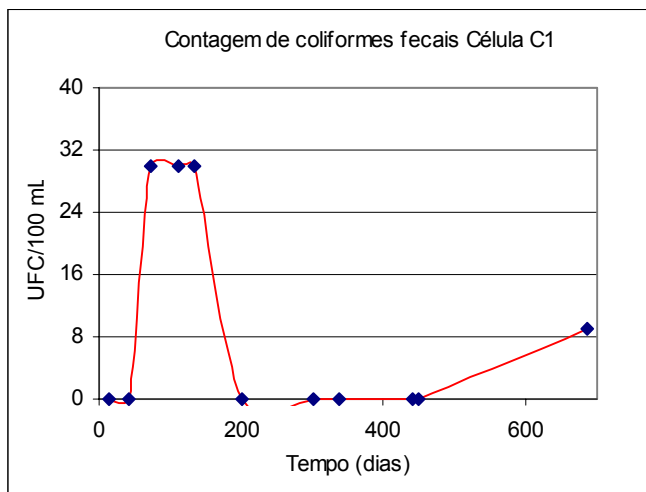


Figura A3a – Contagem de coliformes fecais Célula C1.

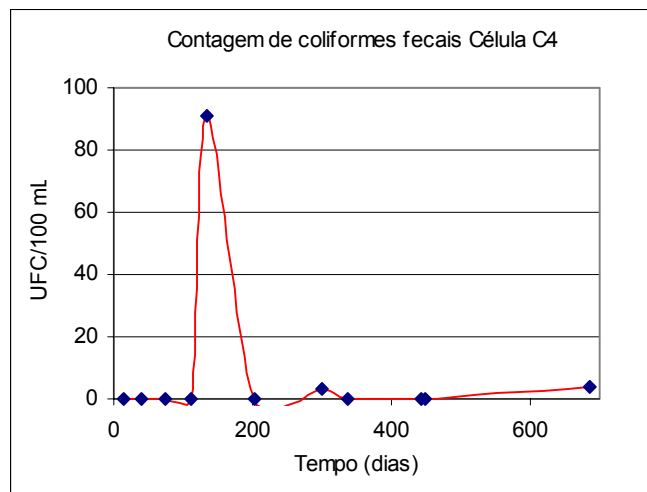


Figura A3d – Contagem de coliformes fecais Célula C4.

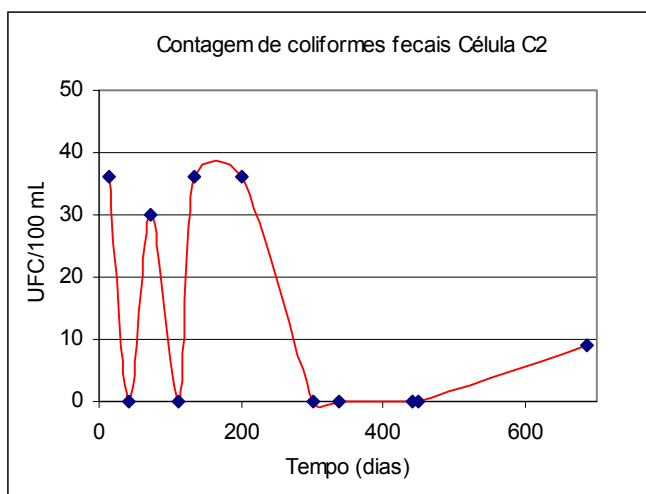


Figura A3b – Contagem de coliformes fecais Célula C2.

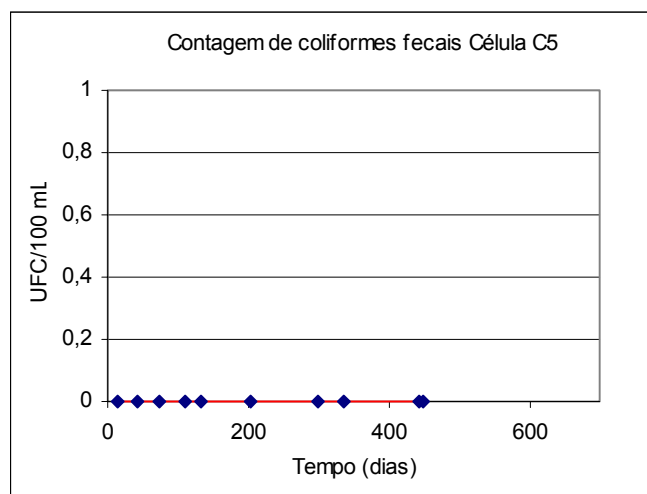


Figura A3e – Contagem de coliformes fecais Célula C5.

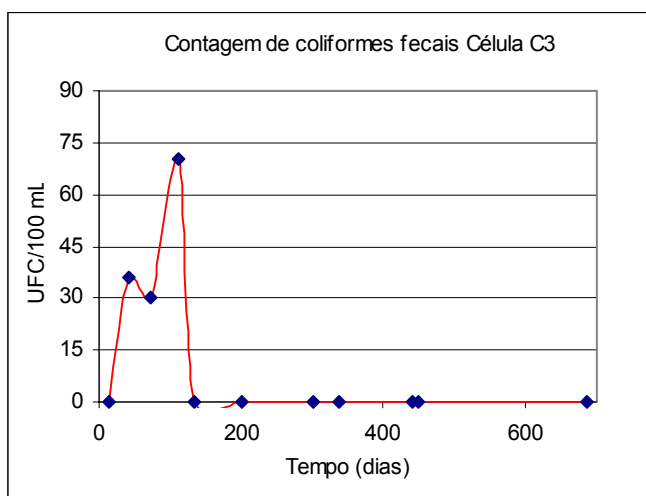


Figura A3c – Contagem de coliformes fecais Célula C3.

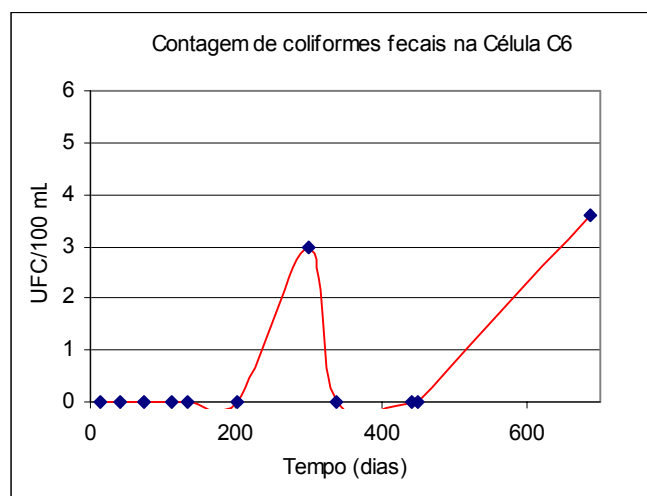


Figura A3f – Contagem de coliformes fecais Célula C6.

Tabela A18 – Espécies de microrganismos encontradas no lixiviado das células de codisposição (24/11/99).

MICROORGANISMO	RELATÓRIO 23			24/11/99	183 dias	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CTB aeróbios (UFC/mL)	9,1.10 ⁶	11,2.10 ⁶	8,4.10 ⁶	2,8.10 ⁵	1,8.10 ⁵	1,4.10 ⁶
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/mL)	A	3,6.10 ⁴	3,1.10 ⁴	A	A	A
<i>Shigella sp</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
<i>Proteus sp</i> (UFC/mL)	1,2.10 ⁶	1,6.10 ⁶	4,9.10 ⁵	1,3.10 ³	A	A
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
<i>Leptospira spp</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
Clostrídios sulfito-redutores (UFC/mL)	P	P	P	P	P	P
<i>Streptococcus sp</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
<i>Vibrio cholerae</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
Rotavírus (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A

A = ausentes P = presentes

Tabela A19 – Espécies de microrganismos encontradas no lixiviado das células de codisposição (13/3/00).

MICROORGANISMO	RELATÓRIO 38			13/3/00	293 dias	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
CTB aeróbios (UFC/mL)	5,6.10 ⁶	4,8.10 ⁶	1,2.10 ⁶	6,4.10 ⁵	2,1.10 ⁵	8,5.10 ⁵
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/mL)	A	0,2.10 ⁴	3,0.10 ⁴	A	A	A
<i>Shigella sp</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
<i>Proteus sp</i> (UFC/mL)	1,2.10 ⁵	1,0.10 ⁶	0,8.10 ⁵	0,2.10 ³	A	A
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
<i>Leptospira spp</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
Clostrídios sulfito-redutores (UFC/mL)	P	P	P	P	P	P
<i>Streptococcus sp</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
<i>Vibrio cholerae</i> (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A
Rotavírus (UFC/mL)	A	A	A	A	A	A

A = ausentes P = presentes

Tabela A20.1 – Concentração de *Escherichia coli* (NMP/mL) – Etapa 3 (Inoculação).

Tempo (h)	RA1	RA2	RA3	Média RA	RB1	RB2	RB3	Média RB	RC1	RC2	RC3	Média RC	Br A	Br B	Br C
	pH 5				pH 7				pH 9				pH 5	pH 7	pH 9
0	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
24	1,60E+05	1,30E+04	6,60E+05	2,78E+05	2,00E+06	3,30E+05	2,00E+04	7,83E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
48	1,41E+06	4,17E+05	4,10E+06	1,98E+06	0,00E+00	1,27E+03	1,59E+05	5,34E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
72	1,18E+08	1,22E+07	6,63E+07	6,56E+07	1,18E+08	1,22E+07	3,55E+07	5,52E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
120	1,99E+07	4,53E+06	1,17E+05	8,17E+06	8,10E+05	1,50E+05	0,00E+00	3,20E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
144	5,33E+07	2,45E+07	5,24E+07	4,34E+07	3,00E+06	2,20E+06	2,50E+06	2,57E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
168	5,80E+07	3,00E+07	6,67E+04	2,94E+07	5,73E+03	0,00E+00	1,67E+03	2,47E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
216	3,47E+08	2,43E+08	9,90E+07	2,30E+08	6,50E+04	5,60E+05	1,03E+05	2,43E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
288	3,30E+06	9,20E+08	2,30E+06	3,09E+08	1,40E+04	3,00E+03	1,07E+04	9,23E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
384	1,64E+08	7,10E+07	2,70E+05	7,84E+07	3,40E+04	6,70E+02	1,20E+02	1,16E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
528	9,70E+06	2,10E+06	1,25E+06	4,35E+06	5,57E+05	2,32E+05	1,60E+02	2,63E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela A20.2 – Concentração de *Pseudomonas aeruginosa* (NMP/mL) – Etapa 3 (Inoculação).

Tempo (h)	RA1	RA2	RA3	Média RA	RB1	RB2	RB3	Média RB	RC1	RC2	RC3	Média RC	BrA	Br B	Br C
	pH 5				pH 7				pH 9				pH 5	pH 7	pH 9
0	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	3,00E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
24	5,37E+03	3,70E+03	2,83E+03	3,97E+03	3,70E+07	5,07E+07	1,00E+08	6,26E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
48	6,00E+03	5,33E+03	4,33E+03	5,22E+03	1,70E+08	5,80E+08	5,70E+08	4,40E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
72	1,20E+03	1,63E+03	1,33E+02	9,89E+02	9,88E+08	1,39E+09	9,68E+08	1,12E+09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
96	6,67E+02	1,00E+03	0,00E+00	5,56E+02	9,04E+11	1,15E+10	1,17E+12	6,96E+11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
120	5,00E+01	1,40E+03	0,00E+00	4,83E+02	2,80E+11	7,40E+11	1,70E+11	3,97E+11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
168	-	8,00E+02	0,00E+00	4,00E+02	1,30E+11	4,50E+10	1,07E+12	4,15E+11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
240	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,40E+06	-	1,30E+05	1,77E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
312	5,67E+02	6,60E+03	0,00E+00	2,39E+03	0,00E+00	3,07E+03	0,00E+00	1,02E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela A20.3 – Concentração de *Staphylococcus aureus* (NMP/mL) – Etapa 3 (Inoculação).

