

FUTURE

PROMAN ENGENHARIA
PARA ALÉM DA TÉCNICA

Aterro Sanitário da RSTJ

Estudo da Gestão dos Lixiviados

Relatório

Nº Trabalho: T23.003

Data: 30/03/2023



Aterro Sanitário da RSTJ

Estudo da Gestão dos Lixiviados

Histórico do Documento

Revisão	Descrição	Editado	Verificado	Autorizado	Data
00	Emissão inicial	BPP / SRH	SRH	APM	26-03-2023
01	Localização OI 3, Programação, terreno	BPP / SRH	SRH	APM	30-03-2023

Índice

Capítulos

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	1
3.	SITUAÇÃO HISTÓRICA E ATUAL	2
3.1	Sistema de gestão de lixiviados.....	2
3.2	Células de deposição de resíduos	4
3.3	Extração e armazenamento de lixiviados.....	5
3.4	Tratamento de lixiviados	7
3.4.1	Sistemas existentes	7
3.4.2	Capacidade de tratamento	13
3.4.3	Qualidade do efluente.....	14
3.4.4	Alterações recentes – 3. ^a etapa da OI 2.....	14
3.5	Lixiviados acumulados nas células.....	14
4.	DIAGNÓSTICO	16
4.1	Qualidade do efluente tratado.....	16
4.1.1	Recirculação do concentrado	16
4.1.2	Arejamento da Lagoa 3.....	17
4.1.3	Osiose inversa com apenas 2 etapas.....	17
4.1.4	Não substituição das membranas	17
4.2	Acumulação de lixiviados nas células.....	17
4.2.1	Capacidade de tratamento	18
4.2.2	Extração de lixiviados.....	19
4.2.3	Recirculação do concentrado	19
4.2.4	Arejamento da Lagoa 3.....	19
4.2.5	Não substituição das membranas	19
4.3	Escassez de informação	20
5.	DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES	21
5.1	Soluções alternativas ao tratamento por osiose inversa	21

5.2	Resumo de soluções analisadas	21
5.3	Melhorar o grau de tratamento – 3ª etapa da osmose inversa em todas as linhas	22
5.4	Arejamento dos lixiviados antes da OI	22
5.5	Substituição das Membranas.....	22
5.6	Aumento da capacidade de caudal do sistema de osmose inversa	23
5.6.1	Solução Proposta.....	23
5.6.2	Proposta da SOTECNISOL – 200 m ³ /dia.....	23
5.6.3	Outros caudais.....	24
5.7	Reforço da extração dos lixiviados das células.....	24
5.8	Aumento da capacidade das lagoas.....	25
5.9	Recirculação do concentrado para as células	25
5.10	Envio do concentrado para um CIRVER	26
5.11	Antecipação da selagem final das células	26
5.12	Cobertura diária de todos os resíduos depositados	26
5.13	Alteração da forma e sequência de deposição	27
5.14	Resumo das soluções propostas.....	28
5.15	Programação	28
6.	SIMULAÇÕES	29
6.1	Situação Atual.....	29
6.2	Simulação 1 – Situação sem alterações.....	29
6.3	Simulação 2 – Manter capacidade de OI	30
6.4	Simulação 3 – OI 3 com 200 m ³ /dia.....	32
6.5	Simulação 4 – OI 3 com 240 m ³ /dia.....	33
6.6	Simulação 5 – OI 3 com 280 m ³ /dia.....	34
6.7	Simulação 6 – OI 3 com 320 m ³ /dia.....	35
6.8	Resumo.....	37
7.	ANÁLISE ECONÓMICA	40
7.1	Resumo dos custos analisados	40
7.2	Critérios económicos.....	40
7.3	Melhorar o grau de tratamento – 3ª etapa da OI em todas as linhas.....	41
7.4	Arejamento dos lixiviados antes da OI	41
7.5	Substituição das membranas.....	41

7.5.1	Substituição imediata das membranas existentes	41
7.5.2	Substituição periódica das membranas existentes e a instalar.....	42
7.6	Aumento da capacidade de caudal do sistema de osmose inversa - 280 m ³ /dia.....	43
7.7	Reforço da extração dos lixiviados das células.....	44
7.8	Aumento da capacidade das lagoas.....	44
7.9	Recirculação do concentrado para as células	45
7.10	Envio de efluentes para um CIRVER.....	45
7.11	Antecipação da selagem final das células	45
7.12	Cobertura diária de todos os resíduos depositados	45
7.13	Alteração da forma e sequência de deposição	46
7.14	Resumo dos custos.....	46
8.	FORMAS DE CONTRATAÇÃO	47
9.	CONCLUSÕES.....	49

Tabelas

Tabela 3-1 – Áreas dos alvéolos da Célula 2.	4
Tabela 3-2 – Evolução da selagem parcial da Célula 1.	5
Tabela 3-3 – Capacidade das lagoas de retenção da RSTJ.	6
Tabela 3-4 – Características e condições de operação da primeira etapa de cada unidade de osmose implementado.	9
Tabela 3-5 – Características e condições de operação da segunda etapa de cada sistema de osmose implementado.	11
Tabela 3-6 – Capacidade diária de tratamento de lixiviados do sistema de osmose inversa implementado na RSTJ.	13
Tabela 3-7 – Características e condições de operação unidade OI 2, com 3 etapas de tratamento.	14
Tabela 5-1 – Características e condições de operação propostas para a 3ª unidade de OI com capacidade de 200 m ³ /dia – proposta SOTECNISOL.	23
Tabela 5-2 – Caudais diários da 3ª unidade de OI simulados.	24
Tabela 5-3 – Intervenções a realizar no sistema de extração de lixiviados do aterro da RSTJ.	25
Tabela 6-1 – Quantidade de lixiviados no aterro da RSTJ em 2021 e 2022.	29
Tabela 6-2 – Resumo do nível médio de lixiviados em cada célula, ao longo do tempo, determinado em cada simulação.	37
Tabela 7-1 – Custo associado à substituição das membranas por trocar a curto prazo.	42
Tabela 7-2 – Membranas a substituir periodicamente para o sistema com a OI 3 selecionada (280 m ³ /dia – Simulação 5).	42
Tabela 7-3 – Matriz de custo relativa à substituição periódica das membranas para o sistema com a OI 3 selecionada (280 m ³ /dia – Simulação 5).	43
Tabela 7-4 – Custos de operação da 3ª unidade de OI – 280 m ³ /dia (Simulação 5).	43
Tabela 7-5 – Custo associado à substituição das membranas da OI 3 – 280 m ³ /dia (Simulação 5).	44
Tabela 7-6 – Resumo dos custos associados à OI 3 – 280 m ³ /dia (Simulação 5).	44
Tabela 7-7 – Resumo dos custos associados à implementação das soluções propostas.	46
Tabela Anexo C-1 – Humidade existente na Célula 1 no início do ano 2022.	C-4
Tabela Anexo C-2 – Humidade existente na Célula 2 e em cada um dos alvéolos que a constituem, no início do ano 2022.	C-4
Tabela Anexo C-3 – Infiltração calculada para cada célula de deposição, no ano 2022.	C-4
Tabela Anexo C-4 – Evapotranspiração calculada para cada célula de deposição, no ano 2022.	C-5

Tabela Anexo C-5 – Teor de humidade dos resíduos depositados nas células do aterro da RSTJ em 2022.....	C-5
Tabela Anexo C-6 – Humidade perdida na degradação dos resíduos no aterro da RSTJ.	C-5
Tabela Anexo C-7 – Humidade no final de 2022 em cada célula e no aterro da RSTJ.....	C-6

Figuras

Figura 3-1 – Diagrama representativo do sistema de tratamento de lixiviados implementado na RSTJ.	3
Figura 3-2 – Esquema ilustrativo da secção de pré filtração.	8
Figura 3-3 – Esquema ilustrativo da primeira etapa de OI.	10
Figura 3-4 – Esquema ilustrativo da segunda etapa de OI.....	12
Figura 3-5 – Diagrama representativo de cada unidade de osmose inversa implementada na RSTJ... ..	12
Figura 3-6 – Diagrama representativo da unidade OI 2, com 3 etapas de tratamento.	14
Figura 5-1 – Esquemático da sequência de enchimento proposta.	27
Figura Anexo C-1 – Ilustração da consideração feita para determinar o volume de lixiviado que segue para as lagoas.	C-3

Fotografias

Fotografia 3-1 – Células de deposição de resíduos no aterro da RSTJ (junho 2021) (Fonte da imagem: Google Earth).	4
Fotografia 3-2 – Lagoa 1 do aterro da RSTJ.	6
Fotografia 3-3 – Lagoa 2 do aterro da RSTJ.	6
Fotografia 3-4 – Lagoa 3 do aterro da RSTJ.	7
Fotografia 3-5 – Disposição das Lagoas do aterro da RSTJ.	7
Fotografia 3-6 – Tanque de equalização interno da Osmose Inversa.....	8
Fotografia 3-7 – Módulos de membranas da Osmose Inversa.....	9
Fotografia 3-8 – Concentrado efluente do sistema de Osmose Inversa.....	10
Fotografia 3-9 – Tanques de concentrado do aterro da RSTJ.....	11
Fotografia 3-10 – Permeado resultante do sistema Osmose Inversa.....	12

Fotografia 3-11 – Tanque de arejamento e regularização do permeado resultante da Osmose Inversa.	13
Fotografia 3-12 – Alvéolo 8 da Célula de deposição de resíduos 2 do aterro da RSTJ.	15

Gráficos

Gráfico 6-1 – Nível médio de lixiviados na Célula 1 em cada simulação.....	38
Gráfico 6-2 – Nível médio de lixiviados na Célula 1 em cada simulação.....	38

Anexos

ANEXO A: DESENHO DO SISTEMA DE EXTRAÇÃO DE LIXIVIADOS EXISTENTE.....A-0

ANEXO B: QUANTIDADE DE RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO DA RSTJ (1999-2021)B-1

ANEXO C: BALANÇO HÍDRICO DAS CÉLULASC-1

C.1.	Cálculo do Ano 0 – 2022	C-4
C.2.	Simulação 1 – Situação sem alterações.....	C-7
C.2.1	Cálculo de H_0 , H_{RES} , H_{DEG} , I e ET	C-7
C.2.2	Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário.....	C-7
C.2.3	Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição.....	C-8
C.2.4	Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula.....	C-8
C.3.	Simulação 2 - Manter capacidade de OI.....	C-9
C.3.1	Cálculo de H_0 , H_{RES} , H_{DEG} , I e ET	C-9
C.3.2	Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário.....	C-9
C.3.3	Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição.....	C-9
C.3.4	Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula.....	C-10
C.4.	Simulação 3 – OI 3 com 200 m ³ /dia.....	C-11
C.4.1	Cálculo de H_0 , H_{RES} , H_{DEG} , I e ET	C-11
C.4.2	Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário.....	C-11
C.4.3	Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição.....	C-11
C.4.4	Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula.....	C-12
C.5.	Simulação 4 – OI 3 com 240 m ³ /dia.....	C-13
C.5.1	Cálculo de H_0 , H_{RES} , H_{DEG} , I e ET	C-13
C.5.2	Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário.....	C-13
C.5.3	Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição.....	C-13
C.5.4	Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula.....	C-14
C.6.	Simulação 5 – OI 3 com 280 m ³ /dia.....	C-15

C.6.1	Cálculo de H_0 , H_{RES} , H_{DEG} , I e ET	C-15
C.6.2	Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário.....	C-15
C.6.3	Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição.....	C-15
C.6.4	Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula.....	C-16
C.7.	Simulação 6 – OI 3 com 320 m ³ /dia.....	C-17
C.7.1	Cálculo de H_0 , H_{RES} , H_{DEG} , I e ET	C-17
C.7.2	Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário.....	C-17
C.7.3	Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição.....	C-17
C.7.4	Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula.....	C-18
ANEXO D: QUALIDADE DO LIXIVIADO E PERMEADO.....		D-1
D.1.	Qualidade do Lixiviado.....	D-1
D.1.1	Qualidade média do Lixiviado entre 1999 e 2021.....	D-1
D.1.2	Qualidade média do Lixiviado em 2022.....	D-2
D.2.	Qualidade do Permeado.....	D-3
D.2.1	Qualidade média do Permeado entre 2017 e 2022.....	D-3
D.2.2	Qualidade do Permeado em 2017.....	D-4
D.2.3	Qualidade do Permeado em 2018.....	D-4
D.2.4	Qualidade do Permeado em 2019.....	D-5
D.2.5	Qualidade do Permeado em 2020.....	D-5
D.2.6	Qualidade do Permeado em 2021.....	D-6
D.2.7	Qualidade do Permeado em 2022.....	D-6
ANEXO E: QUANTIDADES DE LIXIVIADO, PERMEADO E CONCENTRADO.....		E-1
E.1.	Quantidade de Lixiviados Tratados no sistema de OI (2009-2022).....	E-1
E.2.	Quantidade de Lixiviados Enviados para o CIRVER (2009-2022).....	E-1
E.3.	Quantidade de Permeado Tratados no sistema de OI (2009-2022).....	E-2
E.4.	Quantidade de Concentrado produzido no sistema de OI (2009-2022).....	E-2
E.5.	Disponibilidade de Operação Real do sistema de OI (2009-2022).....	E-3
E.6.	Eficiência de Tratamento de Permeado do sistema de OI (2009-2022).....	E-3
ANEXO F: ANÁLISE ECONÓMICA.....		F-1

Glossário de Termos

Termo	Definição
A	Área exposta da célula
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CCDR-LVT	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo
C_{CIRVER}	Concentrado enviado para o operador de resíduos CIRVER
CIRVER	Centros Integrados de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos perigosos
C_L	Caudal de concentrado que é encaminhado para as lagoas de retenção
C_{OI}	Caudal de concentrado resultante do sistema de osmose inversa
CQO	Carência Química de Oxigénio
C_{REC}	Volume de concentrado recirculado para o interior das células de deposição de resíduos
DL	Decreto de Lei
ET	Evapotranspiração da célula
ET_0	Evapotranspiração de referência
ETAL	Estação de Tratamento de Águas Lixiviantes
F	Fração de metano no biogás, por volume
H_0	Humidade na célula, no início do intervalo de tempo
H_{DEG}	Humidade perdida devido à degradação dos resíduos orgânicos depositados na célula
H_{RES}	Humidade nos resíduos depositados na célula durante o intervalo de tempo
H_T	Humidade na célula, no fim do intervalo de tempo
I	Infiltração na célula devido a precipitação
L_{CIRVER}	Volume de lixiviado que é encaminhado para o operador de resíduos CIRVER
L_{OI}	Caudal de lixiviados afluente ao sistema de osmose inversa
M	Massa de RSU e resíduos orgânicos na célula
M_{RES}	Massa dos resíduos depositados em cada célula durante o intervalo de tempo
N	Nº médio de dias num mês
OI	Osmose Inversa
P	Precipitação média anual
$Q_{BIOGÁS}$	Produção de biogás
Q_P	Caudal de permeado resultante do sistema de osmose inversa
SST	Sólidos Suspensos Totais
V	Volume de lixiviados removidos de cada célula durante o intervalo de tempo
VLE	Valor Limite de Emissão
V_T	Volume de lixiviado removido do aterro

Termo	Definição
β	Coeficiente de evapotranspiração real
λ	Coeficiente de perda de humidade devido à degradação dos resíduos orgânicos
P_{H_2O}	Densidade da água

1. INTRODUÇÃO

O presente documento “**Estudo da Gestão dos Lixiviados do Aterro Sanitário da RSTJ**” responde à necessidade de apoio especializado à **RSTJ** para preparação de um conjunto de elementos adicionais de projeto, solicitados pela CCDR-LVT no âmbito do processo de licenciamento ambiental do aterro sanitário.

O aterro da RSTJ destina-se à receção de resíduos sólidos urbanos de 10 concelhos: Alcanena, Chamusca, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Golegã, Santarém, Tomar, Torres Novas e Vila Nova da Barquinha.

2. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo a resposta aos elementos questionados pela CCDR-LVT, que dizem respeito, de forma resumida, ao estudo da gestão de lixiviados.

Pretende-se analisar as estruturas existentes no aterro e a situação atual, nomeadamente relativa à acumulação de lixiviados no aterro e à qualidade do efluente descarregado; identificar os problemas e desenvolver soluções para:

- Gestão do aterro sanitário para minimizar a produção de lixiviados
- Extração dos lixiviados
- Armazenamento nas lagoas
- Tratamento por osmose inversa e eventualmente outros processos
- Gestão e eliminação do concentrado
- Descarga do efluente tratado
- Eliminação do “passivo” – lixiviados acumulados nas células

3. SITUAÇÃO HISTÓRICA E ATUAL

3.1 Sistema de gestão de lixiviados

Neste momento na RSTJ está implementado o sistema de tratamento de lixiviados resumido na Figura 3-1. Consiste em:

- Células de deposição de resíduos;
- Sistemas de extração dos lixiviados das células;
- Rede de drenagem de efluentes;
- Lagoas de armazenamento dos lixiviados;
- Sistema de tratamento por osmose inversa;
- Descarga do efluente tratado para linha de água;
- Armazenamento do concentrado, subproduto produzido na osmose inversa.

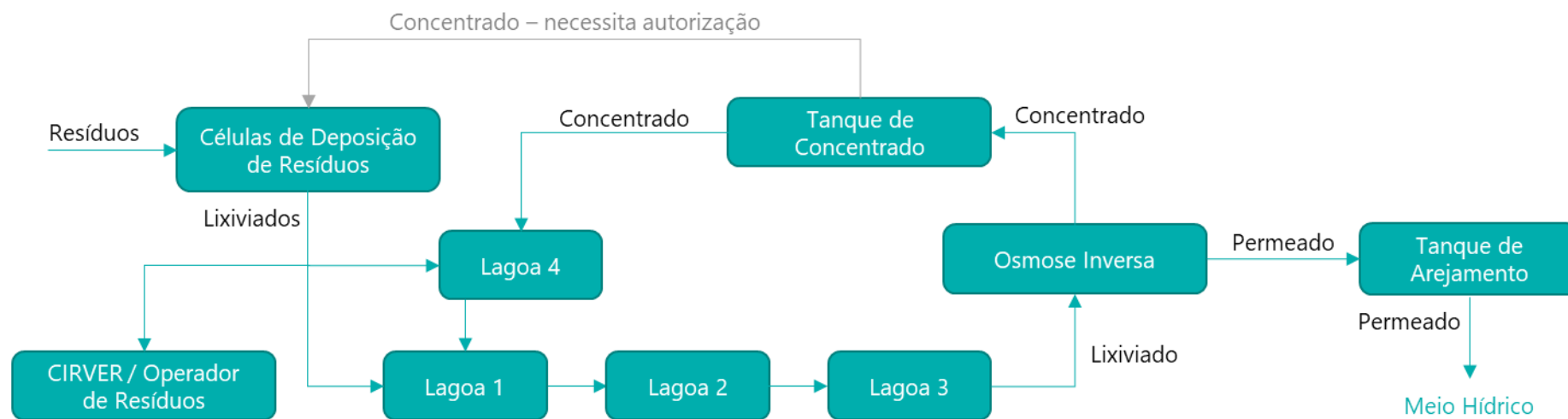


Figura 3-1 – Diagrama representativo do sistema de tratamento de lixiviados implementado na RSTJ.

3.2 Células de deposição de resíduos

No aterro da RSTJ existem 2 células de deposição de resíduos, estando apenas uma em exploração. A Fotografia 3-1 mostra as duas células: à esquerda, parcialmente selada, a Célula 1; e à direita, ainda em exploração, a Célula 2.



Fotografia 3-1 – Células de deposição de resíduos no aterro da RSTJ (junho 2021)
(Fonte da imagem: Google Earth).

A **Célula 1** tem 3 alvéolos, todos ocupados por resíduos. A área total da célula é de 70 700 m², dos quais 10 688 m² (15%) ainda não foram objeto de selagem final (à data de março 2021), estando expostos.

A **Célula 2** tem 5 bacias impermeabilizadas, Alvéolos 4, 5, 6, 7 e 8, com uma área total em planta de 83 580 m² e de fundo de 28 337 m², estando as áreas de cada alvéolo indicadas na Tabela 3-1.

Tabela 3-1 – Áreas dos alvéolos da Célula 2.

Alvéolos da Célula 2	Área em planta (m ²)	Área do fundo (m ²)
Alvéolo 4	26 637	9 737
Alvéolo 5	21 760	9 620
Alvéolo 6	15 308	3 831
Alvéolo 7	9 649	3 202
Alvéolo 8	10 225	1 947
Total	83 580	28 337

Desde 1999 que há deposição de resíduos no aterro da RSTJ. Esta deposição foi exclusiva na Célula 1 até 2014, ano em que se iniciou a exploração da Célula 2. Em 2021 a exploração da Célula 1 terminou, e realizou-se a sua selagem parcial, conforme a Tabela 3-2. No ANEXO B estão resumidas as quantidades de resíduos depositados na RSTJ, nas duas células de exploração, de 1999 a 2021.

Tabela 3-2 – Evolução da selagem parcial da Célula 1.

Área Total do Aterro (m ²)	Área Impermeabilizada			
	-	(m ²)	(%)	(% acumulada)
70 700	Área Impermeabilizada 2018	27 184	38%	38%
	Área Impermeabilizada 2019	17 000	24%	62%
	Área Impermeabilizada 2021	15 828	22%	85%
	Área do Cume do Aterro (por selar)	10 688	15%	100%

3.3 Extração e armazenamento de lixiviados

Tal como em todos os aterros, na RSTJ são produzidos lixiviados nas células de deposição que devem ser removidos, de modo a promover a degradação dos resíduos e consequente produção de biogás, e devidamente tratados.

Da **Célula 1**, os lixiviados são removidos através de três sistemas de bombagem (ANEXO A) com capacidades de 15, 10 e 5 m³/h, correspondendo a um total de 30 m³/h de capacidade de extração.

A remoção dos lixiviados da **Célula 2**, é feita por uma bomba localizada no Alvéolo 6 (ANEXO A), com uma capacidade de 30 m³/h. O Alvéolo 8 está equipado com tubagens para extração de lixiviados, mas não tem bomba instalada.

Apesar de serem conhecidas as capacidades de extração de cada célula, não existe nenhuma medição da quantidade de lixiviados que são extraídos.

Os lixiviados produzidos nas células de deposição de resíduos seguem para um sistema de lagoas de regularização em série. As lagoas de regularização têm a função de regularizar e homogeneizar o lixiviado afluente, sendo importantes devido à variabilidade dos caudais do mesmo, tanto em quantidade como em qualidade. Pode também haver alguma remoção de cargas afluentes nesta etapa, através de alguma biodegradação e sedimentação¹.

Os lixiviados extraídos de ambas as células de deposição, seguem para a Lagoa 1 (Fotografia 3-2), onde são armazenados, para posteriormente seguirem para tratamento. Conforme a necessidade, é

¹ "Resíduos Sólidos Urbanos Princípios e Processo", Levy, J., Cabeças, A., 2008

feita trasfega de lixiviados entre a Lagoa 1 e a Lagoa 4, sendo esta última usada como reserva de capacidade.

A partir da Lagoa 1, o lixiviado vai passar para a Lagoa 2 (Fotografia 3-3) e seguidamente para a Lagoa 3 (Fotografia 3-4) que alimenta o sistema de Osmose Inversa (OI). A disposição das lagoas no aterro está representada na Fotografia 3-5. Na tabela seguinte estão resumidas as capacidades das lagoas.

Tabela 3-3 – Capacidade das lagoas de retenção da RSTJ.

LAGOAS	Volume (m ³)
Lagoa 1	10 290
Lagoa 2	1 950
Lagoa 3	930
Lagoa 4	7 620
Total	20 790



Fotografia 3-2 – Lagoa 1 do aterro da RSTJ.



Fotografia 3-3 – Lagoa 2 do aterro da RSTJ.



Fotografia 3-4 – Lagoa 3 do aterro da RSTJ.



Fotografia 3-5 – Disposição das Lagoas do aterro da RSTJ.

3.4 Tratamento de lixiviados

3.4.1 Sistemas existentes

Depois de extraídos das células de deposição e armazenados nas lagoas, os lixiviados seguem para o sistema de tratamento por Osmose Inversa, constituído por 2 unidades de osmose (designadas OI 1 e OI 2), sendo cada uma delas composta por uma etapa de pré-filtração e duas etapas de osmose inversa em série.

As osmose são alimentadas por lixiviado bruto que está armazenado na Lagoa 3. Resultam do tratamento duas correntes: o concentrado, uma corrente com elevada carga poluente; e o permeado, uma corrente limpa que é descarregada no meio recetor.

No sistema de OI, existe um tanque de equalização interno, prévio ao tratamento (Fotografia 3-6). Neste tanque de entrada é feito um ajuste de pH do lixiviado com injeção de ácido sulfúrico a 98%, passando a um pH de 6,2, tendo inicialmente cerca de 8 (Anexo D.1.1). Depois deste ajuste, o lixiviado com o pH pretendido segue para o sistema de OI.



Fotografia 3-6 – Tanque de equalização interno da Osmose Inversa.

Na pré-filtração o lixiviado passa por um filtro de areia, onde são retidos sólidos com um tamanho superior a 50 μm , seguido por um filtro de cartuchos de 3 μm (Figura 3-2).

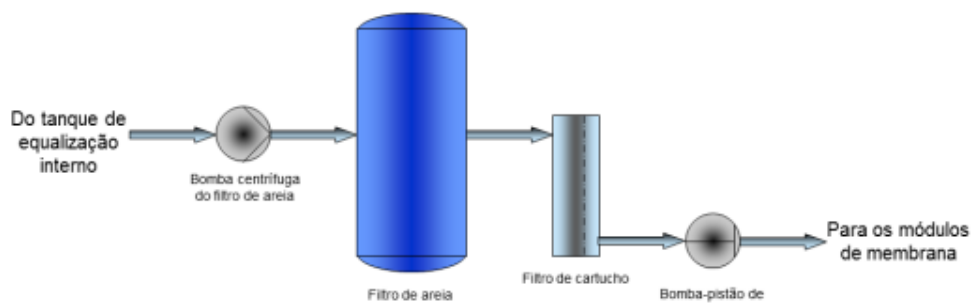


Figura 3-2 – Esquema ilustrativo da secção de pré filtração.²

Depois da pré-filtração, o lixiviado sem sólidos suspensos segue para os módulos de membranas (Fotografia 3-7) onde ocorre uma primeira etapa de tratamento.

A primeira etapa da OI é denominada de “etapa de lixiviado” uma vez que é onde se trata o lixiviado bruto. As membranas utilizadas nesta etapa são mais robustas, com uma maior resistência mecânica e

² “Manual OI – Tratamento por Osmose Inversa”, RSTJ, 2015

com uma maior área de membrana. As características e as condições de operação da primeira etapa de cada unidade de osmose (OI 1 e OI 2) estão resumidas na Tabela 3-4. É de notar que a pressão de operação depende da sujidade das membranas e é ajustada pela medição do caudal do permeado no tubo coletor (Figura 3-3).



Fotografia 3-7 – Módulos de membranas da Osmose Inversa.

Tabela 3-4– Características e condições de operação da primeira etapa de cada unidade de osmose implementado.

1ª ETAPA	Osmose Inversa 1	Osmose Inversa 2
Área de membrana total (m ²)	400	652
Nº de módulos de membranas	16	25
Pressão (bar)	30-75	30-75
Capacidade de caudal nominal (m ³ /h)	5	6,7

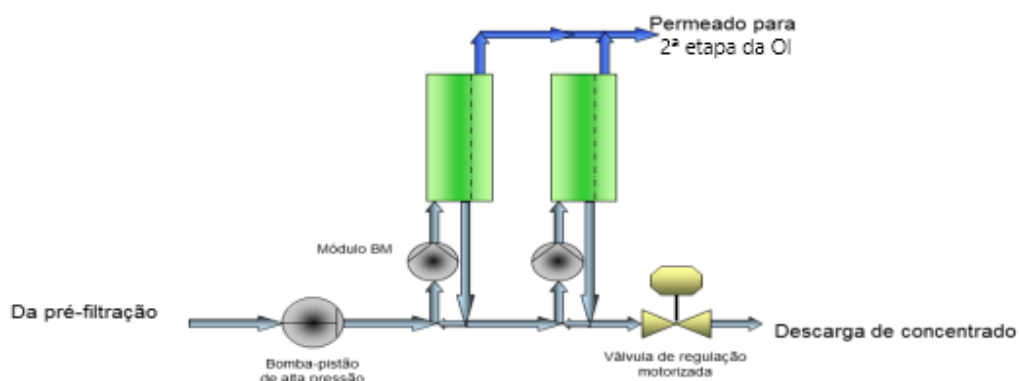


Figura 3-3 – Esquema ilustrativo da primeira etapa de OI.³

Em 2022 foram substituídos, da 1ª etapa, os módulos de membranas da OI 1 e 2 membranas da OI 2.