Tempo (h)	RA1	RA2	RA3	Média RA	RB1	RB2	RB3	Média RB	RC1	RC2	RC3	Média RC	Br A	Br B	Br C
	pH 5				pH 7				pH 9				pH 5	pH 7	pH 9
0	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	1,23E+13	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
24	5,02E+04	7,97E+04	3,33E+02	4,34E+04	3,00E+05	7,75E+07	1,40E+09	4,93E+08	4,07E+04	3,09E+04	3,64E+04	3,60E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
48	1,00E+03	5,00E+04	8,67E+02	1,73E+04	3,39E+07	8,00E+06	4,17E+09	1,40E+09	1,04E+05	3,07E+04	1,90E+04	5,12E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
72	0,00E+00	2,62E+04	0,00E+00	8,72E+03	3,17E+06	4,98E+07	1,47E+10	4,92E+09	5,00E+04	3,33E+03	0,00E+00	1,78E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
96	0,00E+00	3,00E+03	0,00E+00	1,00E+03	7,50E+06	1,27E+08	2,27E+11	7,56E+10	7,33E+04	3,33E+01	0,00E+00	2,45E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
120	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,33E+06	7,67E+07	1,23E+11	4,10E+10	3,33E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,11E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
144	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,07E+06	2,77E+07	1,33E+09	4,53E+08	5,17E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,72E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
168	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,76E+05	9,28E+06	1,33E+08	4,75E+07	4,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,37E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
192	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,33E+04	6,67E+06	2,64E+07	1,10E+07	6,00E+02	0,00E+00	0,00E+00	2,00E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
250	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,37E+04	1,67E+06	5,17E+06	2,29E+06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
322	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,50E+03	3,77E+05	5,00E+05	2,94E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

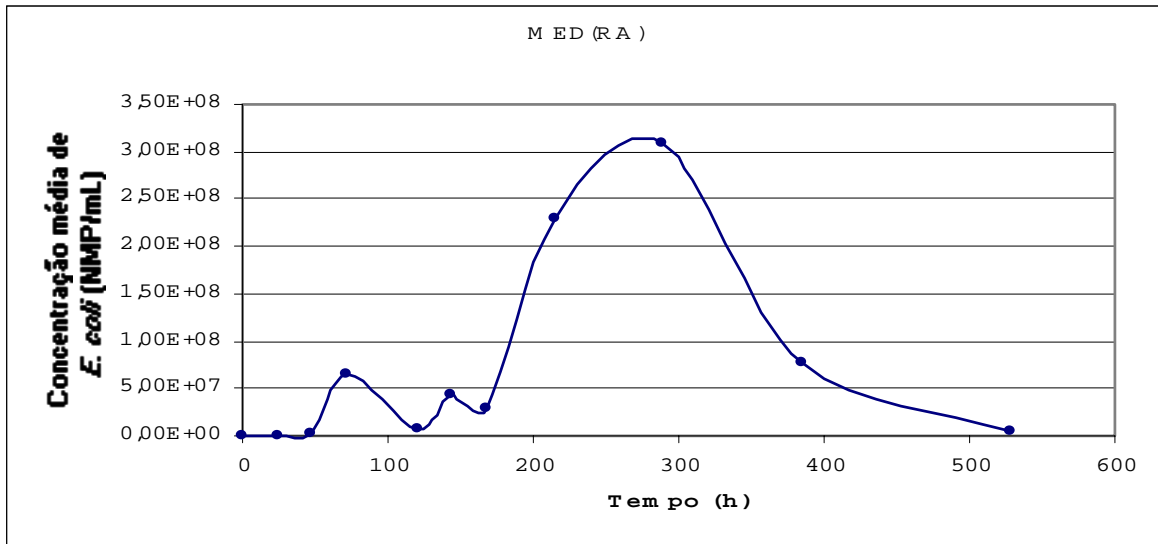


Figura A4a – Concentração média de *Escherichia coli* no pH 5 (NMP/mL).

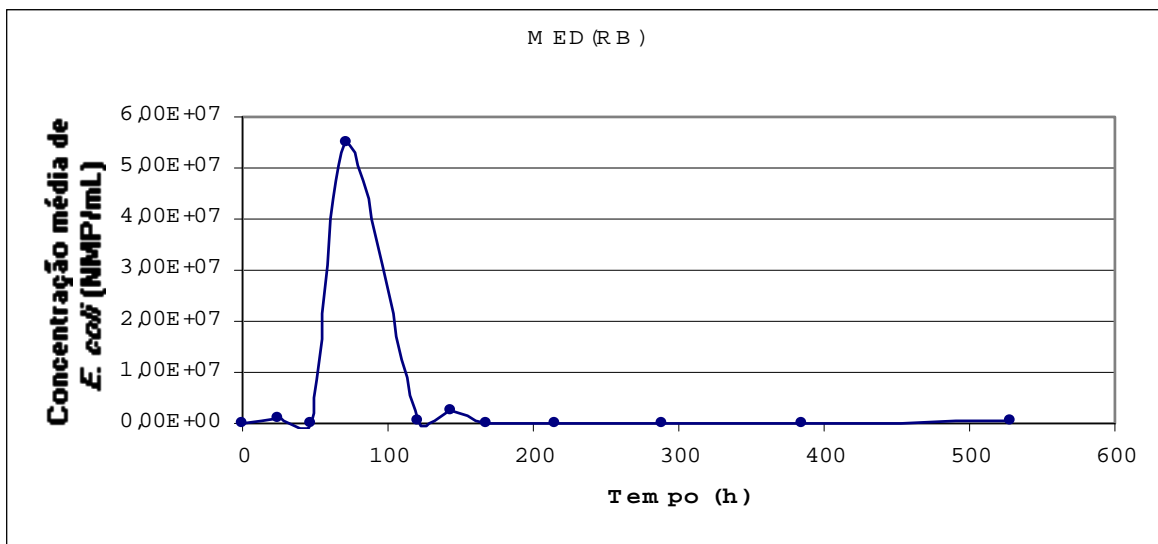


Figura A4b – Concentração média de *Escherichia coli* no pH 7 (NMP/mL).

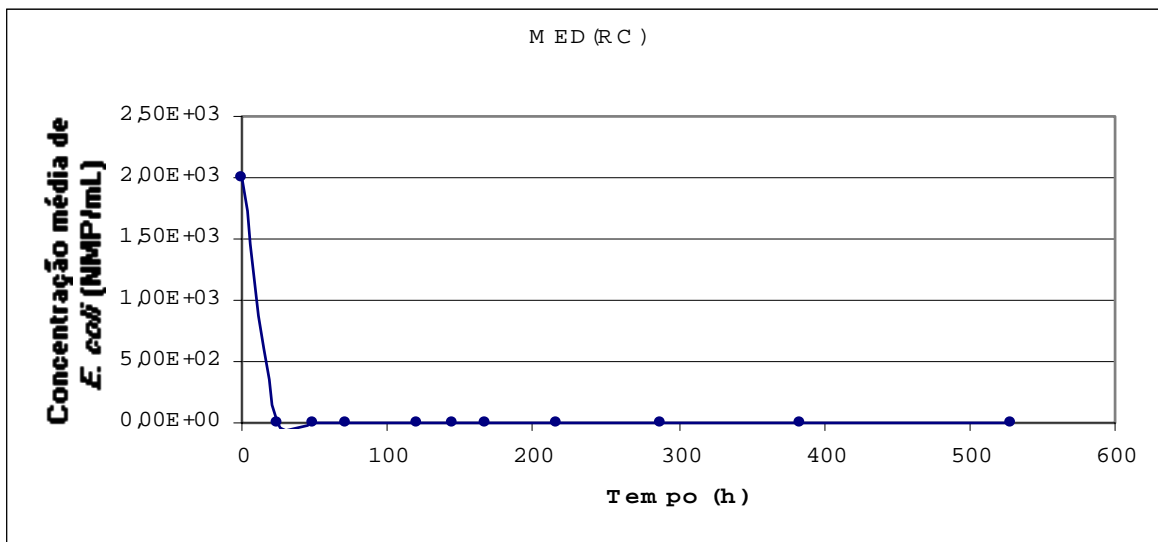


Figura A4c – Concentração média de *Escherichia coli* no pH 9 (NMP/mL).

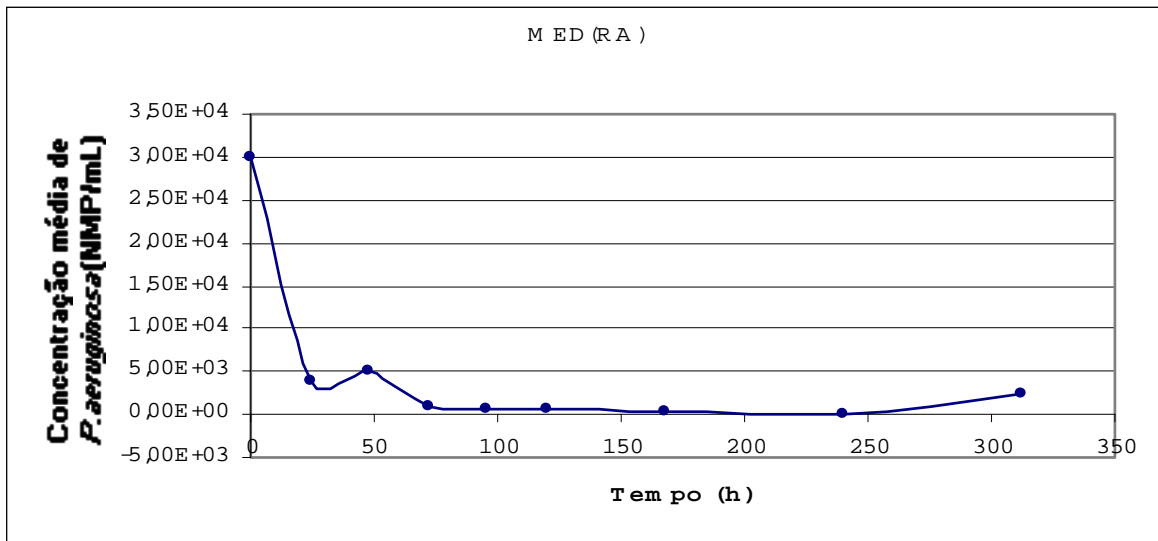


Figura A5a – Concentração média de *Pseudomonas aeruginosa* no pH 5 (NMP/mL).

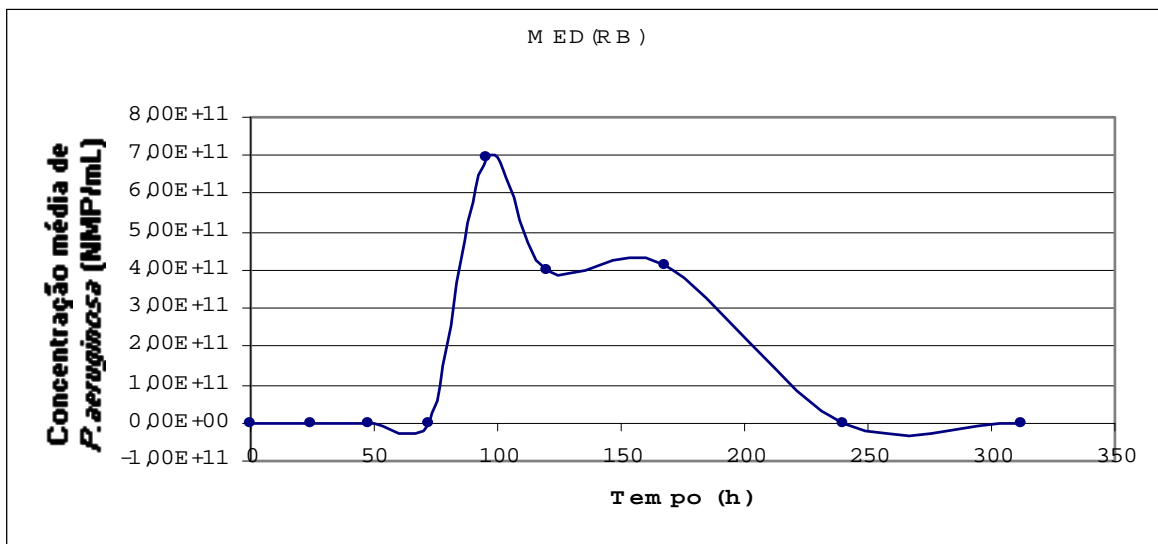


Figura A5b – Concentração média de *Pseudomonas aeruginosa* no pH 7 (NMP/mL).

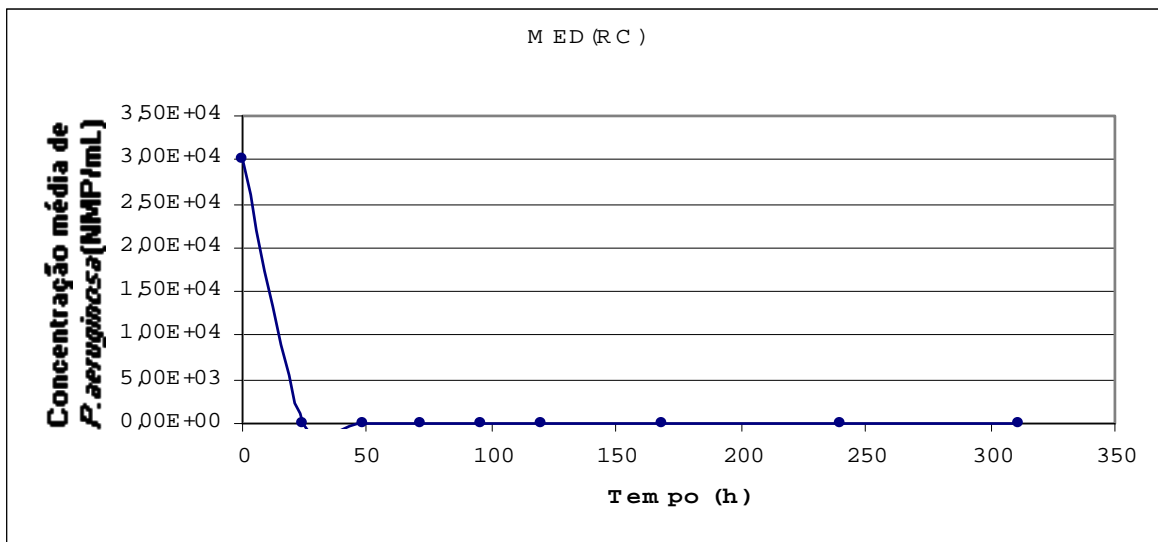


Figura A5c – Concentração média de *Pseudomonas aeruginosa* no pH 9 (NMP/mL).