O concentrado produzido na primeira etapa (Fotografia 3-8) é encaminhado para o tanque de concentrados (Fotografia 3-9 – 240 m³) e depois recircula para as lagoas para ser novamente tratado (ANEXO A). Anteriormente, o concentrado produzido pelo sistema de OI da RSTJ recirculava para o interior das células de modo a acelerar a degradação dos resíduos, produzindo maiores quantidades de biogás. No entanto, atualmente a RSTJ não possui a autorização necessária para efetuar esta recirculação.



Fotografia 3-8 – Concentrado efluente do sistema de Osmose Inversa.

³ “Manual OI – Tratamento por Osmose Inversa”, RSTJ, 2015



Fotografia 3-9 – Tanques de concentrado do aterro da RSTJ.

O permeado da primeira etapa segue para a segunda etapa da osmose inversa: a “etapa de permeado”. Esta etapa tem um menor número de módulos de membrana, uma menor área de membrana e permite uma separação mais fina. As características e as condições de operação da primeira etapa de cada sistema de osmose (OI 1 e OI 2) estão resumidas na Tabela 3-5. Tal como na etapa do lixiviado a pressão de operação é ajustada pela medição do caudal do permeado no tubo coletor (Figura 3-4).

Tabela 3-5 – Características e condições de operação da segunda etapa de cada sistema de osmose implementado.

2ª ETAPA	Osmose Inversa 1	Osmose Inversa 2
Área de membrana total (m ²)	150	200
Nº de módulos de membranas	6	8
Pressão (bar)	20-60	20-60
Capacidade de caudal nominal (m ³ /h)	3,8	4,9

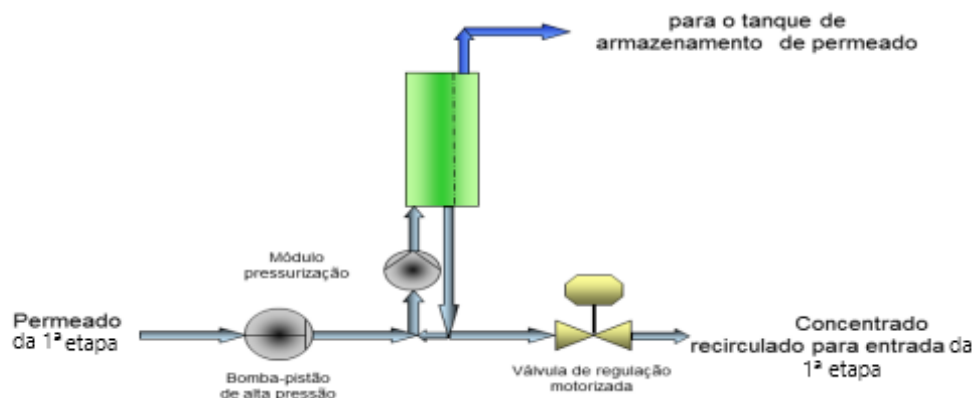


Figura 3-4 – Esquema ilustrativo da segunda etapa de OI.⁴

Depois desta etapa o concentrado recircula para a primeira etapa da OI e o permeado resultante passa por uma coluna de degaseificação para aumentar o pH até ao valor de descarga (pH \approx 8 – Anexo D.2.1). De seguida, permeado tratado (Fotografia 3-10) segue para um tanque de arejamento (Fotografia 3-11 – 390 m³) e é descarregado para o meio hídrico.

O diagrama da Figura 3-5 ilustra o processo de osmose inversa implementado.

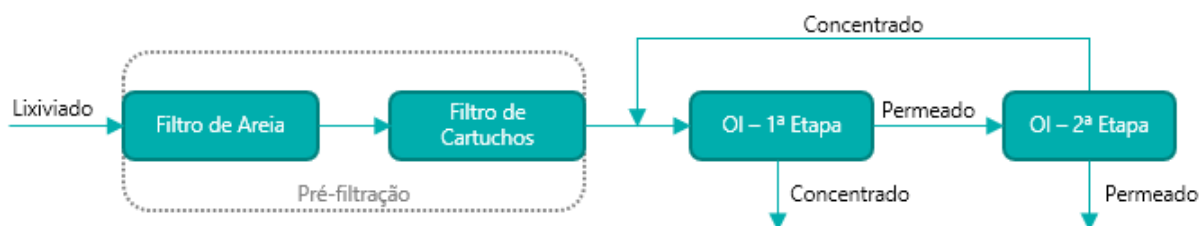


Figura 3-5 – Diagrama representativo de cada unidade de osmose inversa implementada na RSTJ.



Fotografia 3-10 – Permeado resultante do sistema Osmose Inversa.

⁴ “Manual OI – Tratamento por Osmose Inversa”, RSTJ, 2015



Fotografia 3-11 – Tanque de arejamento e regularização do permeado resultante da Osmose Inversa.

3.4.2 Capacidade de tratamento

A capacidade global de tratamento de cada unidade está resumida na Tabela 3-6, bem como a capacidade do sistema de osmose inversa implementada na RSTJ (ETAL).

Tabela 3-6 – Capacidade diária de tratamento de lixiviados do sistema de osmose inversa implementado na RSTJ.

CAPACIDADE DE TRATAMENTO	Osmose Inversa 1	Osmose Inversa 2	ETAL Total
Caudal nominal (m ³ /dia)	120	160	280

É importante notar que ambas as unidades de OI operam apenas entre 90 e 85% da disponibilidade de operação, pois são necessárias fazer interrupções ao tratamento para lavagem do equipamento e para manutenção. Devido ao tempo de utilização elevado das osmose, à não substituição das membranas nas datas previstas e ao estado atual do lixiviado (muito carregado – Anexo D.1.2), o sistema de OI implementado tem uma capacidade de operação bastante reduzida (disponibilidade de operação real ao longo dos anos no Anexo E.5). É de esperar que, com a substituição das membranas, a capacidade de operação se aproxime dos valores de dimensionamento. No ANEXO E estão resumidas as quantidades de lixiviado realmente tratadas e enviadas para um operador de resíduos CIRVER (a ECODEAL) ao longo dos anos, bem como o efluente descarregado e a eficiência do seu tratamento (taxa de recuperação – percentagem do lixiviado tratado que é convertido em permeado), e o concentrado produzido no sistema de OI.

3.4.3 Qualidade do efluente

O Anexo D.2 apresenta resultados das análises da qualidade do efluente tratado, o permeado, e comparação com os VLE (Valores Limite de Emissão) constantes da legislação aplicável, o DL nº 236/98. **Verifica-se que o efluente tratado não tem cumprido com tais VLE, especificamente no que respeita ao azoto amoniacal e total.**

3.4.4 Alterações recentes – 3.ª etapa da OI 2

Para tentar melhorar a qualidade do efluente tratado, em 2022, para além da substituição das membranas de ambas as unidades de OI, iniciou-se a implementação de uma 3ª etapa de osmose na OI 2, estando as características e condições de operação descritas na Tabela 3-7. Ainda não são disponíveis dados relativos à qualidade do permeado efluente quando tratada nesta unidade de OI com 3 etapas, pois a conclusão da sua implementação está prevista para dezembro de 2023, mas deverá permitir melhorar a qualidade do permeado descarregado. A capacidade de tratamento desta osmose será a mesma que a implementada atualmente (160 m³/dia) e o seu diagrama representativo encontra-se na Figura 3-6.

Tabela 3-7 – Características e condições de operação unidade OI 2, com 3 etapas de tratamento.

OSMOSE INVERSA 2	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
Área de membrana total (m ²)	652	200	106
Nº de módulos de membranas	25	8	3
Pressão (bar)	30-75	20-60	20-25
Caudal (m ³ /h)	6,7	4,9	3,5

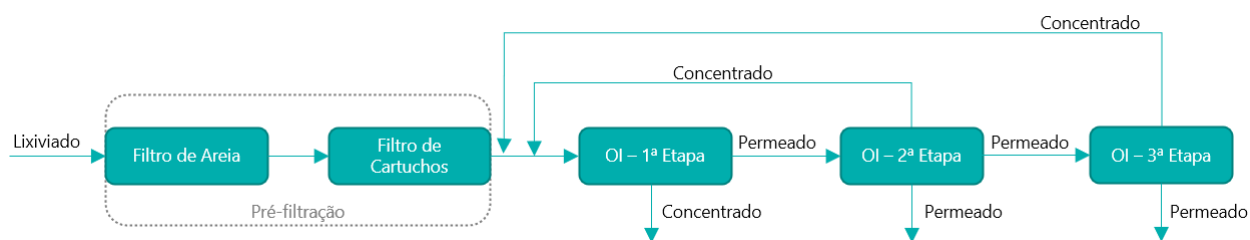


Figura 3-6 – Diagrama representativo da unidade OI 2, com 3 etapas de tratamento.

3.5 Lixiviados acumulados nas células

Através da visita à RSTJ, foi possível verificar que existe uma elevada quantidade de lixiviados acumulados (“passivo”) nas células de deposição de resíduos, nomeadamente na Célula 2, que ainda não está selada. Na Fotografia 3-12, é visível a acumulação de lixiviados no Alvéolo 8.

A quantidade de lixiviados acumulados nas células estima-se em cerca de 96 000 m³ (Tabela Anexo C-1 e Tabela Anexo C-2).



Fotografia 3-12 – Alvéolo 8 da Célula de deposição de resíduos 2 do aterro da RSTJ.

4. DIAGNÓSTICO

Ao analisar a situação histórica e atual do aterro sanitário, foram identificados diversos problemas interligados na gestão dos lixiviados.

Verificou-se que a qualidade do efluente descarregado não cumpre com os valores requeridos por lei, existe uma acumulação significativa de lixiviados nas células e uma gestão desadequada do aterro, com lacunas nas informações recolhidas. Ao longo deste capítulo, serão aprofundados estes problemas e as suas causas.

4.1 Qualidade do efluente tratado

Conforme referido no capítulo 3.4.3, a qualidade do permeado descarregado no meio hídrico não cumpre com os limites legais (VLE) relativos ao azoto amoniacal e total (Anexo D.2.1). A implementação da 3ª etapa de separação na OI 2 e a substituição das membranas deverão contribuir para a resolução deste problema nessa linha, mas ainda não existem dados que o comprovem.

Este incumprimento dos VLE é provocado por diversas situações, nomeadamente:

- Recirculação do concentrado para o interior das lagoas;
- Não arejamento da lagoa anterior à OI;
- Número insuficiente de etapas em cada unidade de OI;
- Não substituição das membranas atempadamente.

4.1.1 Recirculação do concentrado

O concentrado resultante da OI, como foi visto, está a ser armazenado no tanque de concentrados e a recircular novamente para o interior das lagoas, misturando-se com os lixiviados provenientes das células de deposição. Esta prática não é a correta uma vez que o concentrado, pela sua elevada concentração de poluentes, vai carregar o afluente da OI. Isto vai dificultar o tratamento do lixiviado, devido à sua elevada carga poluente, colmatando as membranas mais rapidamente e diminuindo a eficiência / taxa de recuperação da osmose inversa. Assim, o permeado produzido terá uma maior concentração de poluentes que não ficaram retidos nas membranas, uma vez que a concentração inicial dos mesmos era superior à que foi considerada no dimensionamento das osmose.

Deste modo, a recirculação do concentrado para o interior das lagoas contribui para o não cumprimento dos VLE pois vai dificultar a remoção do azoto amoniacal e total, resultando num efluente com uma concentração excessiva destes poluentes.

4.1.2 Arejamento da Lagoa 3

É aconselhado pelos fornecedores de sistemas de OI que seja feito um arejamento na lagoa de armazenamento do lixiviado afluente às osmose, de modo a remover todos os agentes oxidantes, nomeadamente peróxido de hidrogénio, cloro livre e ozono, uma vez que estes danificam irremediavelmente a superfície ativa das membranas.

Sem o arejamento aconselhado, as membranas vão ficando cada vez mais danificadas de forma irreversível, diminuindo a capacidade de separação das mesmas, não existindo retenção na camada ativa dos poluentes a separar. Apesar das membranas de ambas as osmose terem sido substituídas em 2022, não há dados que comprovem se houve ou não uma melhoria na qualidade do permeado.

4.1.3 Osmose inversa com apenas 2 etapas

Segundo os fornecedores dos sistemas de OI, uma unidade de OI com apenas 2 etapas não é suficiente para atingir os valores de azoto amoniacal e total no efluente exigidos pela lei vigente.

4.1.4 Não substituição das membranas

Até à substituição das membranas em 2022, o sistema de OI estava a operar com membranas que tinham ultrapassado o seu tempo de vida útil. Para além disso, como foi referido em 4.1.2, o não arejamento da Lagoa 3 faz com que a camada ativa das membranas seja danificada de forma irreversível. Isto diminua a capacidade de retenção de poluentes na superfície das membranas, permitindo os mesmos passar para o permeado. Assim, a não substituição das membranas atempadamente é uma das causas para a qualidade atual do permeado e do não cumprimento dos VLE.

Espera-se que os novos conjuntos de membranas instalados nas OI 1 e 2 permitam melhorar a qualidade do permeado, mas, de momento, não existem informações que comprovem esta melhoria.

Estas novas membranas também terão de ser substituídas ao atingirem o tempo de vida útil indicado pelo fabricante.

4.2 Acumulação de lixiviados nas células

A produção de lixiviados num aterro sanitário depende maioritariamente de fatores externos (como precipitação, evapotranspiração, líquido proveniente dos resíduos), mas também de fatores internos

(como a humidade consumida na degradação dos resíduos)⁵. No ANEXO C está representada de forma visual quais os fatores que vão influenciar a produção de lixiviados.

A acumulação de lixiviados em cima da impermeabilização inferior da Célula 2 (Fotografia 3-12) é indesejável e deve ser resolvida. Ao analisar a situação atual descrita no capítulo 3, foi possível identificar diferentes causas para este problema:

- Baixa capacidade instalada na ETAL
- Extração de lixiviados insuficiente e mal distribuída pelos alvéolos
- Pouca capacidade de armazenamento de lixiviados
- Recirculação do concentrado para o interior das lagoas
- Não arejamento da lagoa anterior à OI
- Não substituição das membranas atempadamente

4.2.1 Capacidade de tratamento

Sabendo que o sistema de duas osmose, com duas etapas cada, tem uma capacidade de tratar 280 m³/dia (Tabela 3-6), com uma disponibilidade de 85%, seria possível tratar 86 870 m³ de lixiviados num ano. Em 2022 apenas foram tratados 27 411 m³ de lixiviados (Anexo E.1), o que se traduz numa taxa de disponibilidade de apenas 27% (Anexo E.5), produzindo 11 259 m³ de permeado nesse ano (Anexo E.3).