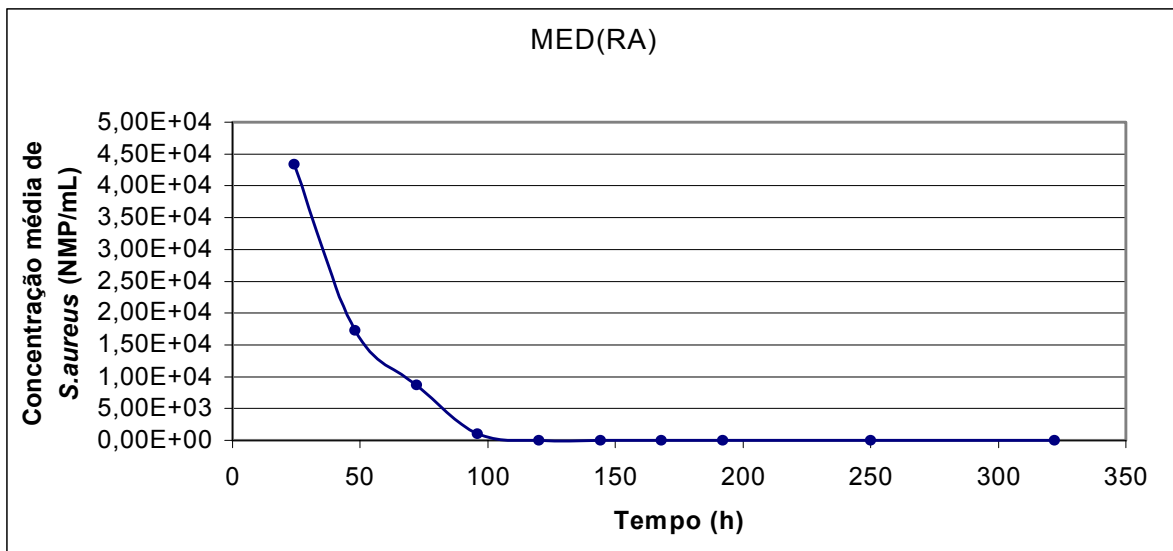


Figura A6a – Concentração média de *S. aureus* no pH 5 (NMP/mL), a partir de 24 h.

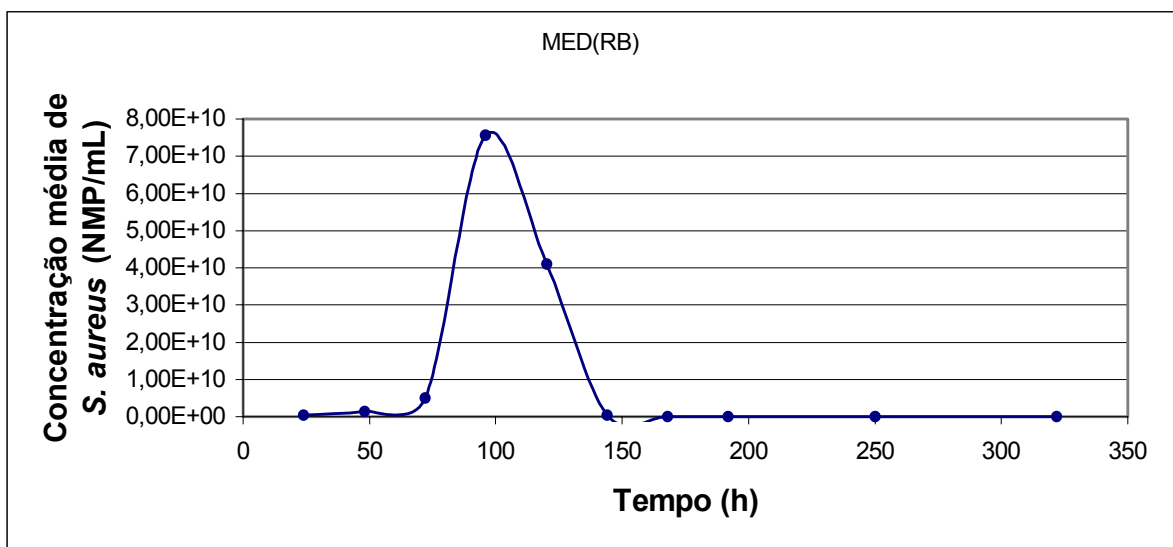


Figura A6b – Concentração média de *S. aureus* no pH 7 (NMP/mL), a partir de 24 h.

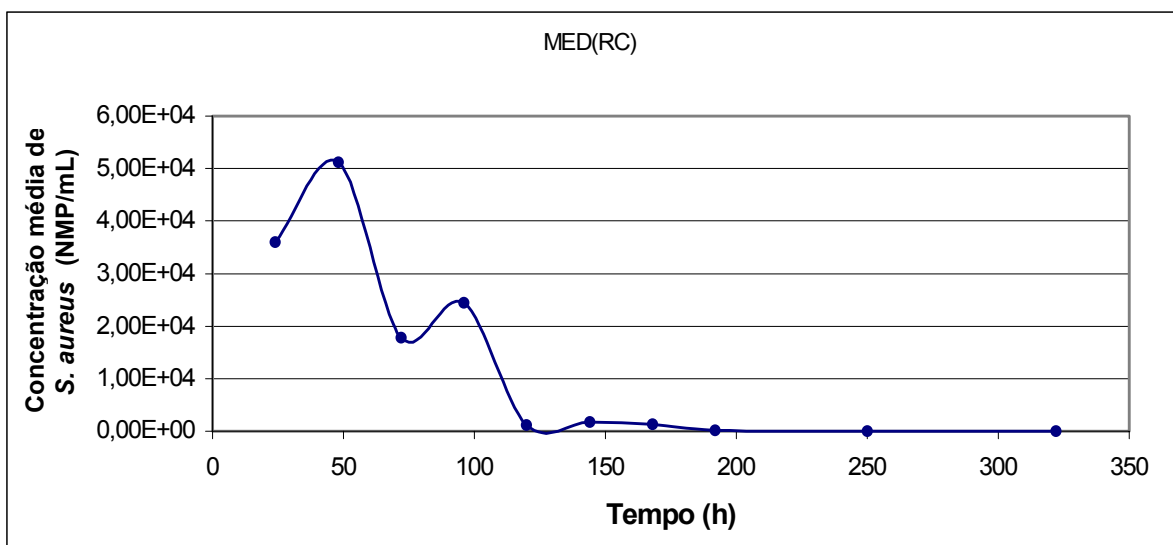
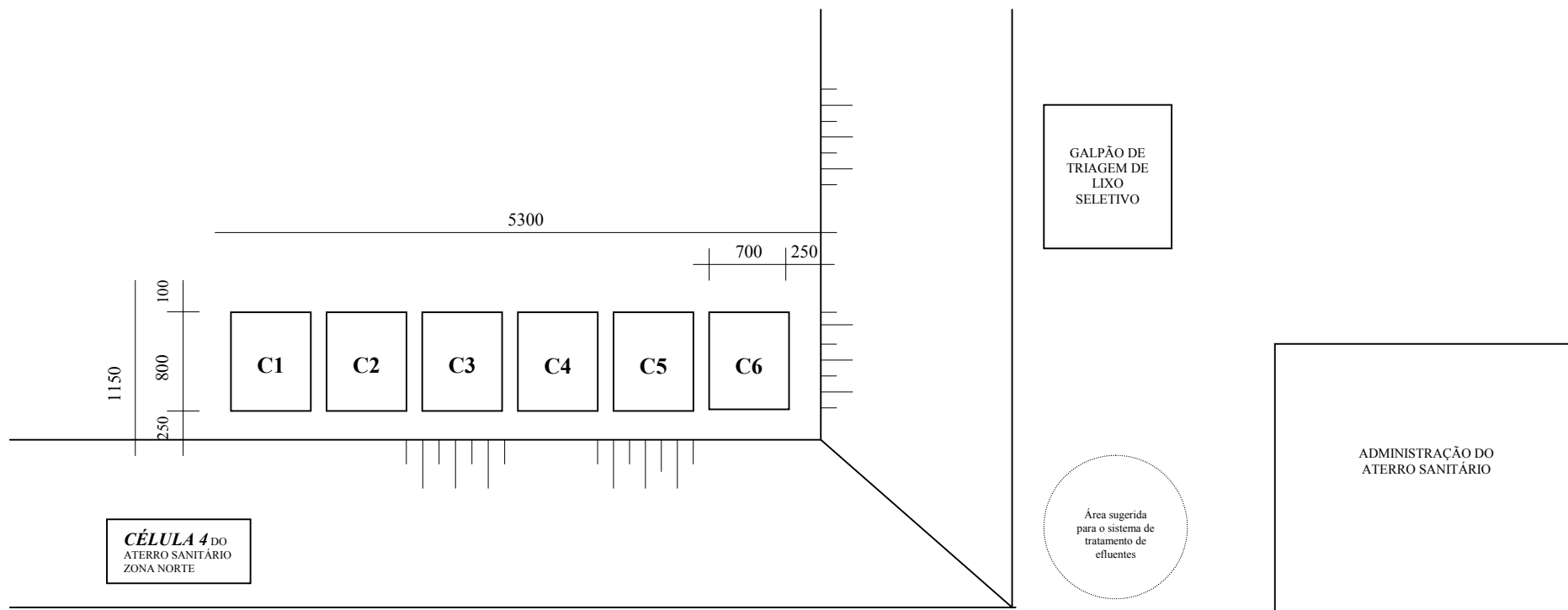


Figura A6c – Concentração média de *S. aureus* no pH 9 (NMP/mL), a partir de 24 h.

ANEXO B DESENHOS



medidas em cm

Figura B1 - Esquema geral da localização das células sobre a *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte.

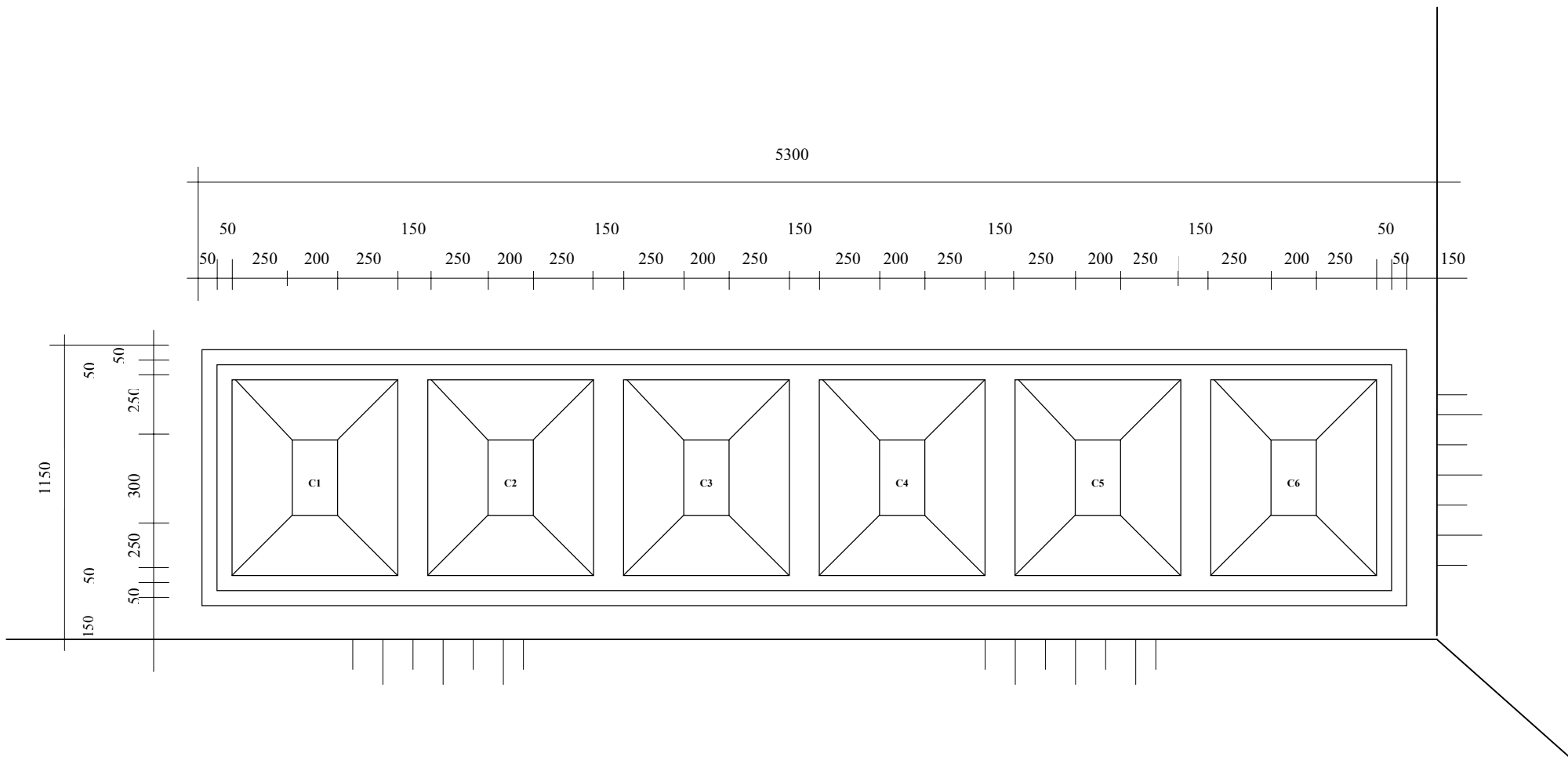


Figura B2 - Planta de localização da escavação das células sobre a *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte.