A quantidade de permeado produzida deveria ser, teoricamente, maior ou igual à precipitação que se infiltra nas células (Tabela Anexo C-3) menos a evapotranspiração perdida (Tabela Anexo C-4). Assim, para diminuir a acumulação de lixiviados no aterro, a ETAL deveria ter capacidade de produzir, no mínimo, 58 000 m³/ano de permeado. Neste momento, na RSTJ, apenas se produz 19% do permeado necessário. Considerando que com as novas membranas o sistema de OI passa a ter uma disponibilidade de 50% (e 50% de eficiência / taxa de recuperação – percentagem do lixiviado tratado que é convertida em permeado), apenas se conseguiria tratar 44% do permeado necessário.

Em suma, a capacidade de tratamento instalada de momento na ETAL da RSTJ não é suficiente para conseguir tratar os lixiviados resultantes apenas das trocas atmosféricas, levando a uma acumulação significativa dos mesmos nas células.

⁵ "Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues", Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S, 1993

4.2.2 Extração de lixiviados

Neste momento, as bombas instaladas na Célula 1 têm uma capacidade horária suficiente para gerir os lixiviados produzidos nessa unidade. Poderá existir alguma acumulação excessiva de lixiviados no interior da célula, mas por estar parcialmente selada e por a RSTJ não ter controlo desses valores, não é possível saber a existência ou não de lixiviados acumulados.

Na Célula 2 é visível o problema da acumulação de lixiviados, que em parte é influenciada pelo deficiente sistema de extração implementado na célula. Apesar da bomba instalada ter uma capacidade de extração elevada, esta apenas está a remover lixiviados do Alvéolo 6, havendo nos restantes alvéolos uma acumulação significativa de lixiviados, com destaque para o Alvéolo 8 que é o mais problemático (Fotografia 3-12).

4.2.3 Recirculação do concentrado

Como foi visto anteriormente, o concentrado resultante da OI recircula novamente para o interior das lagoas, misturando-se com os lixiviados provenientes das células de deposição. Mais uma vez, esta prática não é a correta pois o concentrado, pela sua elevada concentração de poluentes, vai carregar o afluente da OI. Isto vai dificultar o tratamento do lixiviado, devido à sua elevada carga poluente, colmatando as membranas mais rapidamente e aumentando a necessidade e a frequência das paragens da ETAL para limpeza e manutenção das osmose. Assim, a recirculação do concentrado para as lagoas vai danificar o sistema de tratamento de lixiviados e diminuir a sua taxa de disponibilidade, diminuindo, conseqüentemente, o volume de lixiviado tratado.

Ao diminuir a capacidade de tratamento da ETAL, devido à baixa taxa de disponibilidade, vai haver uma acumulação de lixiviados no aterro.

4.2.4 Arejamento da Lagoa 3

Conforme referido em 4.1.2, o não arejamento da Lagoa 3 conduz a danos nas membranas das OI, levando à necessidade de realizar paragens frequentes para lavagem e manutenção, e a substituição mais frequente das mesmas. Deste modo, a disponibilidade do sistema de OI é inferior à dimensionada, tratando pouco lixiviado anualmente (comparando com a capacidade nominal das osmose), levando a uma maior acumulação dos mesmos nas células.

4.2.5 Não substituição das membranas

Até à substituição das membranas em 2022, o sistema de OI estava a operar com membranas cujo tempo de vida útil tinha sido ultrapassado. Isto provocava avarias regulares do sistema, sendo necessário efetuar paragens para manutenção. Para além disso, a constante de necessidade de

lavagem das membranas devido à sua idade avançada e constante colmatção, fazia com que a disponibilidade do sistema de tratamento fosse muito menor à dimensionada, resultando num volume de lixiviados tratados na ETAL significativamente menor ao pretendido e necessário. A baixa capacidade de tratamento de lixiviados provoca uma acumulação dos mesmos nas células de deposição de resíduos.

Espera-se que os novos conjuntos de membranas instalados nas OI 1 e 2 gere um aumento na taxa de disponibilidade e permita o tratamento de uma maior quantidade de lixiviado. No entanto, para já, não se dispõe de informações relativas à influência desta substituição no sistema de tratamento.

4.3 Escassez de informação

Salienta-se a escassez de informações relativas ao funcionamento e gestão do aterro, nomeadamente:

- Não medição dos volumes de lixiviados brutos extraídos das células – deve ser pelo menos mensalmente
- Não medição dos níveis de lixiviados nas células – deve ser quinzenalmente
- Não medição da qualidade dos lixiviados brutos extraídos das células,

É de notar que estes parâmetros de amostragem e a medição (volume e composição) dos lixiviados devem ser efetuadas, separadamente, em cada ponto de extração / descarga das células de deposição.

5. DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES

5.1 Soluções alternativas ao tratamento por osmose inversa

Relativamente ao sistema de tratamento, considera-se que não existem processos alternativos, comprovados e compatíveis com a descarga do efluente tratado em linha de água, em cumprimento com os valores limite atualmente impostos.

Existem outros processos de pré-tratamento de lixiviados compatíveis com a descarga em coletor, e posterior tratamento em estação de tratamento de águas residuais urbanas de capacidade adequada. No entanto, não existe ETAR pública de dimensão significativa nas proximidades, no alcance de qualquer sistema interceptor de águas residuais. As ETAR maiores da região (Santarém, Abrantes) ficam no outro lado do rio Tejo.

Deste modo, o presente estudo incide sobre modificações e ampliações a realizar no sistema de osmose inversa do aterro sanitário, bem como alterações à gestão do aterro sanitário em si, com o objetivo de resolver os problemas identificados no capítulo anterior.

5.2 Resumo de soluções analisadas

No presente capítulo são desenvolvidas e avaliadas intervenções e alterações que poderão vir a melhorar os problemas identificados:

- 1) Melhorar o grau de tratamento – 3ª etapa da OI em todas as linhas
- 2) Arejamento dos lixiviados antes da OI
- 3) Substituição das membranas
- 4) Aumento da capacidade de caudal do sistema de osmose inversa
- 5) Reforço da extração dos lixiviados das células
- 6) Aumento da capacidade das lagoas
- 7) Recirculação do concentrado para as células
- 8) Envio do concentrado para um CIRVER
- 9) Antecipação da selagem final das células
- 10) Cobertura diária de todos os resíduos depositados
- 11) Alteração da forma e sequência de deposição

Os pontos 1), 2) e 3) visam, principalmente, a melhoria da qualidade do efluente tratado. No entanto, o arejamento dos lixiviados (2) e a substituição das membranas (3) vão influenciar também a

acumulação de lixiviados nas células, uma vez que vão permitir aumentar a taxa de disponibilidade do sistema de OI, permitindo que maiores caudais de lixiviados sejam tratados.

Os restantes pontos visam à diminuição da acumulação de lixiviados nas células. A qualidade do permeado resultante do sistema de tratamento também será melhorada, consequência dos pontos 7) e 8). É importante notar que não existem outras soluções alternativas para a gestão de concentrados, para além da recirculação dos mesmos para o interior das células (7) ou enviados para um CIRVER (8). Como a última é uma alternativa dispendiosa, sugere-se que a mesma seja feita apenas a curto prazo.

5.3 Melhorar o grau de tratamento – 3ª etapa da osmose inversa em todas as linhas

Perante o não cumprimento dos VLE relativos à concentração de azoto amoniacal e total no permeado descarregado no meio hídrico, propõe-se a implementação de 3 etapas de osmose em todas as unidades de OI. Uma vez que já está a ser implementada a 3ª etapa na OI 2, esta proposta corresponde apenas à melhoria da OI 1, que passaria também a ter 3 etapas em série (diagrama equivalente ao representado na Figura 3-6).

Apenas com 3 etapas de separação em todas as unidades de osmose é que será possível ter, com as mínimas alterações ao aterro, um permeado dentro dos valores de descarga permitidos pelo DL nº 236/98.

5.4 Arejamento dos lixiviados antes da OI

Como foi dito anteriormente, é aconselhado que seja feito um arejamento na lagoa de armazenamento do lixiviado afluente às osmose, de modo a remover todos os agentes oxidantes, nomeadamente peróxido de hidrogénio, cloro livre e ozono, uma vez que estes danificam irremediavelmente a superfície ativa das membranas.

Visto que este arejamento não é efetuado, recomenda-se a introdução de um sistema de arejamento na Lagoa 3, de modo a salvaguardar o novo grupo de membranas instalado recentemente.

5.5 Substituição das Membranas

Como foi dito anteriormente, o estado atual das membranas vai influenciar não só a qualidade do efluente (capítulo 4.1.4), como também a capacidade de tratamento da ETAL instalada na RSTJ (capítulo 4.2.5). No capítulo 3.4.2 foi referido que, em 2022, apenas foram substituídas, da 1ª etapa, as 16 membranas da OI 1 e 2 membranas da OI 2. Deste modo, ficou a faltar a substituição de 23 membranas da 1ª etapa da OI 2 e todas as membranas 2ª etapa de ambas as osmose.

Para melhorar a qualidade do permeado resultante da osmose inversa, e, conseqüentemente, aumentar a capacidade de tratamento da ETAL, aconselha-se que sejam substituídas as membranas que não foram trocadas em 2022. O custo associado à substituição das mesmas está descrito no capítulo 7.5.

5.6 Aumento da capacidade de caudal do sistema de osmose inversa

5.6.1 Solução Proposta

Perante o volume elevado de lixiviados no aterro e a baixa capacidade de tratamento da ETAL em funcionamento na RSTJ, propõe-se como solução a implementação de uma 3ª unidade de tratamento com osmose inversa, em paralelo com as unidades já implementadas. A planta do ANEXO A apresenta a localização proposta para a OI 3.

Esta unidade será semelhante às já implementadas, com 3 etapas de tratamento, sendo o seu diagrama representativo equivalente ao apresentado na Figura 3-6.

5.6.2 Proposta da SOTECNISOL – 200 m³/dia

A SOTECNISOL propôs a implementação de uma 3ª unidade de tratamento com osmose inversa, em paralelo com as unidades já implementadas, e com um caudal de 200 m³/dia. As características e condições de operação propostas estão descritas na Tabela 5-1.

Tabela 5-1 – Características e condições de operação propostas para a 3ª unidade de OI com capacidade de 200 m³/dia – proposta SOTECNISOL.

<i>OSMOSE INVERSA 3</i>	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
Área de membrana total (m ²)	700	225	150
Nº de módulos de membranas	28	9	6
Pressão máxima (bar)	90	57	30
Caudal (m ³ /h)	8,33	7,55	6,79

A implementação desta unidade extra ao sistema de tratamento de lixiviados existente na RSTJ, vai permitir aumentar a quantidade de lixiviados tratada, diminuindo a sua quantidade nas células de deposição de resíduos, contribuindo para a redução deste passivo.

Uma vez que esta unidade de osmose terá uma capacidade de tratamento nominal de 200 m³/dia, a ETAL passará a ter uma capacidade diária de tratamento de 480 m³/dia. É importante notar que, tal como as anteriores, esta unidade de OI opera apenas entre 90 e 85% da disponibilidade de operação, pois são necessárias fazer interrupções ao tratamento para lavagem do equipamento e manutenção.

5.6.3 Outros caudais

De modo a analisar se a proposta da SOTECNISOL permite resolver o problema de acumulação de lixiviados e se é a solução mais viável, foram estudados diferentes cenários (capítulo 0). Entre cada simulação alterou-se o caudal diário da 3ª unidade OI a instalar (Tabela 5-2)

Tabela 5-2 – Caudais diários da 3ª unidade de OI simulados.

CAUDAIS SIMULADOS	Simulação 3	Simulação 4	Simulação 5	Simulação 6
Capacidade de caudal da OI 3 (m ³ /dia)	200	240	280	320
Capacidade de caudal da ETAL (m ³ /dia)	480	520	560	600

5.7 Reforço da extração dos lixiviados das células

Devido ao volume elevado de lixiviados nas células do aterro, bem como nas lagoas, sugere-se um aumento da capacidade dos sistemas de extração dos lixiviados do aterro para a ETAL. Como dito anteriormente (capítulo 4.2.2), é o sistema de extração da Célula 2 que apresenta deficiências impactantes. Recomenda-se a criação de poços de bombagem nos alvéolos não servidos (poço vertical com uma bomba no fundo). No Alvéolo 8 já existe um sistema de tubagens preparado para o efeito, o que facilita a execução (ANEXO A).

Estes poços de bombagem novos seriam abertos utilizando trado, diâmetro cerca de 800 mm. Seriam colocadas tubagens PEAD DN250, perfuradas até 2 m acima do fundo, e instaladas bombas nos interiores. Este sistema fica depois ligado aos coletores existentes. **Seria essencial ter muito cuidado na abertura do poço para não furar a selagem inferior da célula. A abertura do poço deve terminar se atingir a pedra da camada mineral drenante.**

A tabela seguinte resume as alterações a realizar no sistema de extração de lixiviados no aterro.

Tabela 5-3 – Intervenções a realizar no sistema de extração de lixiviados do aterro da RSTJ.

INTERVENÇÕES NO SISTEMA DE EXTRAÇÃO DE LIXIVIADOS	Célula 1	Célula 2
Célula 1	Sem intervenções – Poços existentes	-
Alvéolo 4	-	Implementação de um poço vertical aberto nos resíduos
Alvéolo 5	-	Implementação de um poço vertical aberto nos resíduos
Alvéolo 6	-	Sem intervenções – Poço existente
Alvéolo 7	-	Implementação de um poço vertical aberto nos resíduos
Alvéolo 8	-	Implementação de bomba

5.8 Aumento da capacidade das lagoas

A produção de lixiviados sofre variações sazonais fortes em qualquer aterro sanitário português, porque resulta da precipitação. De momento, estas variações são efetivamente acomodadas nas células, especialmente o Alvéolo 8 da Célula 2, que funciona como lagoa de armazenamento. Esta acumulação ocorre devido à falta de capacidade das lagoas existentes: os operadores limitam a extração dos lixiviados de modo a não causar o transbordo das lagoas.

Deste modo, recomenda-se o aumento da capacidade de armazenamento em lagoas de retenção, acrescentando 22 000 m³ à capacidade existente. As lagoas a construir devem ser impermeabilizadas com geocompósito bentonítico e geomembrana PEAD, e necessitarão de uma área de implantação de pelo menos 7000 m². Este espaço não é disponível no interior do recinto atual do aterro da RSTJ.

5.9 Recirculação do concentrado para as células

Conforme acima referido, o concentrado produzido no sistema de OI está a ser inteiramente recirculado, erradamente, para o interior das lagoas a montante da OI, para ser tratado novamente.

Enquanto a RSTJ não tem autorização para recircular o concentrado para o interior das células de deposição de resíduos, sugere-se que o mesmo seja armazenado, não recirculando para as lagoas.

Quando possuir autorização, a RSTJ deve recircular o concentrado produzido para o interior das células de deposição. Esta recirculação deve ser feita de forma uniforme no aterro, isto é, com uma boa distribuição do concentrado, evitando descarregar sempre no mesmo local, dando origem a zonas secas e zonas com líquido excessivo. Aconselha-se que a infiltração seja feita em pelo menos 5 pontos por célula.

Propõe-se inicialmente infiltrar na Célula 1. Quando houver zonas acabadas e seladas na Célula 2, e quando esta célula tiver níveis de lixiviados mais baixos, podia haver infiltração na mesma.

Entende-se que, de acordo com boas práticas, a recirculação de concentrado apenas pode ser realizada quando a célula destino não tiver acumulação significativa de lixiviados no interior.

5.10 Envio do concentrado para um CIRVER

Enquanto a RSTJ não possui a autorização para recircular o concentrado para o interior das células e quando a capacidade máxima de armazenamento do mesmo for atingida, sugere-se o envio do concentrado para um operador de resíduos CIRVER.

Esta solução tem de ser uma medida a curto prazo, pois é muito dispendiosa, no passado o custo de envio foi da ordem dos 60€/m³. Seria implementada apenas até a RSTJ ter a autorização de recirculação necessária. Até lá, tem de haver subcontratação do CIRVER para remoção dos concentrados, terminando com o envio dos lixiviados para o operador de resíduos (em maior volume que o concentrado).

5.11 Antecipação da selagem final das células

No capítulo 4.2 demonstrou-se a influência que a precipitação tem na produção de lixiviados, mostrando a importância da selagem final das células. Deste modo, sugerem-se duas soluções de selagem, distintas entre células, de modo a minimizar a entrada das chuvas.

Na Célula 1, sugere-se a selagem total de imediato, deixando vários poços para a eventual infiltração da recirculação de concentrado (conforme a sugestão do ponto 5.9).

Na Célula 2, têm de ser selados, de imediato, todos os taludes acabados.

5.12 Cobertura diária de todos os resíduos depositados

Uma melhor gestão do aterro e dos resíduos iria contribuir para a diminuição da quantidade de lixiviados nas células de deposição.

É importante fazer a **cobertura diária de todos os resíduos depositados** naquele dia com solos. Sugere-se que sejam cobertas camadas de 2,5 m de resíduos com 25 cm de solos permeáveis, compactados.

5.13 Alteração da forma e sequência de deposição

Para além das soluções descritas em 5.11 e 5.12, é necessário reduzir as áreas de exploração. Isto é, depositar os resíduos apenas num alvéolo até ser atingida a cota final e depois proceder à selagem final do mesmo. Só depois de atingida a capacidade máxima de um alvéolo é que se inicia a deposição de resíduos no seguinte (Figura 5-1). Isto permite que a exploração do aterro seja feita de forma mais compacta, evitando elevadas áreas expostas, diminuindo a quantidade de infiltração da água das chuvas nos alvéolos.

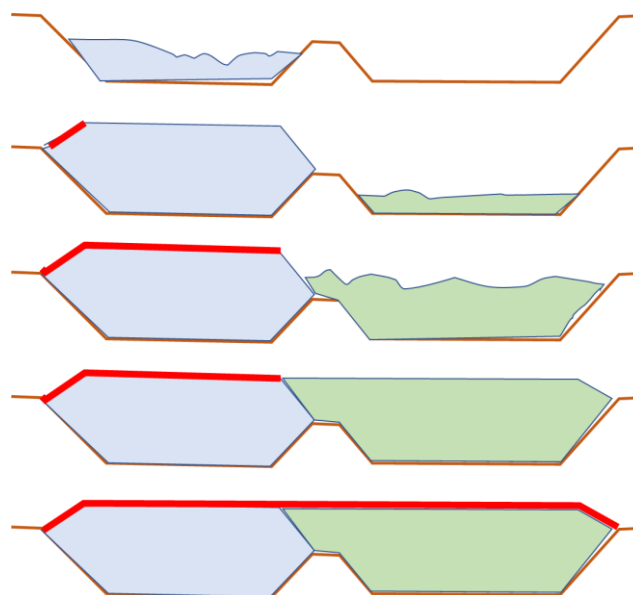


Figura 5-1 – Esquemático da sequência de enchimento proposta.

Estas soluções, para além de diminuírem a quantidade de lixiviados produzidos no aterro, vão também diminuir a existência de animais de grande porte à volta do aterro e permitir que a degradação anaeróbia dos resíduos inicie o quanto antes.

5.14 Resumo das soluções propostas

Conforme os pontos anteriores, propõe-se a implementação das ações e soluções seguintes:

De modo a resolver estes problemas recomendam-se as medidas seguintes:

- 1) Osmose inversa
 - a) Melhorar o grau de tratamento da 1ª linha da osmose inversa (OI 1) pela instalação de 3ª etapa de osmose;
 - b) Instalar o arejamento dos lixiviados antes da osmose inversa (OI), isto é, na Lagoa 3;
 - c) Aumentar a capacidade de caudal do sistema de osmose inversa, através da implementação de uma 3ª unidade de osmose (OI 3), recomendando-se uma capacidade de caudal de **280 m³/dia**;
 - d) Proceder à substituição periódica de todas as membranas instaladas nas OI existentes e a instalar de acordo com as recomendações dos fabricantes;
- 2) Armazenamento e bombagem de lixiviados e concentrado
 - a) Reforçar os sistemas de extração dos lixiviados da Célula 2;
 - b) Aumentar da capacidade de armazenamento de lixiviados brutos, pela construção de uma ou mais lagoas com capacidade total de 22 000 m³;
 - c) Nunca recircular o concentrado da OI para as lagoas;
 - d) Recircular o concentrado para as células de deposição de resíduos, nomeadamente para a Célula 1;
 - e) Apenas enviar o concentrado para um CIRVER enquanto a RSTJ não possuir autorização para recircular o concentrado para as células (medida a curto prazo);
- 3) Gestão do aterro sanitário
 - a) Proceder à selagem final progressiva das células, o mais cedo possível;
 - b) Realizar a cobertura diária de todos os resíduos depositados, com camada de solos;
 - c) Alterar a forma e sequência de deposição.

5.15 Programação

Considera-se que maioria das soluções propostas serão implementadas no “Ano 1”, enquanto as alterações maiores (lagoa de armazenamento, terceira linha de osmose inversa e reforço de extração de lixiviados) funcionarão a partir do “Ano 2”.

6. SIMULAÇÕES

Para melhor aconselhar a RSTJ na solução para o problema de gestão de lixiviados, foi desenvolvido um modelo (ANEXO C) que permite simular o passivo existente em 2022 no aterro e avaliar a influência que as soluções propostas terão na acumulação futura de lixiviados.

6.1 Situação Atual

A situação atual, correspondente ao ano 2022, foi determinada conforme o Anexo C.1. Do mesmo modo, a situação no aterro no final do ano de 2021 corresponde à condição inicial considerada no início de 2022. Assim, a quantidade de lixiviados no aterro nestes anos está resumida na Tabela 6-1.

Tabela 6-1 – Quantidade de lixiviados no aterro da RSTJ em 2021 e 2022.

Ano	Célula 1		Célula 2		H _T aterro (m ³)
	Nível (m)	H _T (m ³)	Nível (m)	H _T (m ³)	
2021	0,5	24 745	3,6	71 137	95 882
2022	0,6	27 299	7,1	140 551	167 850

Onde,

H_T = humidade na célula, no fim do intervalo de tempo (m³)

Nível = Nível médio de lixiviado na célula, no fim do intervalo de tempo (m)

6.2 Simulação 1 – Situação sem alterações

Esta simulação considerando que nenhuma alteração sugerida é implementada no aterro, isto é: não se instala a 3ª etapa de tratamento na OI; não se implementa o arejamento à entrada das osmose; não é feita a substituição das membranas em falta; não se aumenta a capacidade de tratamento, nem das lagoas; não se termina com a recirculação do concentrado para o interior das lagoas; não se procede à selagem final nem diária das células; e, por fim, não se altera a forma e a sequência de deposição de resíduos. Foi feita uma simulação para 8 anos, considerando a situação atual (2022) o "Ano 0".

Para simular esta situação foram consideradas algumas estimativas definidas no cálculo do "Ano 0". Em primeiro lugar considerou-se que a humidade inicial, em cada célula, era igual ao H_T de cada célula determinado para o ano anterior, bem como o nível médio de lixiviados (Anexo C.2.1). Considerou-se também que a massa de resíduos depositada na Célula 2 se mantinha igual à definida no "Ano 0" e foi constante ao longo do tempo de simulação. Deste modo, determinou-se H_{RES}, Q_{BIOGÁS} e H_{DEG}, descritos no Anexo C.2.1.

Relativamente à área exposta de cada uma das células, considerou-se que não houve nenhuma selagem, ou seja, não se alterou este valor em nenhuma das células para os anos simulados. Do mesmo modo, como são influenciados pela área exposta, os parâmetros I e ET foram constantes e iguais ao "Ano 0" ao "Ano 8" (Anexo C.2.1).

Em 2022, como visto anteriormente, foram substituídas algumas membranas das osmose e iniciou-se a implementação da 3ª etapa na OI 2. Ainda não são disponíveis dados que mostrem a influência destas alterações no processo, mas espera-se que vão melhorar a taxa de disponibilidade e a eficiência do sistema de tratamento. Desta forma, considerou-se que iria haver um incremento de 5% da disponibilidade em cada ano simulado, até atingir 50%, mantendo-se constante até ao final da simulação (Anexo C.2.2). Relativamente à eficiência, considerou-se que a mesma aumentou para 50% no "Ano 1" e manteve-se igual ao longo do tempo.

A capacidade de tratamento nominal foi a mesma que em 2022 (280 m³/dia) e o caudal de lixiviado tratado está descrito no Anexo C.2.2, bem como o do permeado e concentrado resultantes.

Comparando o permeado efluente das osmose com o permeado mínimo necessário, determinado no capítulo 4.2.1 (58 000 m³/ano), nota-se que, mesmo com o aumento da taxa de disponibilidade e da eficiência, o sistema de tratamento apenas consegue produzir, no máximo, 44% do permeado necessário (Anexo C.2.2), mostrando a baixa capacidade instalada na RSTJ.

O concentrado efluente da OI está a recircular completamente para as lagoas. Na simulação apenas é possível mostrar a influência que esta prática tem nos caudais envolvidos, contribuindo para a acumulação de lixiviados, mas a consequência mais impactante desta recirculação prende-se na degradação do sistema de tratamento e das membranas instaladas, como foi visto anteriormente.

Relativamente ao volume de lixiviados extraídos de cada célula, manteve-se uma proporção de 25% da Célula 1 e 75% da Célula 2. Estas percentagens podem-se traduzir nos caudais descritos no Anexo C.2.3.

Deste modo, e analisando o Anexo C.2.4, verifica-se que o nível dos lixiviados da Célula 2 vai aumentar ao longo do tempo, com um aumento de cerca de 3 m por ano. Na Célula 1 o nível de lixiviados manter-se-á constante e pouco significativo.

Em suma, se não forem efetuadas as alterações propostas neste relatório, a acumulação de lixiviados nas células vai continuar: no final dos 8 anos simulados, as células 1 e 2 da RSTJ terão, respetivamente, cerca de 0,5 e 31,5 m de nível de lixiviado acumulado. Assim, nota-se a necessidade urgente de efetuar as alterações recomendadas, senão não será eliminado o problema da acumulação do passivo, como vai piorar.

6.3 Simulação 2 – Manter capacidade de OI

No segundo cenário simulado, considerou-se que a maioria das soluções sugeridas seriam implementadas, com exceção do aumento da capacidade da ETAL, da melhoria dos sistemas de extração de lixiviados e do aumento da capacidade das lagoas.

Tal como na simulação anterior, considerou-se que a humidade inicial, em cada célula, era igual ao H_T de cada célula determinado para o ano anterior, bem como o nível médio de lixiviados (Anexo C.3.1). Considerou-se também que a massa de resíduos depositada na Célula 2 se mantinha igual à definida no "Ano 0" e foi constante ao longo do tempo de simulação. Deste modo, determinou-se H_{RES} , $Q_{BIOGÁS}$ e H_{DEG} , descritos no Anexo C.3.1.

Relativamente à área exposta de cada uma das células, foram feitas alterações de modo a satisfazer as propostas feitas nos capítulos 5.11, 5.12 e 5.13. Considerou-se que a Célula 1 seria completamente selada no "Ano 2", passando a área exposta a ser 0 m². Na Célula 2, esta selagem seria gradual, isto é, a partir do "Ano 2", de 3 em 3 anos, a área exposta diminui 14% relativamente ao "Ano 0" (83 850 m³). Tanto a infiltração da precipitação nas células como a evapotranspiração são dependentes da área exposta. Deste modo, com a sua alteração, os parâmetros I e ET vão variar consoante a área. No Anexo C.3.1 é possível verificar esta consideração.

Não se considerou nenhum aumento na capacidade de tratamento da ETAL, no entanto, assumiu-se que seriam substituídas as membranas que não foram trocadas até 2022 e implementados a 3ª etapa em todas as osmose e o arejamento do lixiviado afluente à OI. Estas medidas não têm um impacto direto no caudal tratado (mantendo-se o mesmo a 280 m³/dia), mas vão influenciar a taxa de disponibilidade e a eficiência (taxa de recuperação). Deste modo, considerou-se do "Ano 2" ao "Ano 8" uma disponibilidade de 85% e uma eficiência de 65%, e no "Ano 1" ambos parâmetros foram definidos a 50%. Assim, o caudal de lixiviado tratado está descrito no Anexo C.3.2, bem como o do permeado e concentrado resultantes.