medidas em cm

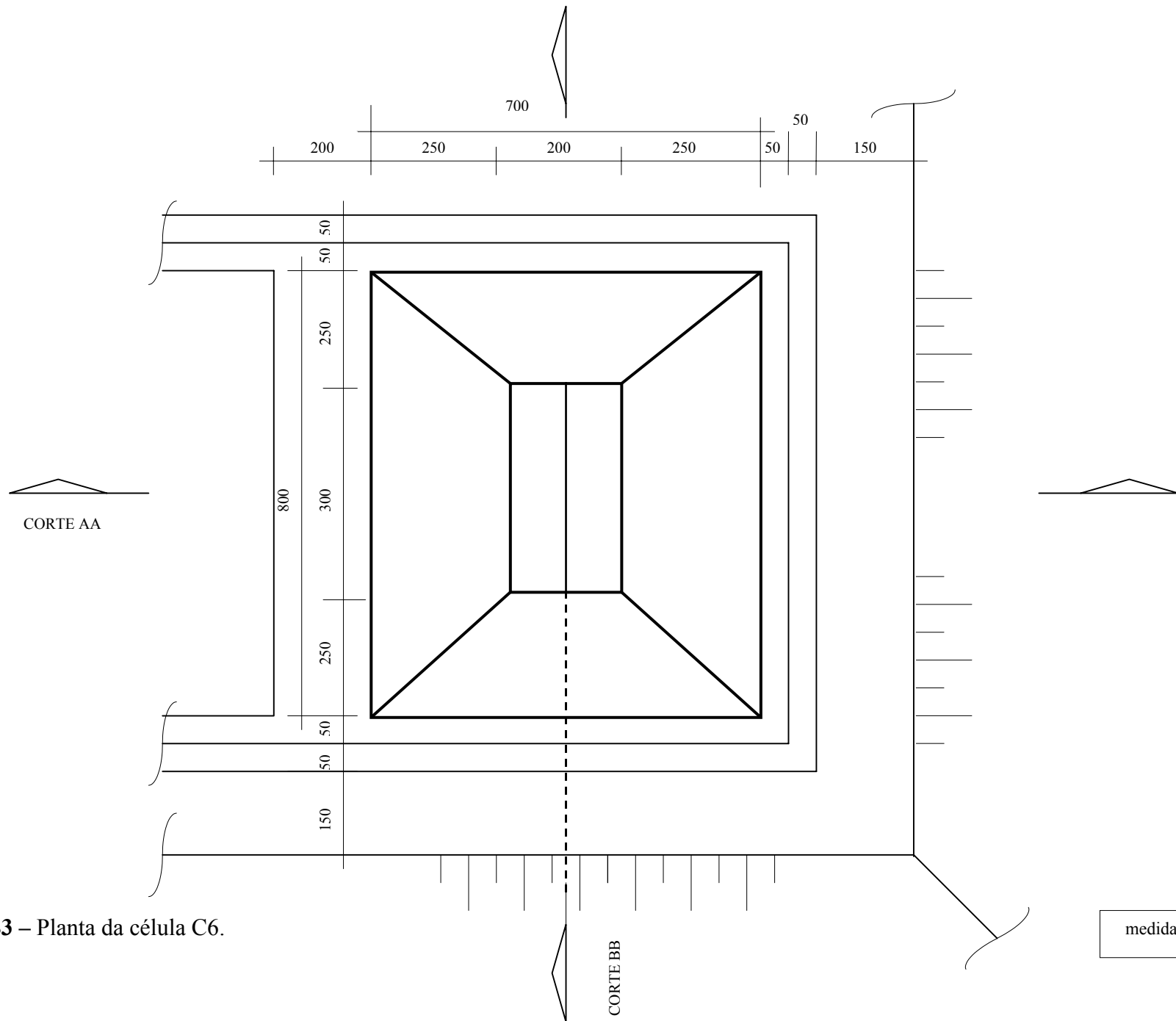


Figura B3 – Planta da célula C6.

medidas em cm

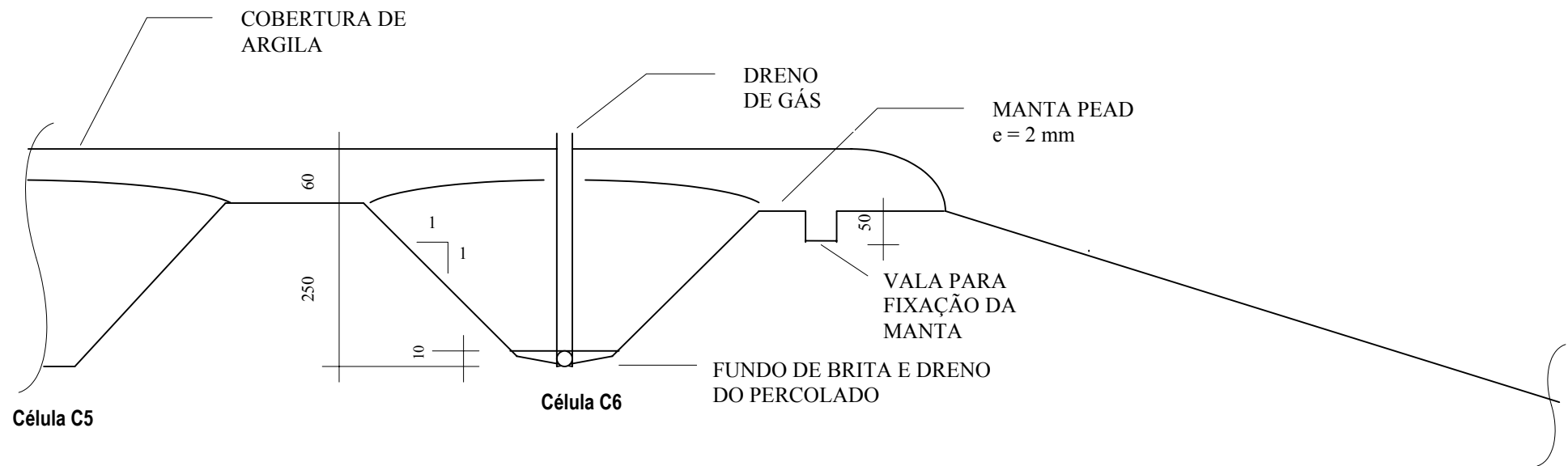
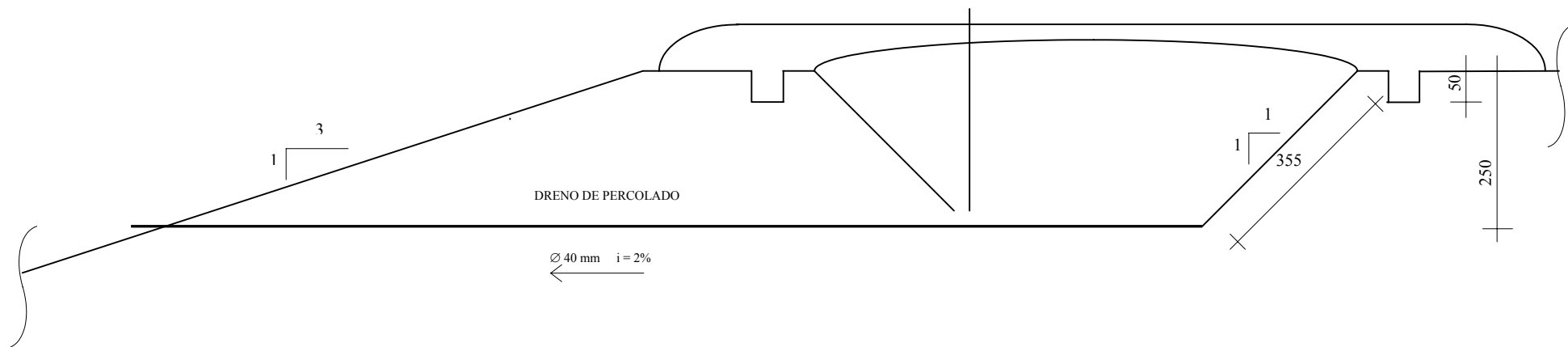


Figura B4 – Corte transversal AA – célula C6.

medidas em cm



medidas em cm

Figura B5 – Corte longitudinal BB – célula C6.

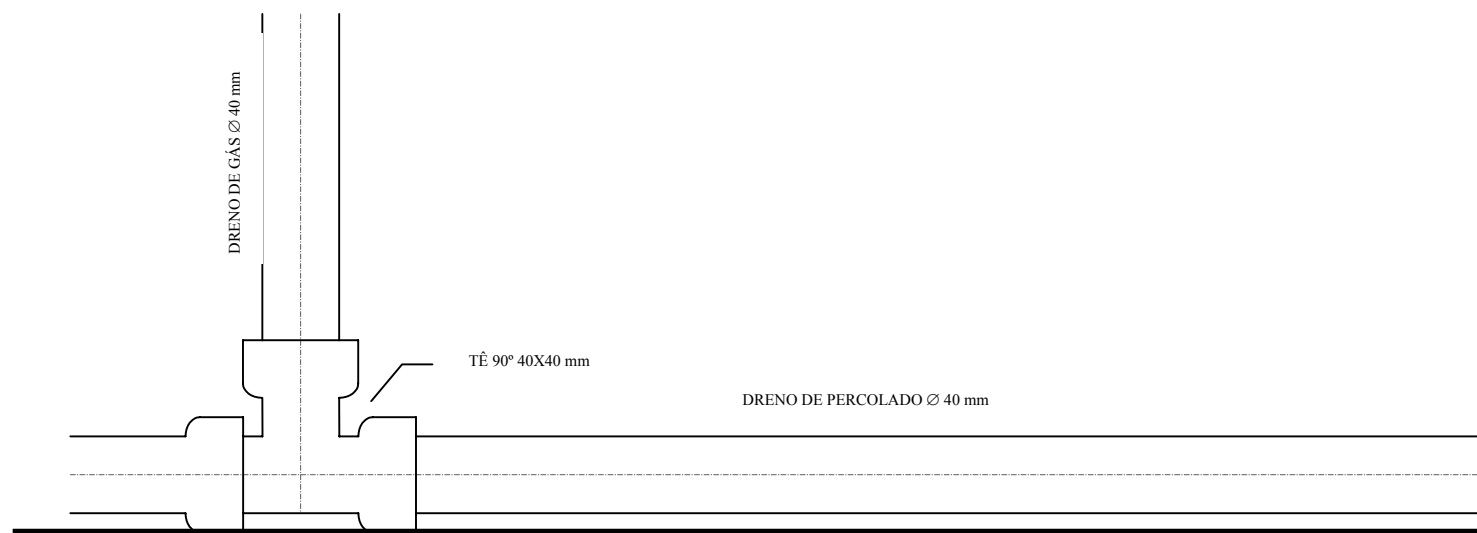


Figura B6 – Detalhe dos drenos de lixiviado e de gás assentados sobre o fundo das células.

medidas em cm

ANEXO C
RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Figura C1 – Levantamento planialtimétrico da *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte.



Figura C2 – Finalização da escavação da célula C6 e início da escavação da vala.



Figura C3 – Resíduo retirado da vala da célula C6, para ser recolocado posteriormente.



Figura C4 – Valas das células C5 e C6. Recolocação de resíduo na vala da célula C6.



Figura C5 – Detalhe do dreno de lixiviado da célula C6.



Figura C6 – Resíduo sendo recolocado na vala da célula C6. Detalhe do dreno de lixiviado no fundo da célula.