Comparando o permeado efluente das osmose com o permeado mínimo necessário determinado no capítulo 4.2.1 (58 000 m³/ano), nota-se que, mesmo com o aumento da taxa de disponibilidade e da eficiência, o sistema de tratamento ainda não consegue tratar todo o lixiviado proveniente das trocas atmosféricas, ainda que consiga produzir 97% do permeado necessário (Anexo C.3.2). **Assim, as alterações sugeridas, apesar de importantes, não seriam suficientes para dar vazão à quantidade de passivo atual e futura no aterro. É necessário aumentar a capacidade de tratamento.**

O concentrado efluente da OI está a recircular completamente para o aterro, indo na sua totalidade para a Célula 1. Desta forma, recirculam-se 3,5 m³/h de concentrado, o que corresponde a um caudal de cerca de 30 400 m³/ano (Anexo C.3.3). Na simulação não se considerou nenhum envio de concentrado para um CIRVER, uma vez que se trata de uma medida não ideal, dispendiosa e a curto prazo.

Relativamente ao volume de lixiviados extraídos de cada célula, dos 10 m³/h de lixiviados extraídos (86 900 m³/ano), 3 m³/h (30 400 m³/ano) são provenientes da Célula 1, e 7 m³/h (56 500 m³/ano) da Célula 2. Isto corresponde a uma proporção de remoção de 35% da Célula 1 e 65% da Célula 2 (Anexo C.3.3). Verificando os caudais horários, é de notar que o sistema de extração de lixiviados tem capacidade para atingir estes valores. O problema prende-se com a distribuição desta extração na Célula 2, que não se consegue modelar na simulação.

Deste modo, e analisando o Anexo C.3.4, verifica-se que o nível dos lixiviados da Célula 1 se mantém baixo, e na Célula 2 há um aumento gradual ao longo dos anos, atingindo 12 m de altura de lâmina líquida no "Ano 8". Isto mostra a importância do aumento da capacidade de tratamento do sistema de osmose. Sem aumentar a capacidade da ETAL os lixiviados acumulados na Célula 2 não são escoados.

Tem de se remover mais lixiviado da mesma para conseguir diminuir a acumulação nas células, eliminando o passivo.

6.4 Simulação 3 – OI 3 com 200 m³/dia

Nesta simulação assumiu-se um cenário semelhante ao da Simulação 2, com exceção do aumento da capacidade de tratamento da ETAL.

Tal como na simulação anterior, considerou-se que a humidade inicial, em cada célula, era igual ao H_T de cada célula determinado para o ano anterior, bem como o nível médio de lixiviados (Anexo C.4.1). Considerou-se também que a massa de resíduos depositada na Célula 2 se mantinha igual à definida no "Ano 0" e foi constante ao longo do tempo de simulação. Deste modo, determinou-se H_{RES}, Q_{BIOGÁS} e H_{DEG}, descritos no Anexo C.4.1.

Relativamente à área exposta de cada uma das células, foram feitas alterações de modo a satisfazer as propostas feitas nos capítulos 5.11, 5.12 e 5.13. Considerou-se que a Célula 1 seria completamente selada no "Ano 2", passando a área exposta a ser 0 m². Na Célula 2, esta selagem foi definida de forma gradual, isto é, a partir do "Ano 2", de 3 em 3 anos, a área exposta diminui 14% relativamente ao "Ano 0" (83 850 m³). Tanto a infiltração da precipitação nas células como a evapotranspiração são dependentes da área exposta. Deste modo, com a sua alteração, os parâmetros I e ET vão variar consoante a área. No Anexo C.4.1 é possível verificar esta consideração.

Em relação à capacidade de tratamento, como foi visto anteriormente, foi sugerido pela SOTECNISOL a implementação de uma 3ª unidade de tratamento com osmose inversa, em paralelo com as unidades já implementadas, e com um caudal de 200 m³/dia (Q1). Nesta simulação considerou-se a ETAL proposta e descrita no capítulo 5.6.2, com implementação no "Ano 2".

Para fins de simulação, do "Ano 2" ao "Ano 8", foi considerada uma taxa de disponibilidade de 85% e uma eficiência de 65%, uma vez que, tal como anteriormente, considerou-se que seria implementada a 3ª etapa em todas as osmose, bem como a substituição das membranas e o arejamento do lixiviado afluente à OI, que não alteram a capacidade de caudal tratado, mas vão influenciar a taxa de disponibilidade e a eficiência. No "Ano 1" ambos parâmetros foram definidos a 50%. Assim, o caudal de lixiviado tratado está descrito no Anexo C.4.2, bem como o do permeado e concentrado resultantes.

Comparando o permeado efluente das osmose com o permeado mínimo necessário determinado no capítulo 4.2.1 (58 000 m³/ano), nota-se que com esta alteração de caudal tratado é possível produzir 167% do permeado necessário (Anexo C.4.2). Assim, verifica-se a importância do aumento da capacidade do sistema de tratamento para a eliminação do passivo.

O concentrado efluente da OI está a recircular completamente para o aterro, indo na sua totalidade para a Célula 1. Desta forma, recirculam-se cerca de 6 m³/h de concentrado, o que corresponde a um caudal de 52 100 m³/ano (Anexo C.4.3). Na simulação não se considerou nenhum envio de concentrado para um CIRVER, uma vez que se trata de uma medida não ideal, dispendiosa e a curto prazo.

Relativamente ao volume de lixiviados extraídos de cada célula, dos 17 m³/h de lixiviados extraídos (148 900 m³/ano), 6 m³/h (52 100 m³/ano) são provenientes da Célula 1, e 11 m³/h (96 700 m³/ano) da Célula 2. Isto corresponde a uma proporção de remoção de 35% da Célula 1 e 65% da Célula 2 (Anexo C.4.3). Verificando os caudais horários, é de notar que o sistema de extração de lixiviados tem capacidade para atingir estes valores. O problema prende-se com a distribuição desta extração na Célula 2, que não se consegue modelar na simulação.

Deste modo, e analisando o Anexo C.4.4, verifica-se que o nível dos lixiviados da Célula 1 se mantém baixo. Na Célula 2 há uma diminuição do nível de lixiviados de cerca de 1 m por ano, chegando ao "Ano 7" a uma altura de lâmina líquida de 0,3 m, sendo que no "Ano 8" já não se tem lixiviados no aterro. Assim, é de notar a importância da implementação da 3ª unidade de OI e verifica-se que com um caudal de 200 m³/dia na OI 3 apenas se consegue eliminar o passivo da Célula 2 ao fim de 8 anos.

6.5 Simulação 4 – OI 3 com 240 m³/dia

Tal como na simulação anterior, considerou-se um cenário semelhante ao da Simulação 2, com exceção da capacidade de tratamento da ETAL.

Definiu-se que a humidade inicial, em cada célula, era igual ao H_T de cada célula determinado para o ano anterior, bem como o nível médio de lixiviados (Anexo C.5.1). Considerou-se também que a massa de resíduos depositada na Célula 2 se mantinha igual à definida no "Ano 0" e foi constante ao longo do tempo de simulação. Deste modo, determinou-se H_{RES}, Q_{BIOGÁS} e H_{DEG}, descritos no Anexo C.5.1.

Relativamente à área exposta de cada uma das células, foram feitas alterações de modo a satisfazer as propostas feitas nos capítulos 5.11, 5.12 e 5.13. Considerou-se que a Célula 1 seria completamente selada no "Ano 2", passando a área exposta a ser 0 m². Na Célula 2, esta selagem seria gradual, isto é, a partir do "Ano 2", de 3 em 3 anos, a área exposta diminui 14% relativamente ao "Ano 0" (83 850 m³). Tanto a infiltração da precipitação nas células como a evapotranspiração são dependentes da área exposta. Deste modo, com a sua alteração, os parâmetros I e ET vão variar consoante a área. No Anexo C.5.1 é possível verificar esta consideração.

Em relação à capacidade de tratamento, considerou-se a implementação de uma 3ª unidade de tratamento com osmose inversa, em paralelo às unidades já implementadas, com um caudal de 240 m³/dia (Q2) e implementação no "Ano 2". Esta unidade será semelhante às existentes, com 3 etapas de tratamento, sendo o seu diagrama representativo equivalente ao apresentado na Figura 3-6.

Uma vez que esta unidade de osmose, terá uma capacidade de tratamento nominal de 240 m³/dia, a ETAL passará a ter uma capacidade diária de tratamento de 520 m³/dia (Tabela 5-2).

É importante notar que, tal como as anteriores, esta unidade de OI operará apenas entre 90 e 85% da disponibilidade de operação, pois são necessárias fazer interrupções ao tratamento para lavagem do equipamento e manutenção. Para fins de simulação, do "Ano 2" ao "Ano 8", foi considerada uma taxa de disponibilidade de 85% e uma eficiência de 65%, uma vez que, tal como anteriormente, considerou-se que seria implementada a 3ª etapa em todas as osmose, bem como a substituição das membranas e o arejamento do lixiviado afluente à OI, que não alteram a capacidade de caudal tratado, mas vão influenciar a taxa de disponibilidade e a eficiência. No "Ano 1" ambos parâmetros foram

definidos a 50%. Assim, o caudal de lixiviado tratado está descrito no Anexo C.5.2, bem como o do permeado e concentrado resultantes.

Comparando o permeado efluente das osmose com o permeado mínimo necessário determinado no capítulo 4.2.1 (58 000 m³/ano), nota-se que com esta alteração de caudal tratado é possível produzir 181% do permeado necessário (Anexo C.5.2). Assim, verifica-se a importância do aumento da capacidade do sistema de tratamento para a eliminação do passivo.

O concentrado efluente da OI está a recircular completamente para o aterro, indo na sua totalidade para a Célula 1. Desta forma, recirculam-se cerca de 6,5 m³/h de concentrado, o que corresponde a um caudal de 56 500 m³/ano (Anexo C.5.3). Na simulação não se considerou nenhum envio de concentrado para um CIRVER, uma vez que se trata de uma medida não ideal, dispendiosa e a curto prazo.

Relativamente ao volume de lixiviados extraídos de cada célula, dos 18 m³/h de lixiviados extraídos (161 300 m³/ano), 6 m³/h (56 500 m³/ano) são provenientes da Célula 1, e 12 m³/h (104 800 m³/ano) da Célula 2. Isto corresponde a uma proporção de remoção de 35% da Célula 1 e 65% da Célula 2 (Anexo C.5.3). Verificando os caudais horários, é de notar que o sistema de extração de lixiviados tem capacidade para atingir estes valores. O problema prende-se com a distribuição desta extração na Célula 2, que não se consegue modelar na simulação.

Deste modo, e conforme o Anexo C.5.4, verifica-se que a altura dos lixiviados da Célula 1 se mantém pouco significativa. Na Célula 2 há uma diminuição do nível de lixiviados de cerca de 2 m por ano, chegando ao "Ano 6" sem lixiviados acumulados. Assim, é de notar a importância da implementação da 3ª unidade de OI e verifica-se que se consegue eliminar o passivo da Célula 2 no 6º ano simulado com uma capacidade de 240 m³/dia na OI 3.

6.6 Simulação 5 – OI 3 com 280 m³/dia

Tal como na simulação anterior, considerou-se um cenário semelhante ao da Simulação 2, com exceção da capacidade de tratamento da ETAL. Definiu-se que a humidade inicial, em cada célula, era igual ao H_T de cada célula determinado para o ano anterior, bem como o nível médio de lixiviados (Anexo C.6.1). Considerou-se também que a massa de resíduos depositada na Célula 2 se mantinha igual à definida no "Ano 0" e foi constante ao longo do tempo de simulação. Deste modo, determinou-se H_{RES}, Q_{BIOGÁS} e H_{DEG}, descritos no Anexo C.6.1.

Relativamente à área exposta de cada uma das células, foram feitas alterações de modo a satisfazer as propostas feitas nos capítulos 5.11, 5.12 e 5.13. Considerou-se que a Célula 1 seria completamente selada no "Ano 2". Na Célula 2, esta selagem será gradual, isto é, a partir do "Ano 2", de 3 em 3 anos, a área exposta diminui 14% relativamente ao "Ano 0" (83 850 m³). Tanto a infiltração da precipitação nas células como a evapotranspiração são dependentes da área exposta. Deste modo, com a sua alteração, os parâmetros I e ET vão variar consoante a área. No Anexo C.6.1 é possível verificar esta consideração.

Em relação à capacidade de tratamento, considerou-se a implementação de uma 3ª unidade de tratamento com osmose inversa, em paralelo às unidades já implementadas, com um caudal de 280 m³/dia (Q3) e implementação no "Ano 2". Esta unidade será semelhante às existentes, com 3 etapas de tratamento, sendo o seu diagrama representativo equivalente ao apresentado na Figura 3-6.

Uma vez que esta unidade de osmose, terá uma capacidade de tratamento nominal de 280 m³/dia, a ETAL passará a ter uma capacidade diária de tratamento de 560 m³/dia (Tabela 5-2).

É importante notar que, tal como as anteriores, esta unidade de OI operará apenas entre 90 e 85% da disponibilidade de operação, pois são necessárias fazer interrupções ao tratamento para lavagem do equipamento e manutenção. Para fins de simulação, do "Ano 2" ao "Ano 8", foi considerada uma taxa de disponibilidade de 85% e uma eficiência de 65%, uma vez que, tal como anteriormente, considerou-se que seria implementada a 3ª etapa em todas as osmose, bem como a substituição das membranas e o arejamento do lixiviado afluente à OI, que não alteram a capacidade de caudal tratado, mas vão influenciar a taxa de disponibilidade e a eficiência. No "Ano 1" ambos parâmetros foram definidos a 50%. Assim, o caudal de lixiviado tratado está descrito no Anexo C.6.2, bem como o do permeado e concentrado resultantes.

Comparando o permeado efluente das osmose com o permeado mínimo necessário determinado no capítulo 4.2.1 (58 000 m³/ano), nota-se que com esta alteração de caudal tratado é possível produzir 195% do permeado necessário (Anexo C.6.2).

O concentrado efluente da OI está a recircular completamente para o aterro, indo na sua totalidade para a Célula 1. Desta forma, recirculam-se cerca de 7 m³/h de concentrado, o que corresponde a um caudal de 60 800 m³/ano (Anexo C.6.3). Na simulação não se considerou nenhum envio de concentrado para um CIRVER, uma vez que se trata de uma medida não ideal, dispendiosa e a curto prazo.

Relativamente ao volume de lixiviados extraídos de cada célula, dos 20 m³/h de lixiviados extraídos (173 700 m³/ano), 7 m³/h (60 800 m³/ano) são provenientes da Célula 1, e 13 m³/h (112 900 m³/ano) da Célula 2. Isto corresponde a uma proporção de remoção de 35% da Célula 1 e 65% da Célula 2 (Anexo C.6.3). Verificando os caudais horários, é de notar que o sistema de extração de lixiviados tem capacidade para atingir estes valores. O problema prende-se com a distribuição desta extração na Célula 2, que não se consegue modelar na simulação.

Deste modo, e analisando o Anexo C.6.4, verifica-se que a altura dos lixiviados da Célula 1 se mantém pouco significativa. Na Célula 2 há uma diminuição do nível de lixiviados de cerca de 2 m por ano, chegando no "Ano 5" a uma altura de lâmina líquida de 0,4 m, sendo que a partir do "Ano 6" já não se tem lixiviados no aterro. Assim, é de notar a importância da implementação da 3ª unidade de OI e verifica-se que se consegue eliminar o passivo da Célula 2 no 5º ano simulado com um caudal de 280 m³/dia na OI 3.

6.7 Simulação 6 – OI 3 com 320 m³/dia

Considerou-se um cenário semelhante ao da Simulação 2, com exceção da capacidade de tratamento da ETAL. Definiu-se que a humidade inicial, em cada célula, era igual ao H_T de cada célula determinado

para o ano anterior, bem como o nível médio de lixiviados (Anexo C.7.1). Considerou-se também que a massa de resíduos depositada na Célula 2 se mantinha igual à definida no "Ano 0" e foi constante ao longo do tempo de simulação. Deste modo, determinou-se H_{RES} , $Q_{BIOGÁS}$ e H_{DEG} , descritos no Anexo C.7.1.

Relativamente à área exposta de cada uma das células, foram feitas alterações de modo a satisfazer as propostas feitas nos capítulos 5.11, 5.12 e 5.13. Considerou-se que a Célula 1 seria completamente selada no "Ano 2", passando a área exposta a ser 0 m². Na Célula 2, esta selagem seria gradual, isto é, a partir do "Ano 2", de 3 em 3 anos, a área exposta diminui 14% relativamente ao "Ano 0" (83 850 m³). Tanto a infiltração da precipitação nas células como a evapotranspiração são dependentes da área exposta. Deste modo, com a sua alteração, os parâmetros I e ET vão variar consoante a área. No Anexo C.7.1 é possível verificar esta consideração.

Em relação à capacidade de tratamento, considerou-se a implementação de uma 3ª unidade de tratamento com osmose inversa, em paralelo às unidades já implementadas, com um caudal de 320 m³/dia (Q4) e implementação no "Ano 2". Esta unidade será semelhante às existentes, com 3 etapas de tratamento, sendo o seu diagrama representativo equivalente ao apresentado na Figura 3-6.

Uma vez que esta unidade de osmose, terá uma capacidade de tratamento nominal de 320 m³/dia, a ETAL passará a ter uma capacidade diária de tratamento de 600 m³/dia (Tabela 5-2).

É importante notar que, tal como as anteriores, esta unidade de OI operará apenas entre 90 e 85% da disponibilidade de operação, pois são necessárias fazer interrupções ao tratamento para lavagem do equipamento e manutenção. Para fins de simulação, do "Ano 2" ao "Ano 8", foi considerada uma taxa de disponibilidade de 85% e uma eficiência de 65%, uma vez que, tal como anteriormente, considerou-se que seria implementada a 3ª etapa em todas as osmose, bem como a substituição das membranas e o arejamento do lixiviado afluente à OI, que não alteram a capacidade de caudal tratado, mas vão influenciar a taxa de disponibilidade e a eficiência. No "Ano 1" ambos parâmetros foram definidos a 50%. Assim, o caudal de lixiviado tratado está descrito no Anexo C.7.2, bem como o do permeado e concentrado resultantes.

Comparando o permeado efluente das osmose com o permeado mínimo necessário determinado no capítulo 4.2.1 (58 000 m³/ano), nota-se que com esta alteração de caudal tratado é possível produzir 209% do permeado necessário (Anexo C.7.2). Assim, verifica-se a importância do aumento da capacidade do sistema de tratamento para a eliminação do passivo.

O concentrado efluente da OI está a recircular completamente para o aterro, indo na sua totalidade para a Célula 1. Desta forma, recirculam-se cerca de 7 m³/h de concentrado, o que corresponde a um caudal de 65 200 m³/ano (Anexo C.7.3). Na simulação não se considerou nenhum envio de concentrado para um CIRVER, uma vez que se trata de uma medida não ideal, dispendiosa e a curto prazo.

Relativamente ao volume de lixiviados extraídos de cada célula, dos 21 m³/h de lixiviados extraídos (186 150 m³/ano), 7 m³/h (65 150 m³/ano) são provenientes da Célula 1, e 14 m³/h (121 000 m³/ano) da Célula 2. Isto corresponde a uma proporção de remoção de 35% da Célula 1 e 65% da Célula 2 (Anexo C.7.3). Verificando os caudais horários, é de notar que o sistema de extração de lixiviados tem capacidade para atingir estes valores. O problema prende-se com a distribuição desta extração na Célula 2, que não se consegue modelar na simulação.

Deste modo, e analisando o Anexo C.7.4, verifica-se que o nível dos lixiviados da Célula 1 se mantém baixo. Na Célula 2 verifica-se uma diminuição do nível de lixiviados de cerca de 2 m por ano, chegando ao "Ano 5" sem lixiviados acumulados no aterro. Assim, é de notar a importância da implementação da 3ª unidade de OI e verifica-se que se consegue eliminar o passivo da Célula 2 no 5º ano simulado com um caudal de 320 m³/dia na OI 3.

6.8 Resumo

A tabela seguinte compara as diferentes simulações, em termos do nível médio de lixiviado nas células.

Tabela 6-2 – Resumo do nível médio de lixiviados em cada célula, ao longo do tempo, determinado em cada simulação.

		Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4	Simulação 5	Simulação 6
<i>Nível de Lixiviados na Célula 1 (m)</i>	-1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	1	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	2	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	3	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
<i>Nível de Lixiviados na Célula 2 (m)</i>	-1	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
	0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
	1	10,4	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
	2	13,6	10,0	8,0	7,6	7,2	6,8
	3	16,7	10,8	6,7	5,9	5,1	4,2
	4	19,7	11,5	5,4	4,1	2,9	1,7
	5	22,7	11,8	3,7	2,0	0,4	0,0
	6	25,6	12,1	2,0	0,0	0,0	0,0
	7	28,6	12,5	0,3	0,0	0,0	0,0
8	31,5	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	

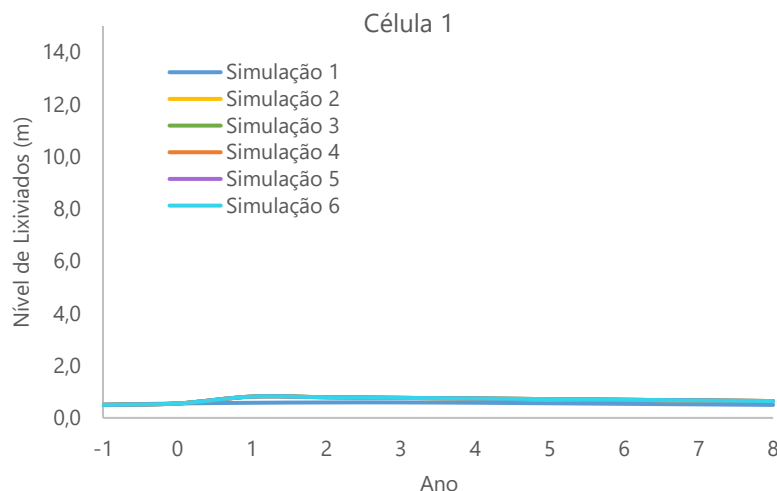


Gráfico 6-1 – Nível médio de lixiviados na Célula 1 em cada simulação.

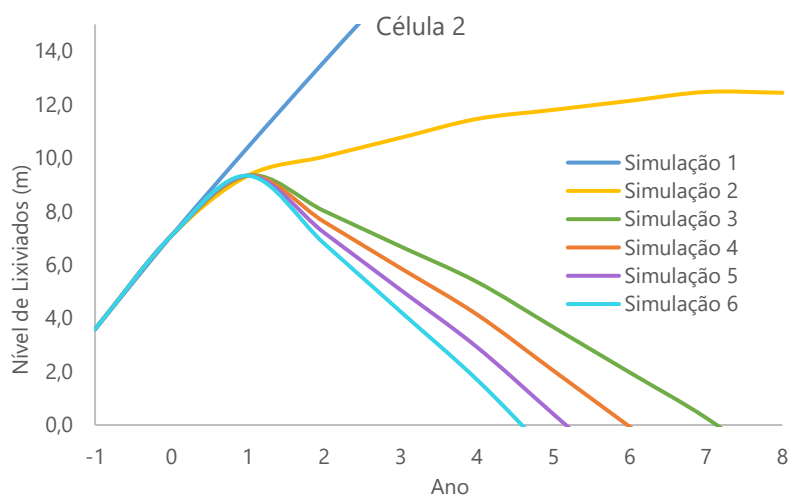


Gráfico 6-2 – Nível médio de lixiviados na Célula 2 em cada simulação.

Conforme a Tabela 6-2, o Gráfico 6-1 e o Gráfico 6-2, manter a situação atual (Simulação 1), sem implementar nenhuma alteração no aterro, é incomportável e levará a um aumento ainda mais significativo do problema.

Verifica-se também que as soluções sugeridas no capítulo 5, excetuando os pontos 5.6, 5.7 e 5.8 (Simulação 2), são importantes para a resolução da acumulação de lixiviados, e vão contribuir para a diminuição dos mesmos, apesar de não serem suficientes para eliminar o passivo da Célula 2.

Relativamente às simulações com todas as propostas sugeridas implementadas (Simulação 3 a 6), nota-se que, em relação à Célula 1, não vai existir uma diferença significativa no nível de lixiviados nas células quando se varia o caudal diário da 3ª unidade de OI. Quanto à Célula 2, a alteração do caudal a instalar na 3ª unidade vai influenciar bastante o nível de lixiviados acumulados na mesma, sendo que, evidentemente, quanto maior o caudal a instalar, mais rapidamente se elimina o passivo.

Recomenda-se a implementação da nova OI com uma capacidade de caudal de 280 m³/dia (Simulação 5), que corresponde à duplicação da capacidade da ETAL instalada neste momento. Apesar de resolver o problema do passivo na Célula 2 mais tarde que implementando uma OI 3 com 320 m³/dia (Simulação 6), a diferença não é significativa, uma vez que na Simulação 5 atingiu-se um nível de lixiviados na Célula 2 de 0,4 m no "Ano 5". Tendo em conta que esta pequena antecipação da eliminação do passivo tem um acréscimo de custo de cerca de 700 000€, considera-se que não se justifica a implementação da 3ª unidade de osmose com um caudal de 320 m³/dia, mas sim com 280 m³/dia.

Não obstante, é sempre necessário ter em consideração que no momento de operação real, devem ser feitos ajustes de modo a otimizar as condições de extração e de gestão do aterro para impedir que exista um aumento do nível.

Em suma, propõem-se a implementação de uma 3ª unidade de OI em paralelo às existentes, com um caudal de 280 m³/dia.

7. ANÁLISE ECONÓMICA

7.1 Resumo dos custos analisados

O presente capítulo destina-se à análise económica relativos aos custos associados às soluções propostas neste relatório, nomeadamente:

- 1) Melhorar o grau de tratamento – 3ª etapa da OI em todas as linhas
- 2) Arejamento dos lixiviados antes da OI
- 3) Substituição das membranas
- 4) Aumento da capacidade de caudal do sistema de osmose inversa
- 5) Reforço da rede de drenagem e sistemas de extração dos lixiviados das células
- 6) Aumento da capacidade das lagoas
- 7) Recirculação do concentrado para as células
- 8) Envio do concentrado ou lixiviado para um CIRVER
- 9) Antecipação da selagem final das células
- 10) Cobertura diária de todos os resíduos depositados
- 11) Alteração da forma e sequência de deposição

7.2 Critérios económicos

Consideraram-se os seguintes parâmetros para a análise económica efetuada:

- Custo unitário de energia elétrica – 0,11€/kWh;
- Custos de manutenção:
 - Construção civil - 1% do investimento inicial / ano;
 - Equipamentos - 3% do investimento inicial / ano;
- Reagentes:
 - Químicos de limpeza alcalinos – 4,90€/L;
 - Químicos de limpeza ácidos – 5,90€/L;
 - Anti incrustante (limpeza) – 12,50€/L;
 - H₂SO₄ (98%) – 0,10€/L;
- Pessoal – 20 000€/ano;
- Substituição das membranas – 120€/m²;

- Custo de envio para o CIRVER – 60€/m³;
- Taxa de desconto para estimação do custo atualizado – 3%.

7.3 Melhorar o grau de tratamento – 3ª etapa da OI em todas as linhas

A implementação da 3ª etapa nas osmose existentes na RSTJ tem um custo associado que deve ser considerado. No caso da OI 2, como já está a ser instalada a 3ª etapa, não se considera um custo acrescido. No entanto, deve-se ter em conta o custo da implementação da 3ª etapa na OI 1.

De modo a facilitar, os custos de investimento e de operação associados à 3ª etapa na OI 1 foram considerados, respetivamente, nos custos de investimento e de operação da OI 3. Esta estimativa foi feita uma vez que se considerou a possibilidade de tratar o permeado da OI 1 na 3ª etapa da OI 3, otimizando os custos de investimento associados.

Relativamente aos custos de substituição das membranas desta 3ª etapa da OI 1, estes vão ser considerados como se fosse acrescentada a etapa à OI 1, sendo identificadas como tal.

7.4 Arejamento dos lixiviados antes da OI

Para poder estimar um custo associado à implementação de um sistema de arejamento na lagoa 3, considerou-se que poderia ser instalado um sistema de arejamento com difusores de membrana (bolha fina), com um compressor de êmbolo rotativo.

Assumiu-se que o custo de investimento do sistema de arejamento e do compressor seria de 60 000€. Quanto ao custo de operação, considerou-se que seriam gastos 17 000€/ano para operar este sistema (custo energético).

7.5 Substituição das membranas

7.5.1 Substituição imediata das membranas existentes

Conforme referido em 5.5, aconselha-se a substituição das membranas que não foram trocadas em 2022 para melhorar a qualidade do permeado resultante da OI, e, conseqüentemente, aumentar a capacidade de tratamento da ETAL.

O custo associado à substituição das membranas vai depender da etapa em que estão implementadas as mesmas. No entanto, conforme indicado em 7.2, tanto para a primeira etapa como para a segunda, estima-se um custo de substituição de 120€/m². O tempo de vida útil das membranas também vai

diferir consoante a etapa em que estão inseridas, sendo de 4 anos para a 1ª etapa e 5 anos para a 2ª. Deste modo, na Tabela 7-1 estão resumidos os custos associados às substituições propostas.