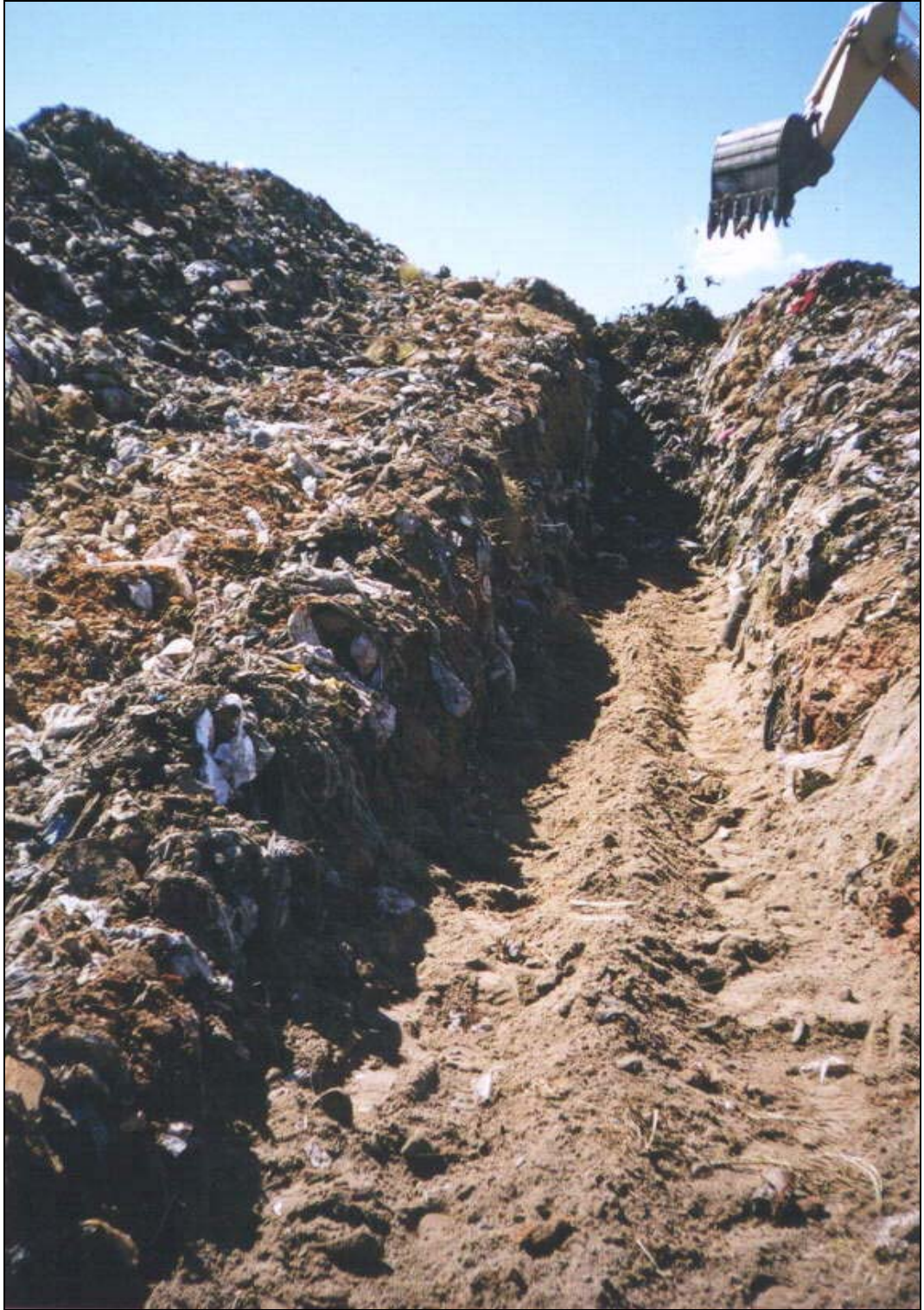


Figura C7 – Vala da célula C6 com areia sobre o dreno de lixiviado e trator recolocando, sobre o dreno, o resíduo retirado previamente.

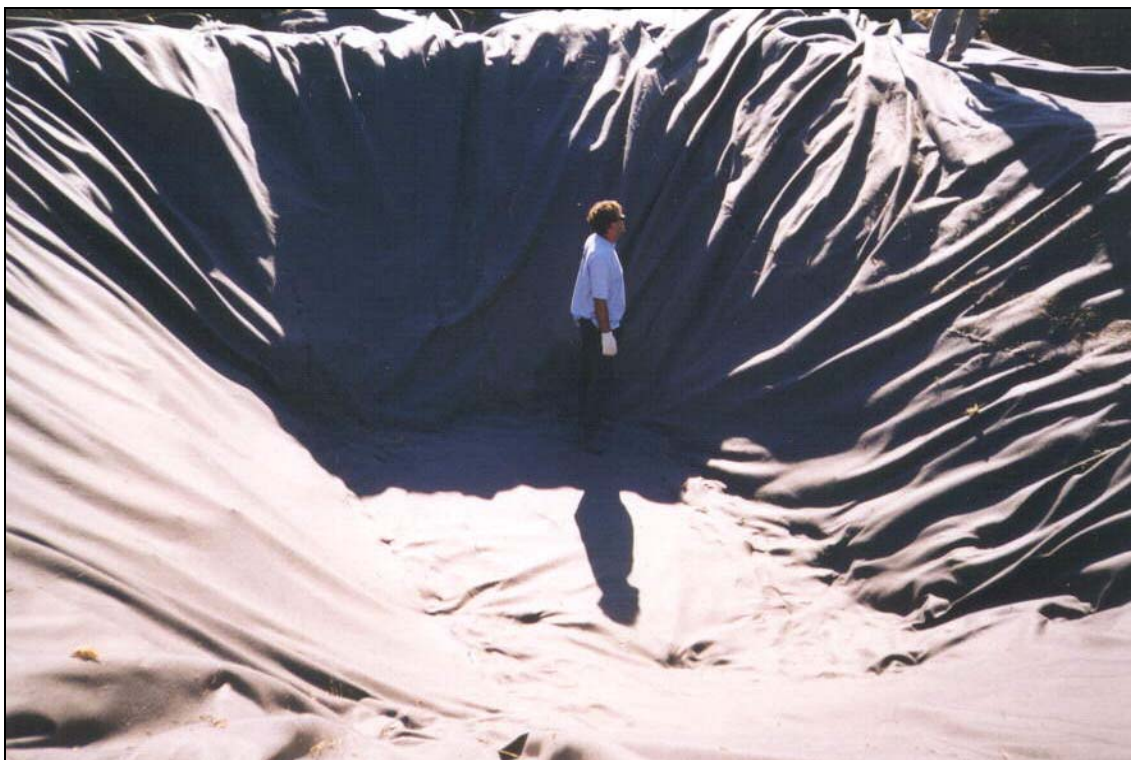


Figura C8 – BIDIM 400 cobrindo a célula C6.



Figura C9 – Lâmina de PEAD (2 mm), sendo arrastada para cobrir célula.



Figura C10 – Lâmina de PEAD 2 mm cobrindo a célula C6, aguardando cortes para melhor assentamento.



Figura C11 – Soldagem do BIDIM 400 sob manta de PEAD 2 mm.



Figura C12 – Vista do conjunto das células C1 a C6, recobertas por PEAD (2 mm).



Figura C13 – Vista do conjunto das células recobertas por PEAD. À direita, o talude sob o qual estão as valas já preenchidas com resíduo.



Figura C14 – Detalhe da camada de brita colocada sobre o fundo da célula, precedendo a colocação dos resíduos.



Figura C15 – Drenos de gás, envoltos por BIDIM 400, dispostos no conjunto das células, precedendo a colocação dos resíduos.



Figura C16 – Balança para pesagem de caminhões de resíduo. Ao fundo, vista da *Célula 4* do Aterro Sanitário Zona Norte.



Figura C17 – Aspecto do RSU a ser colocado na célula C1 (branco para RSU).



Figura C18 – Vista das células recobertas com BIDIM 180, com a célula C6 (à frente) contendo RSSS e a célula C1 (ao fundo) contendo RSU.



Figura C19 – Célula C6 com RSSS, aguardando cobertura de argila e detalhe do dreno de gás no centro da célula.



Figura C20 – Aspecto do RSSS disposto na célula C6. Retroscavadeira abrindo sacos e caixas amarelas de pérfuro-cortantes.



Figura C21 – Seringas com agulhas expostas sobre o RSSS disposto na célula C6.



Figura C22 – Sacos de RSSS recolhidos do bloco cirúrgico do HCPA.



Figura C23 - Separação de RSSS por categoria.



Figura C24 – Separação de RSSS recolhidos do bloco cirúrgico do HCPA. Material plástico ao fundo e matéria orgânica abaixo, à esquerda.



Figura C25 – Balança utilizada na pesagem dos RSSS do HCPA.

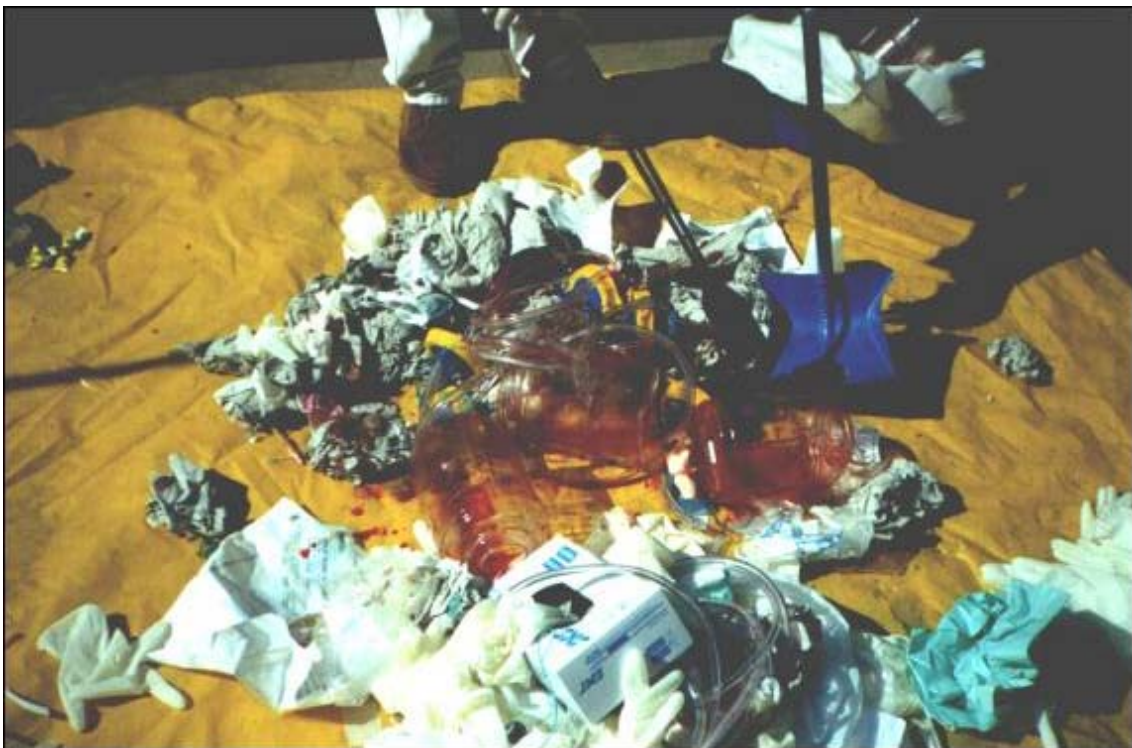


Figura C26 – RSSS coletados da UTI do HCPA.



Figura C27 – Caixas de pérfuro-cortantes recolhidas no HCPA.



Figura C28 – Material orgânico do bloco cirúrgico do HCPA.



Figura C29 - Recobrimento das células com argila. Compactação adicional do resíduo.



Figura C30 – Vista das células cobertas com argila compactada – final da montagem.



Figura C31 – Caldo lactosado e caldo verde brilhante para isolamento de coliformes totais e fecais respectivamente.

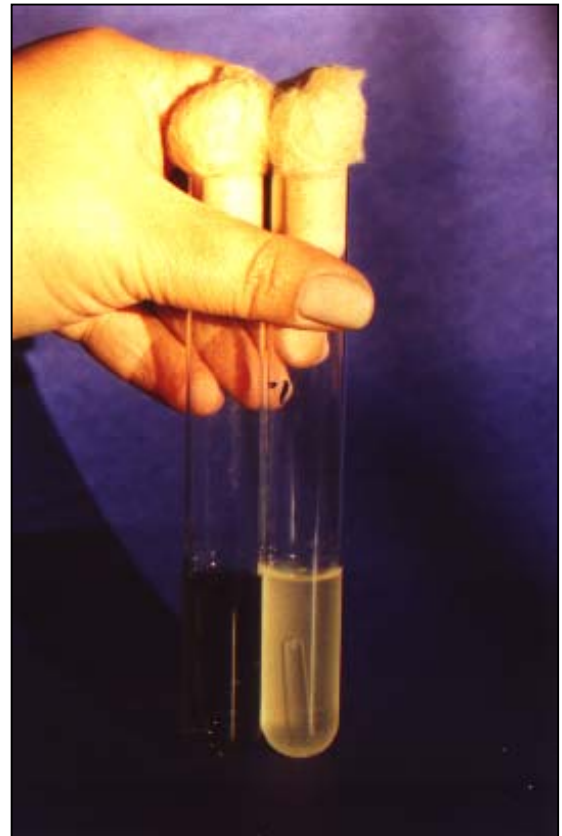


Figura C32 – Visualização da resposta do teste de verificação de coliformes fecais e totais.



Figura C33 – Visualização da resposta do teste de verificação da presença de coliformes fecais e totais (observe-se detalhe da produção de gás).



Figura C34 - Meio de cultura ágar-sangue para isolamento de mesófilos hemolíticos.

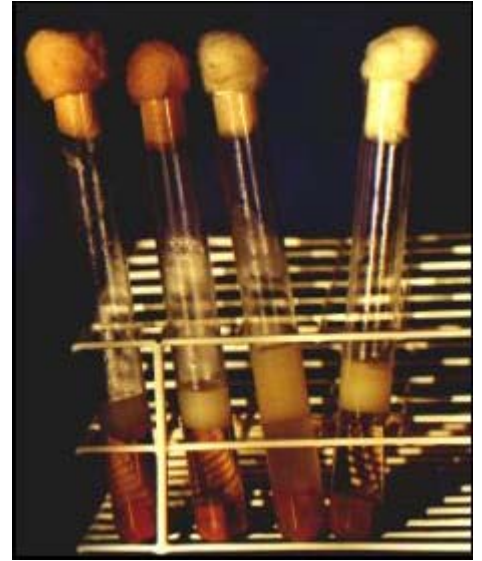


Figura C35 - Meio de Tarozzi para isolamento de *Clostridium sp.*



Figura C36 – Ervilhaca (leguminosa de inverno) plantada sobre célula.

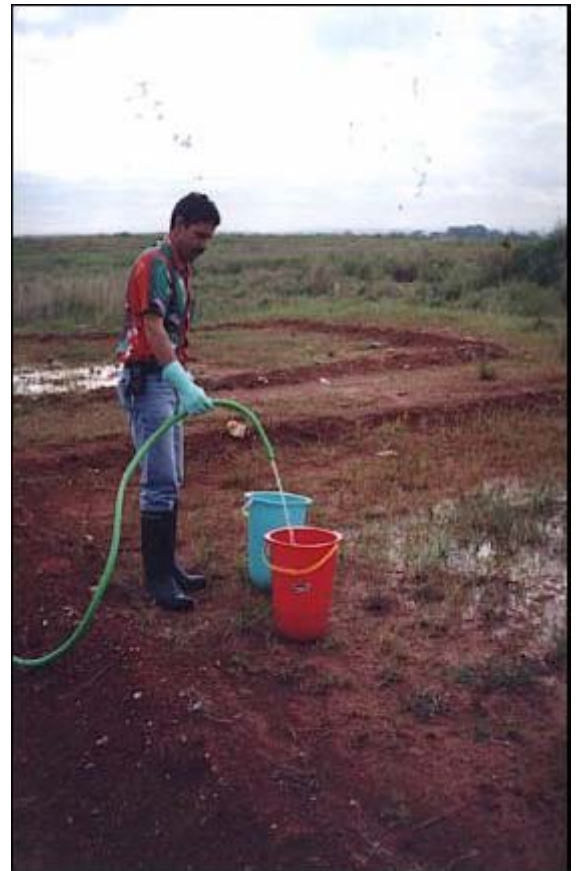


Figura C37 – Lixiviado sendo coletado em balde de 20 L para ser recirculado.



Figura C38 – Bomba utilizada para recalcar o lixiviado recolhido na saída do dreno de lixiviado para a base superior das células.



Figura C39 – Lixiviado sendo depositado sobre a superfície da célula C1.



Figura C40 – Pesagem de substrato argiloso.

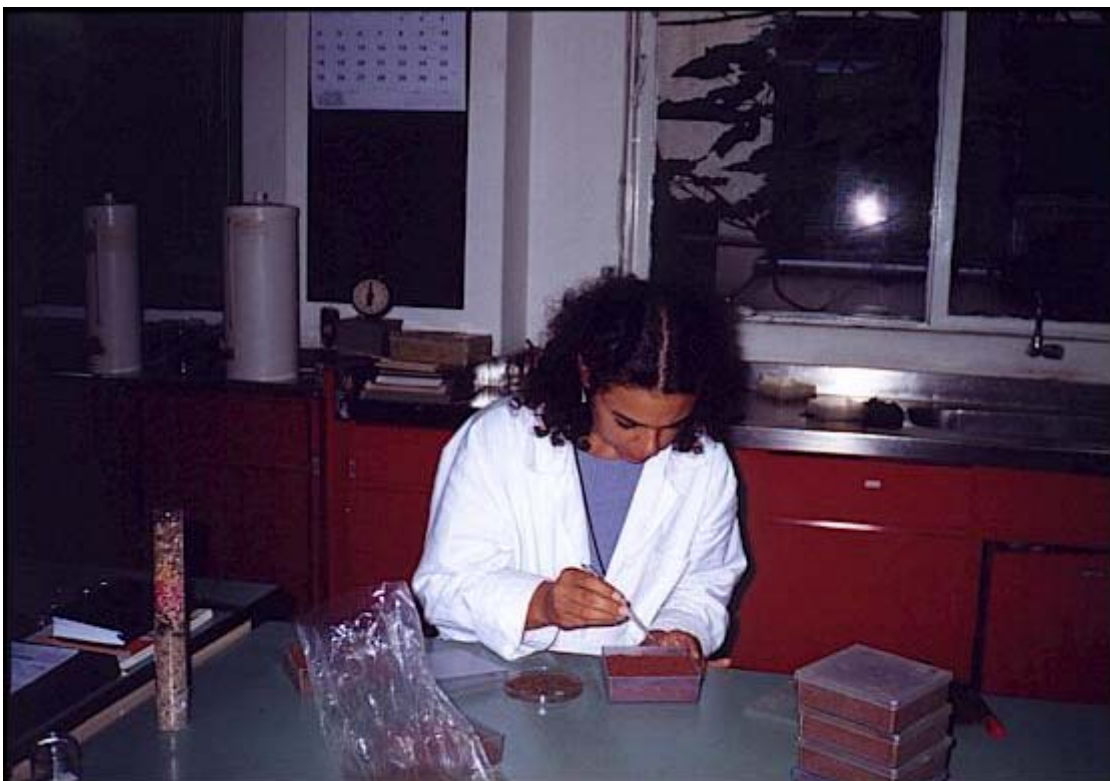


Figura C41 – Disposição das sementes sobre substrato argiloso.



Figura C42 – Aspersão de água deionizada sobre sementes dispostas em argila.



Figura C43 – Aspersão de lixiviado sobre sementes dispostas em argila.



Figura C44 – Caixas com argila, sementes e água deionizada ou lixiviado, sendo colocadas em geladeira para quebrar dormência.



Figura C45 – Vista geral do experimento de estudo do poder germinativo (câmara de germinação).

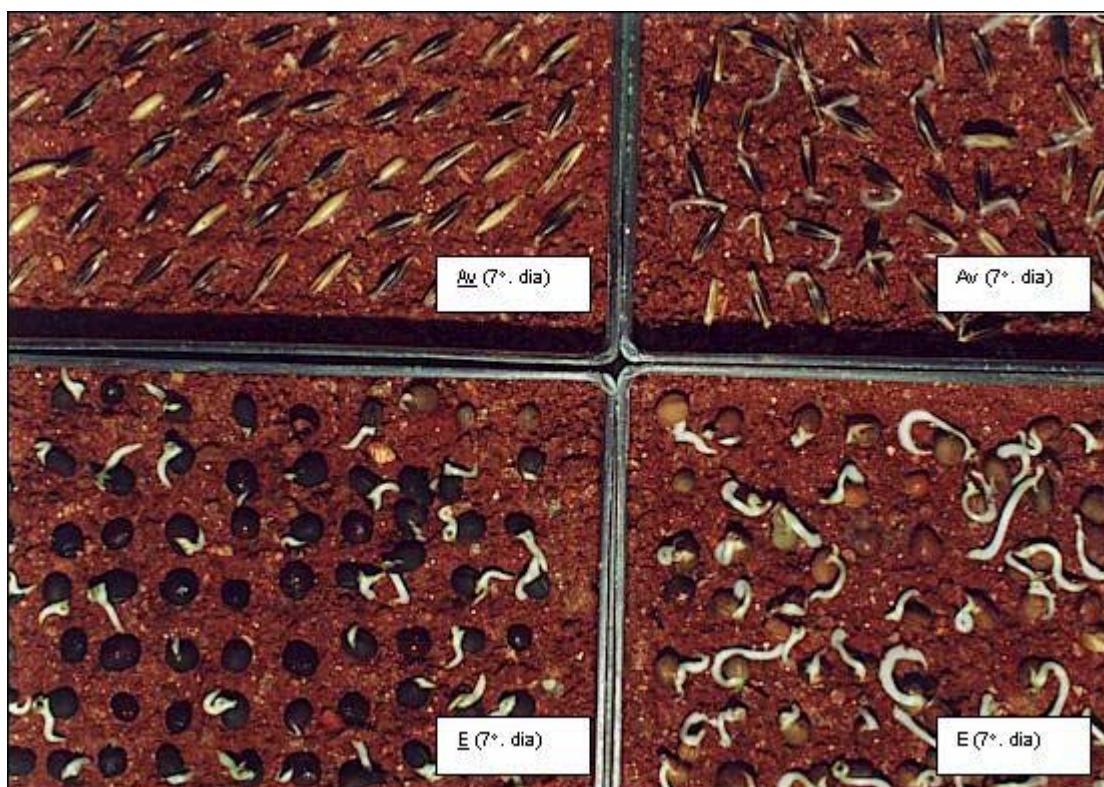


Figura C46 – Aveia (gramínea de inverno) e ervilhaca (leguminosa de inverno) após 7 dias da aplicação de lixiviado ou água deionizada, conforme legenda.

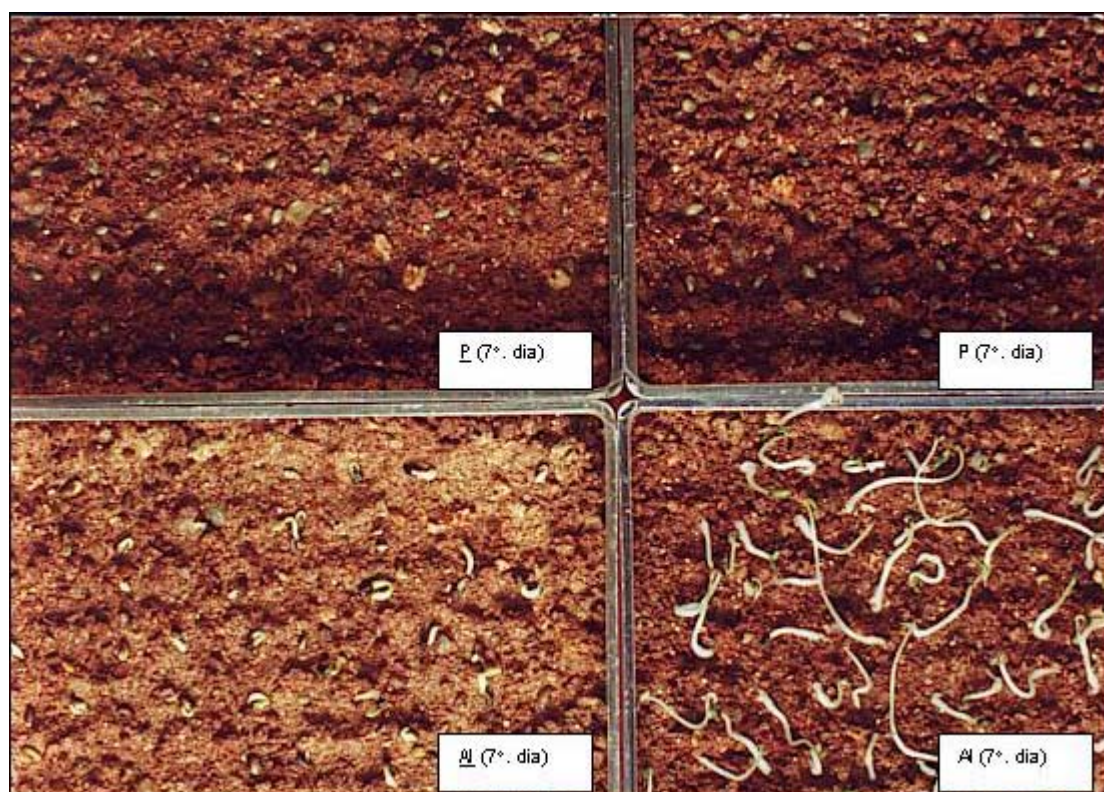


Figura C47 – Pensacola (gramínea de verão) e alfafa (leguminosa de verão) após 7 dias da aplicação de lixiviado ou água deionizada, conforme legenda.

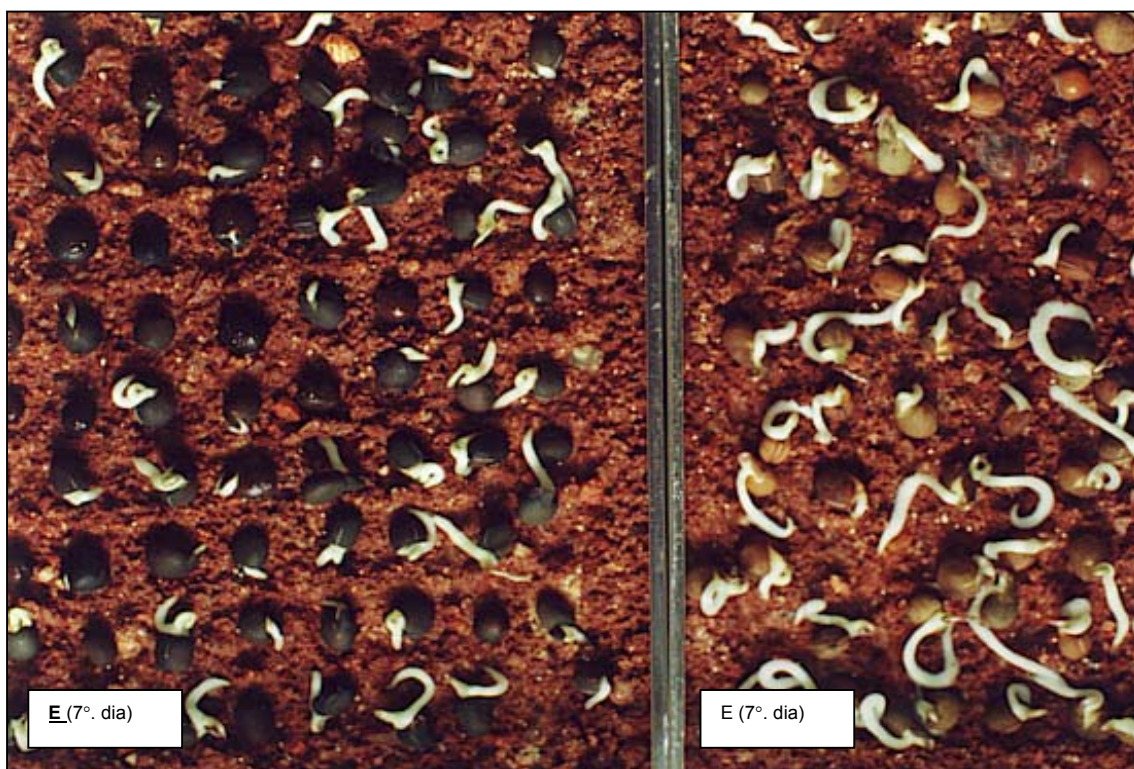


Figura C48 - Ervilhaca (leguminosa de inverno) após 7 dias da aplicação de lixiviado ou água deionizada, conforme legenda.

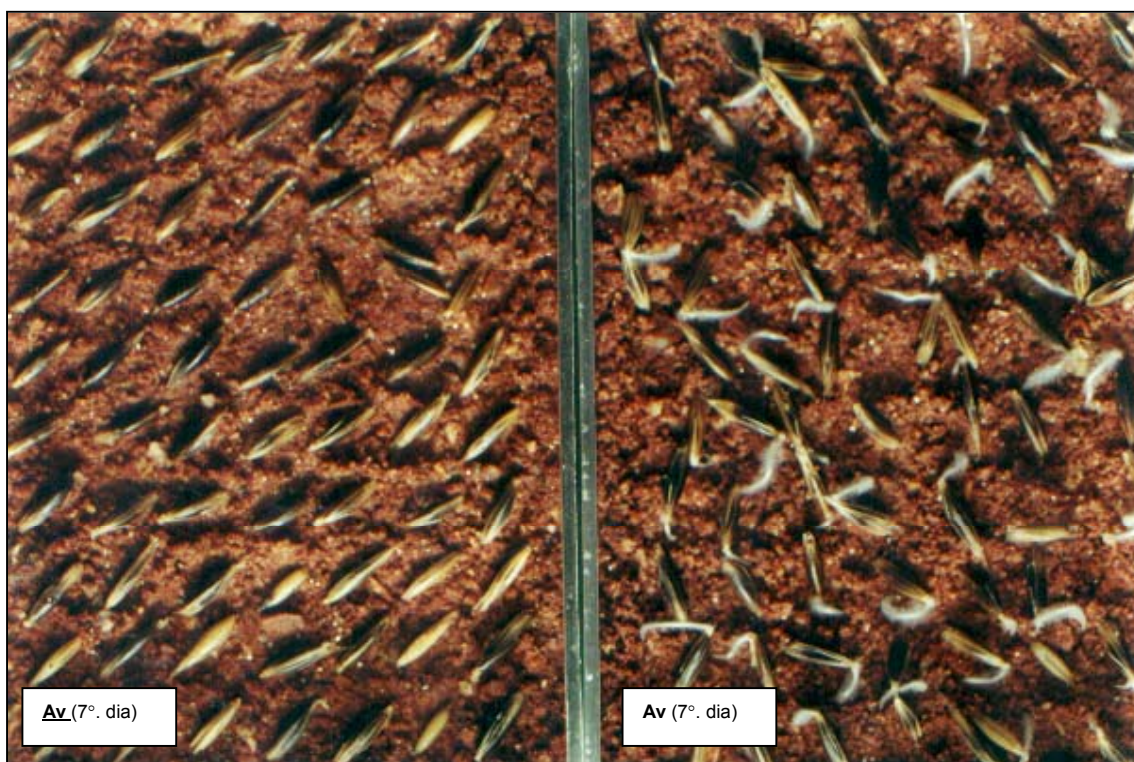


Figura C49 - Aveia (gramínea de inverno) após 7 dias da aplicação de lixiviado ou água deionizada, conforme legenda.

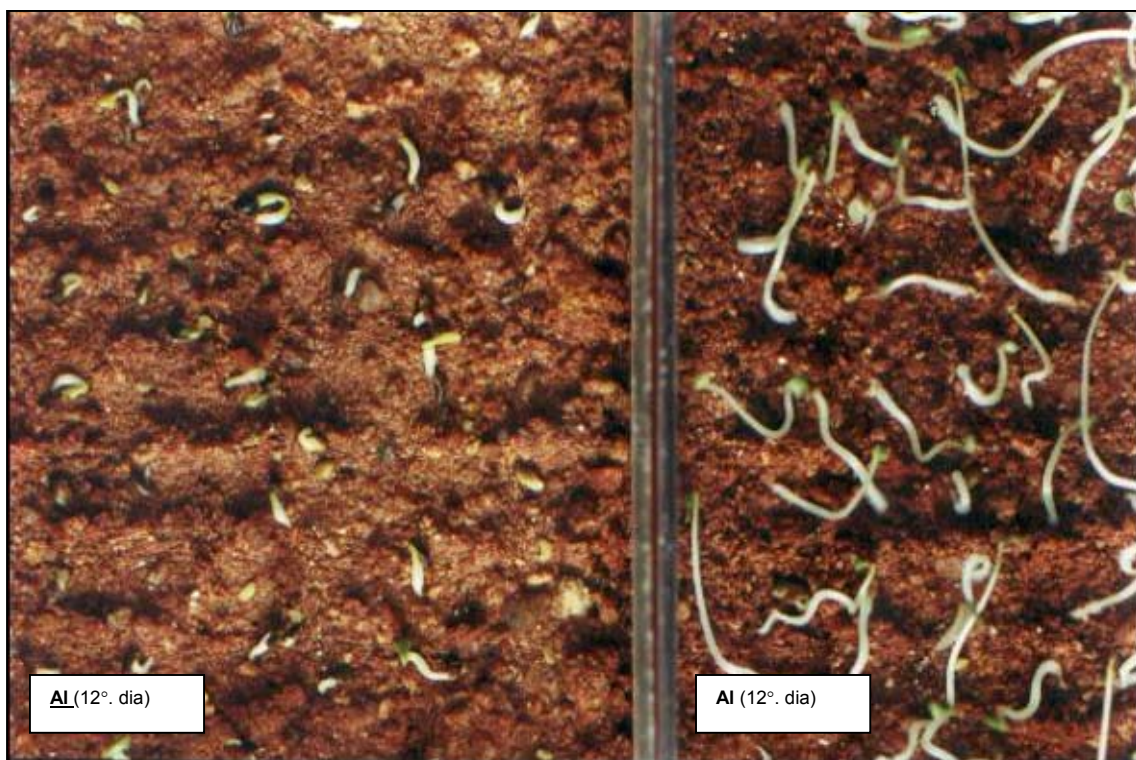


Figura C50 - Alfafa (leguminosa de verão) após 7 dias da aplicação de lixiviado ou água deionizada, conforme legenda.

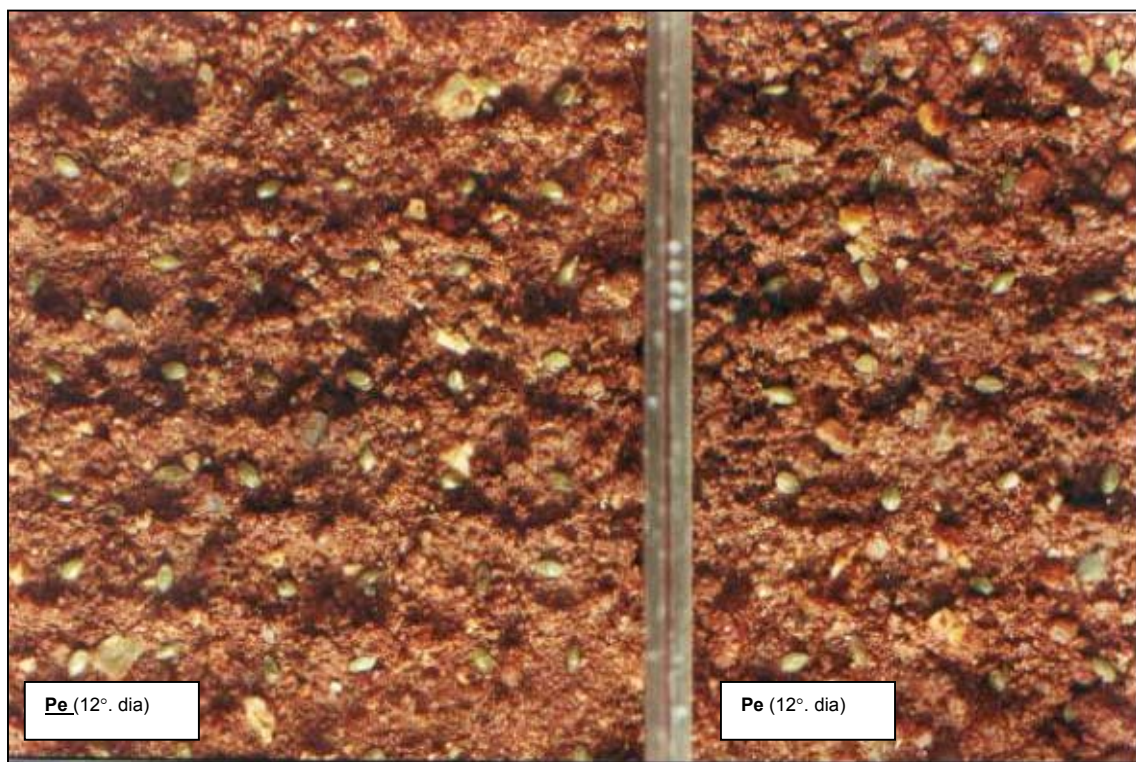


Figura C51 - Pensacola (gramínea de verão) após 7 dias da aplicação de lixiviado ou água deionizada, conforme legenda.



Figura C52 – Aspecto visual da ervilhaca (leguminosa de inverno) na ausência ou presença de lixiviado, no 12°. dia após a semeadura.

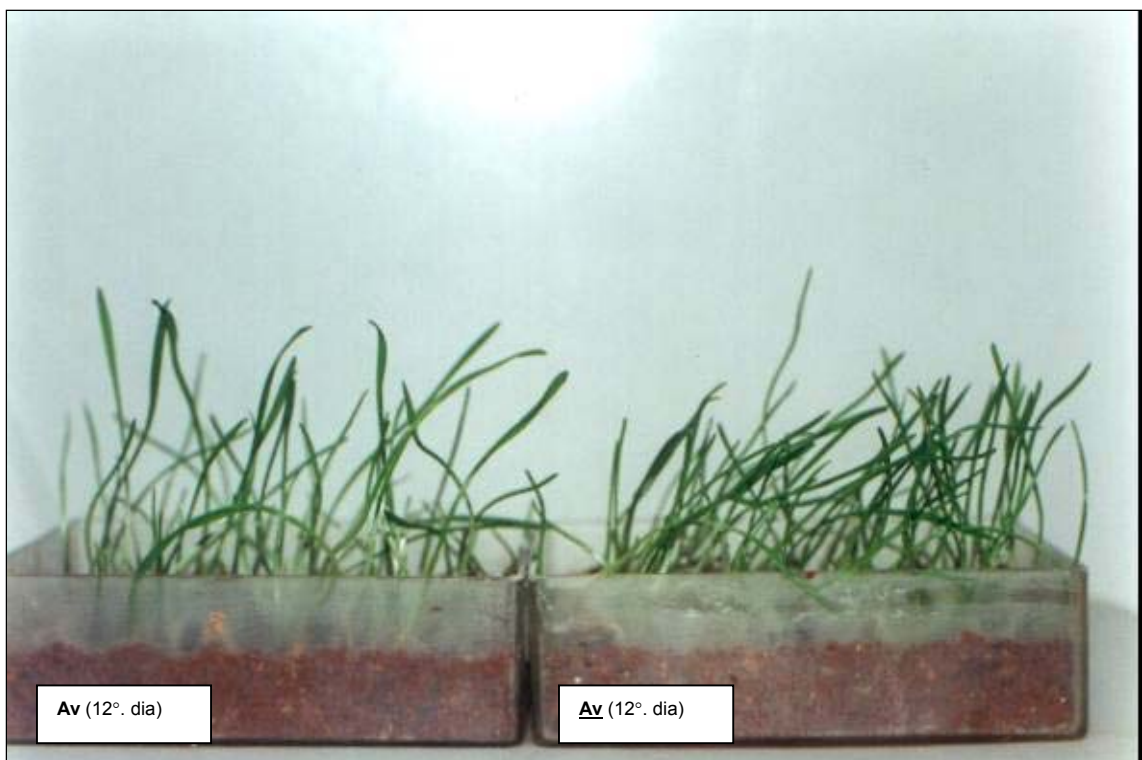


Figura C53 - Aspecto visual da aveia (gramínea de inverno) na ausência ou presença de lixiviado, no 12°. dia após a semeadura.

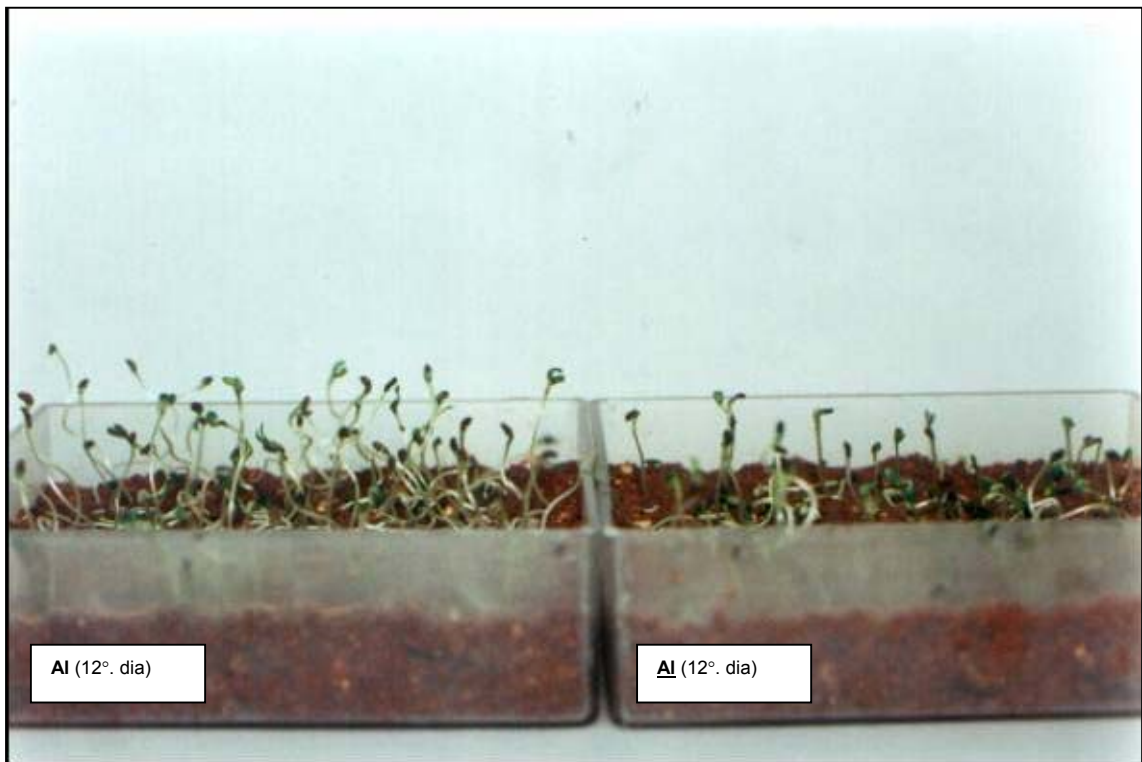


Figura C54 – Aspecto visual da alfafa (leguminosa de verão) na ausência ou presença de lixiviado, no 12º. dia após a semeadura.



Figura C55 – Aspecto visual da ervilhaca (leguminosa de inverno) na ausência ou presença de lixiviado, no 12º. dia após a semeadura.

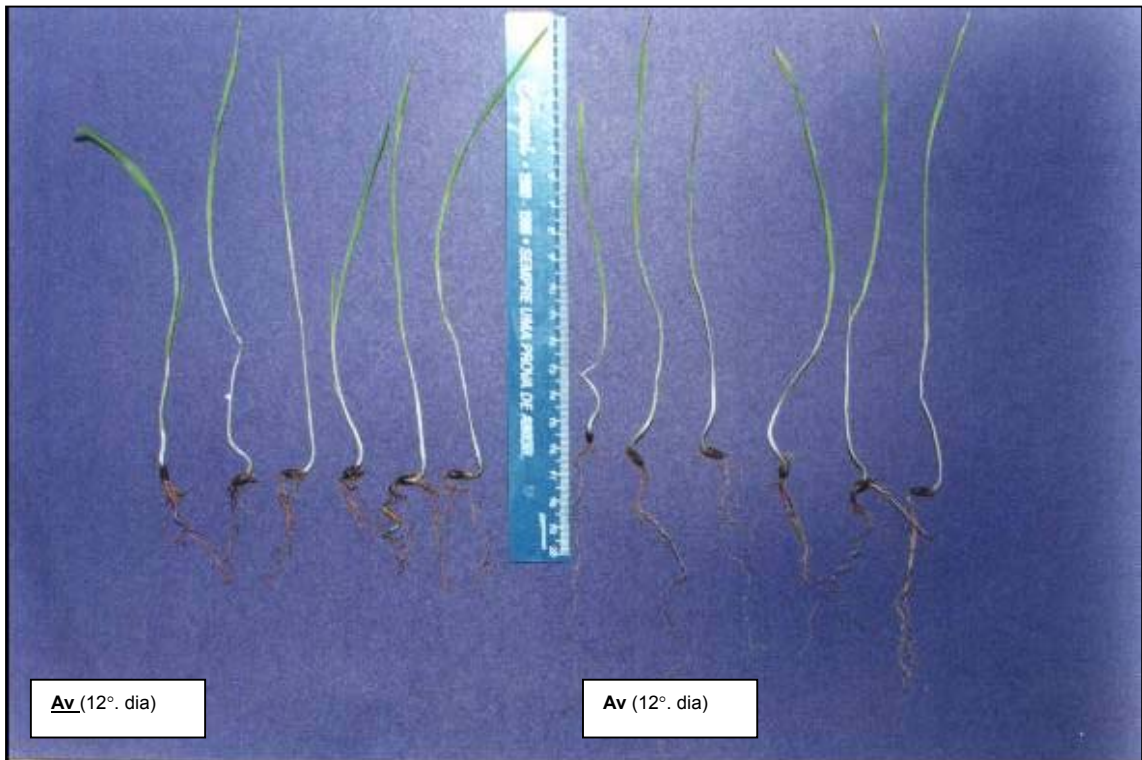


Figura C56 - Aspecto visual da aveia (gramínea de inverno) na ausência ou presença de lixiviado, no 12°. dia após a semeadura.



Figura C57 - Aspecto visual da pensacola (gramínea de verão) na ausência ou presença de lixiviado, no 12°. dia após a semeadura.



Figura C58 – Autoclave utilizada para a esterilização do lixiviado no experimento de inoculação.



Figura C59 – Capela de fluxo laminar utilizada para a manipulação das amostras no experimento de inoculação.



Figura C60 – Geladeira utilizada para a preservação das amostras do experimento de inoculação.



Figura C61 – Material utilizado na titulação da solução-mãe.

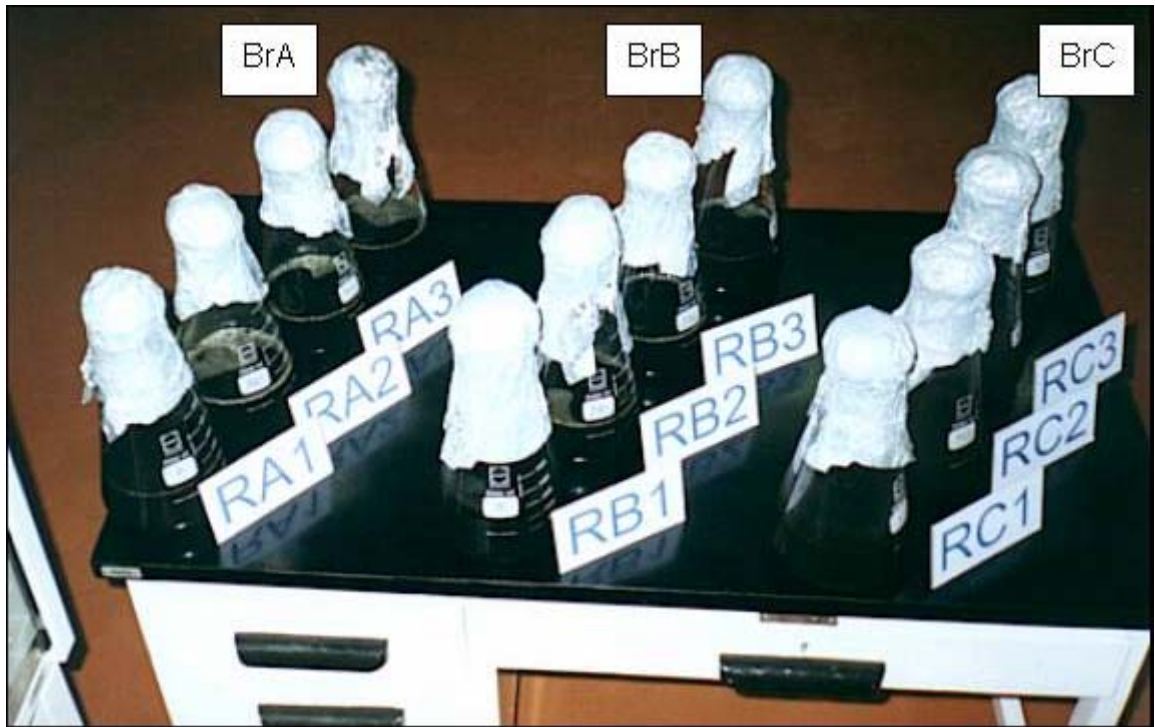


Figura C62 – Vista dos doze reatores utilizados no experimento de inoculação. Os três reatores do fundo são os reatores de controle (brancos).



Figuras C63 – Detalhe dos reatores utilizados no experimento de inoculação.



Figura C64 – Estufa que mantém os reatores sob temperatura constante de 25°C.

ANEXO D
DIMENSIONAMENTO E CUSTOS

A) ORIENTAÇÃO PARA O DIMENSIONAMENTO DE UMA CÉLULA DE ATERRO SANITÁRIO EM TRINCHEIRA (BIDONE et al., 1999)

Dados necessários ao dimensionamento:

1. Densidade média do lixo compactado (δ) = 0,70 t/m³
2. Contribuição *per capita* de lixo (θ) = 0,50 kg/hab.dia
3. Inclinação dos taludes laterais (α) = 1:1
4. Número de habitantes que serão atendidos (n)
5. Vida útil da célula (t)
6. Profundidade da célula (h)

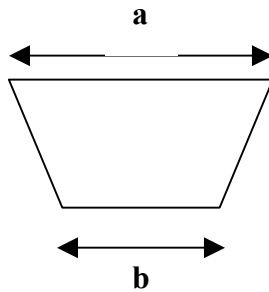
Solução:

- a) Massa de resíduo gerada por dia (M) = n . θ
- b) Volume de resíduo gerado por dia (V) = M/ δ
- c) Volume gerado durante a vida útil da célula (V_t) = V . 365 . t

Assume-se mais 20 % do volume que corresponderão à argila de cobertura das camadas de resíduo, ao finalizar as frentes diárias de trabalho.

- d) (V_t) total = V_t . 1,2

- e) Área transversal do aterro (S_{tr}) = $(a \cdot b) \cdot h / 2$, em que a e b são, respectivamente, a largura útil na superfície do aterro e largura da base do aterro, conforme ilustra a figura a seguir:



- f) Comprimento da trincheira (L) = $(V_t)_{total} / S_{tr}$
- g) Área superficial ocupada pela trincheira (S_{su}) = $a \cdot L$
- h) Volume total de argila gasto = $(V_t)_{total} - V_t + S_{su} \cdot 0,6 \text{ m}$

Em que a primeira parcela corresponde à argila necessária para as coberturas diárias do resíduo e a segunda parcela se refere a uma cobertura de 60 cm de argila depositada na superfície da célula para a sua finalização.

B) CUSTOS ENVOLVIDOS NA MONTAGEM DE UMA CÉLULA DE ATERRO SANITÁRIO EM TRINCHEIRA (BIDONE et al., 1999)

Na execução das seis células, cada uma com aproximadamente 70 m^3 de capacidade (volume total de 420 m^3), investiu-se aproximadamente R\$ 18.000,00 ou R\$ 3.000,00 por célula. Considerando que a mistura de RSU/RSSS foi realizada na proporção de 95% de RSU e 5% de RSSS, julgada ideal no presente estudo, o peso depositado em uma célula de 70 m^3 foi de 35800 kg compactados (Célula C2), o que leva a um custo de R\$ 83,80/t. Para uma produção *per capita* de resíduos de 0,5 kg/hab.dia (considerando o peso de RSSS pouco representativo), conforme adotado anteriormente e, assumindo que o enchimento da célula ocorra em um ano (vida útil de 1 ano, ou 365 dias), isto corresponderia à contribuição de uma população de 196 hab/dia, o que representa um investimento per capita na célula de R\$ 15,3/hab.