Tabela 7-1 – Custo associado à substituição das membranas por trocar a curto prazo.

<i>SUBSTITUIÇÃO DAS MEMBRANAS</i>	OI 1- 2ª Etapa	OI 2 - 1ª Etapa	OI 2 - 2ª Etapa	Total
Área de membrana total (m ²)	150	575	200	925
Nº de módulos de membranas substituídos	6	23	8	37
Custo total de substituição das membranas	18 000€	69 000€	24 000€	111 000€

7.5.2 Substituição periódica das membranas existentes e a instalar

Ao considerar que será instalada a OI 3 proposta na Simulação 5 (280 m³/dia), estimam-se os custos relativos à substituição periódica das membranas. Tal como anteriormente, foi considerado um custo de substituição de 120€/m² e um tempo de vida útil das membranas de 4 anos para a 1ª etapa e 5 anos para a 2ª e 3ª etapas. As membranas a substituir e os custos associados à sua troca, estão resumidas na tabela seguinte.

Tabela 7-2 – Membranas a substituir periodicamente para o sistema com a OI 3 selecionada (280 m³/dia – Simulação 5).

<i>SUBSTITUIÇÃO DAS MEMBRANAS</i>	OI 1			OI 2			OI 3			
	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	
Área de membrana total (m ²)	400	150	90	50	575	200	75	980	315	210
Nº de módulos de membranas substituídos	16	6	4	2	23	8	3	39	13	8
Custo total de cada de substituição das membranas (€)	48 000	18 000	10 800	6 000	69 000	24 000	9 000	117 600	37 800	25 200

Deste modo, a matriz de custos associados à substituição das membranas conforme o seu tempo de vida útil está representada na Tabela 7-3.

Tabela 7-3 – Matriz de custo relativa à substituição periódica das membranas para o sistema com a OI 3 selecionada (280 m³/dia – Simulação 5).

Ano	Substituição das membranas									TOTAL
	OI 1			OI 2			OI 3			
	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	
0	48 000€			6 000€						54 000€
1										
2		18 000€		69 000€	24 000€					111 000€
3										
4										
5	48 000€			6 000€						54 000€
6										
7				69 000€			117 600€			186 600€
8		18 000€	10 800€		24 000€	9 000€		37 800€	25 200€	124 800€
Total	96 000€	36 000€	10 800€	150 000€	48 000€	9 000€	117 600€	37 800€	25 200€	530 400€

É de notar que ao custo total serão retirados os valores correspondentes ao “Ano 0”, que já foram pagos, bem como o custo relativo à substituição das membranas no “Ano 2”, que foi referida no tópico anterior (7.5.1).

7.6 Aumento da capacidade de caudal do sistema de osmose inversa - 280 m³/dia

Conforme acima referido, recomenda-se a implementação de uma 3ª unidade de tratamento com osmose inversa, em paralelo com as unidades já implementadas, e com um caudal de 280 m³/dia.

A aquisição e operação desta 3ª unidade de OI tem custos associados. Estimando e considerando um custo de investimento de 1 110 000€, os custos de operação desta unidade estão resumidos na Tabela 7-4.

Tabela 7-4 – Custos de operação da 3ª unidade de OI – 280 m³/dia (Simulação 5).

Energia elétrica	Manutenção	Químicos de Limpeza			H ₂ SO ₄	Pessoal	Total
		Alcalinos	Ácidos	Anti incrustante			
(€/ano)	(€/ano)	(€/ano)	(€/ano)	(€/ano)	(€/ano)	(€/ano)	(€/ano)
65 766	33 300	17 123	10 308	7 665	59 235	20 000	213 397

Relativamente à substituição das membranas desta unidade, conforme acima referido, também existe um custo associado, que vai depender do tempo de vida útil das mesmas. É de notar que as membranas instaladas na 1ª etapa têm de ser substituídas ao fim de 4 anos e as da 2ª e 3ª etapa ao

fim de 5 anos. Deste modo, os custos estimados associados à substituição das membranas desta unidade são os seguintes:

Tabela 7-5 – Custo associado à substituição das membranas da OI 3 – 280 m³/dia (Simulação 5).

<i>SUBSTITUIÇÃO DAS MEMBRANAS – OI 3 (280 m³/dia)</i>	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
Tempo de vida (anos)	4	5	5
Nº de módulos de membranas substituídos	39	13	8
Área de membrana total (m ²)	980	315	210
Custo total de substituição das membranas (€)	117 600	37 800	25 200
Custo anual equivalente de substituição das membranas (€/ano)	29 400	7 560	5 040

Isto traduz-se num custo anual equivalente de 42 000€/ano.

Deste modo, os custos associados à implementação da OI sugerida resumem-se na seguinte tabela.

Tabela 7-6 – Resumo dos custos associados à OI 3 – 280 m³/dia (Simulação 5).

OI 3	Caudal	Custo de Investimento	Custo anual equivalente de substituição das membranas	Custo de Operação*	Custo TOTAL (em 7 anos)	Custo por m ³ de permeado tratado
	(m ³ /dia)	(€)	(€)	(€/ano)	(€)	(€/m ³)
Simulação 5	280	1 110 000	42 000	213 397	2 645 778	6,3

Nota: * Custos de reagentes (de operação e de limpeza), energia elétrica, manutenção e pessoal.

7.7 Reforço da extração dos lixiviados das células

O reforço da extração de lixiviados vai necessitar de um investimento de **40 000€**, dos quais 20 000€ são custos de construção e os restantes 20 000€ para equipamento. Estimou-se que um custo de energia elétrica de **200€/ano** e de manutenção **800€/ano**.

7.8 Aumento da capacidade das lagoas

O custo de construção de lagoas adicionais, conforme o ponto 5.8 estima-se em cerca de 220 000€. Para aquisição de terrenos para implementação das mesmas, considerou-se um custo de 20 000€, correspondendo a um total de **240 000€**.

7.9 Recirculação do concentrado para as células

O custo associado à recirculação do concentrado para as células, nomeadamente para a Célula 1 está relacionado com o custo energético para bombagem. Estima-se um custo de energia elétrica de **200€/ano** para realizar esta recirculação.

Em termos de investimento, considerou-se **20 000€**.

7.10 Envio de efluentes para um CIRVER

Conforme foi dito anteriormente, considerou-se que o envio de efluentes para um CIRVER tem um custo de 60€/m³.

Para resolver prontamente o problema de acumulação de lixiviados nas células, uma possível solução seria enviar os mesmos para um CIRVER, eliminando o passivo existente. Isto corresponde ao envio de aproximadamente 71 000 m³ de lixiviados (Tabela Anexo C-2). Apenas se considerou os lixiviados presentes na Célula 2, uma vez que é a célula mais preocupante no que diz respeito à acumulação do passivo. O envio deste volume para um CIRVER representaria um custo de **4 300 000€** a acrescentar ao custo associado à instalação de uma 3ª unidade de OI, bem como às diferentes alterações a realizar no aterro. Se esta fosse a solução, poderia ser implementada a OI 3 proposta na Simulação 3 (200 m³/dia), uma vez que seria suficiente para estabilizar a quantidade de lixiviados no aterro.

Relativamente ao envio de concentrado para um operador de resíduos. Esta opção também não dispensaria a implementação de todas as soluções recomendadas no Capítulo 5, inclusive de uma 3ª unidade de osmose. Poderia ser instalada a OI 3 proposta na Simulação 3 (200 m³/dia), que permite a produção de aproximadamente 50 000 m³/ano de concentrado. Enviar este efluente para um CIRVER corresponderia a um custo de mais de **3 000 000€**, mais uma vez, a acrescentar ao custo de associado à instalação de uma 3ª unidade de OI, bem como às diferentes alterações a realizar no aterro. É de notar que esta solução teria de ser implementada até a RSTJ ter autorização para recircular o concentrado para o interior das células, de modo que este custo seria anual até terem a autorização.

7.11 Antecipação da selagem final das células

Não corresponde a custos adicionais.

7.12 Cobertura diária de todos os resíduos depositados

Esta atividade é uma prática essencial na exploração dos aterros sanitários, este estudo não contempla custos adicionais.

7.13 Alteração da forma e sequência de deposição

Não corresponde a custos adicionais.

7.14 Resumo dos custos

Na tabela seguinte estão resumidos os custos associados à implementação das soluções propostas neste relatório. Estes custos estão discriminados no ANEXO F.

Tabela 7-7 – Resumo dos custos associados à implementação das soluções propostas.

Ano	Osmose Inversa	Lagoas	Bombagem de lixiviados e concentrado	Custo Total	Custo Atualizado
1	1 460 397€	300 177€	60 200€	1 820 774€	1 820 774€
2	452 794€	21 207€	41 800€	515 801€	500 777€
3	452 794€	21 207€	1 800€	475 801€	448 488€
4	452 794€	21 207€	1 800€	475 801€	435 425€
5	506 794€	21 207€	1 800€	529 801€	470 721€
6	521 794€	21 207€	1 800€	544 801€	469 950€
7	612 394€	21 207€	1 800€	635 401€	532 138€
8	535 594€	21 207€	1 800€	558 601€	454 193€
Total	4 995 353€	448 625€	112 800€	5 556 778€	5 132 466€

8. FORMAS DE CONTRATAÇÃO

O aterro sanitário da RSTJ dispõe de uma diversidade de instalações e equipamentos para a gestão dos lixiviados, a saber: bombagem, lagoas de armazenamento e osmose inversa (OI). Destes, os sistemas de osmose inversa são, de longe, os mais complexos, na concepção, instalação e exploração, pois requerem uma manutenção especializada, consomem reagentes específicos e exigem substituição periódica das membranas e de outros componentes.

A solução para melhoria do sistema de gestão de lixiviados proposta no presente estudo inclui planos de ação complementares, cada implicando diferentes investimentos e atividades de exploração. As intervenções propostas são de dois tipos:

- A. Alterações do armazenamento e transporte de lixiviados, pela construção de novas lagoas e novos poços de extração, incluindo a instalação de bombas;
- B. Melhoria do sistema de osmose inversa, em termos da qualidade do efluente das unidades existentes e pela instalação de uma unidade nova (3ª linha), bem como alterações na exploração.

As intervenções do **tipo A** podem ser contratadas através de um, ou mais, **contratos de empreitada**, com fornecimento dos equipamentos. Neste caso, a exploração propõe-se manter realizada pela RSTJ.

As intervenções do tipo B podem ser contratadas através de um contrato de fornecimento e exploração, focado na eficiência da instalação. Esta solução contraria o que, até à data, tem sido a estratégia da RSTJ relativamente à instalação de tratamento por OI, i.e., contratos parcelares para a construção e instalação das unidades de OI, para a substituição das membranas, para a manutenção do sistema, para o fornecimento dos reagentes, etc.. Uma vez que a abordagem até à data tem fragilizado a posição da RSTJ e penalizado o desempenho, recomenda-se a centralização num contrato mais abrangente e inclusivo, focado no desempenho das instalações e que permita também uma diluição dos investimentos necessários e uma remuneração em função da eficiência. Apesar de existirem poucos fabricantes e fornecedores de sistemas de OI para tratamento de lixiviados no mercado português, considera-se que existem os suficientes para a obtenção de propostas competitivas.

Assim, para as intervenções do **tipo B** recomenda-se a adoção por **contrato DBO (“design, build, operate”)** ou seja de concepção, construção e fornecimento (chave-na-mão) acrescido de período de exploração. Neste caso, o âmbito para o contrato incluirá:

- Fornecimento de 3ª etapa da OI 1
- Fornecimento de 3ª linha OI 3
- Fornecimentos de reagentes para as 3 linhas
- Substituição periódica de membranas para as 3 linhas
- Exploração inclui OI existentes: linhas OI 1 e OI 2
- Manutenção das 3 linhas: OI 1, OI 2 e OI 3.

No que respeita à remuneração do contrato, recomenda-se que venha a ser por m³ de permeado produzido (efluente tratado), em cumprimento com os limites estabelecidos. Neste caso, o investimento seria assumido pelo adjudicatário e incluído no preço por m³ a pagar pela RSTJ. Esta solução apresenta as seguintes vantagens para a RSTJ:

- Evita a dispersão de energia na gestão dos contratos e responsabilidades terceirizadas pela RSTJ
- Incentiva fortemente o adjudicatário a:
 - Maximizar a taxa de recuperação / produção de permeado;
 - Cumprir os valores limite de descarga;
 - Assegurar boa manutenção;
 - Assegurar a substituição atempada das membranas.

Ainda, sobre as variantes a este tipo de contratação, poderá ainda acrescentar-se que o contrato venha a incluir:

- Energia elétrica despendida neste segmento das instalações;
- Sistema de arejamento da lagoa a montante da OI, incluindo fornecimento, para melhor adequação e exploração.

9. CONCLUSÕES

Atualmente o aterro da RSTJ possui os seguintes problemas que necessitam de resolução:

- Acumulação de lixiviados nas células de deposição de resíduos (“passivo”), nomeadamente na Célula 2;
- Baixa capacidade instalada na ETAL (estação de tratamento de lixiviados);
- Incumprimento dos valores limite de emissão (VLE) – o efluente do sistema de tratamento de lixiviados, que é descarregado no meio hídrico não cumpre com os VLE relativos ao Azoto Amoniacal e Total referidos no DL n° 236/98.

De modo a resolver estes problemas recomendam-se as medidas seguintes:

- 1) Osmose inversa
 - a) Melhorar o grau de tratamento da 1ª linha da osmose inversa (OI 1) pela instalação de 3ª etapa de osmose;
 - b) Instalar o arejamento dos lixiviados antes da osmose inversa (OI), isto é, na Lagoa 3;
 - c) Aumentar a capacidade de caudal do sistema de osmose inversa, através da implementação de uma 3ª unidade de osmose (OI 3), recomendando-se uma capacidade de caudal de **280 m³/dia**;
 - d) Proceder à substituição periódica de todas as membranas instaladas nas OI existentes e a instalar de acordo com as recomendações dos fabricantes;
- 2) Armazenamento e bombagem de lixiviados e concentrado
 - a) Reforçar os sistemas de extração dos lixiviados da Célula 2;
 - b) Aumentar da capacidade de armazenamento de lixiviados brutos, pela construção de uma ou mais lagoas com capacidade total de 22 000 m³;
 - c) Nunca recircular o concentrado da OI para as lagoas;
 - d) Recircular o concentrado para as células de deposição de resíduos, nomeadamente para a Célula 1;
 - e) Apenas enviar o concentrado para um CIRVER enquanto a RSTJ não possuir autorização para recircular o concentrado para as células (medida a curto prazo);
 - a) selagem

ANEXO A

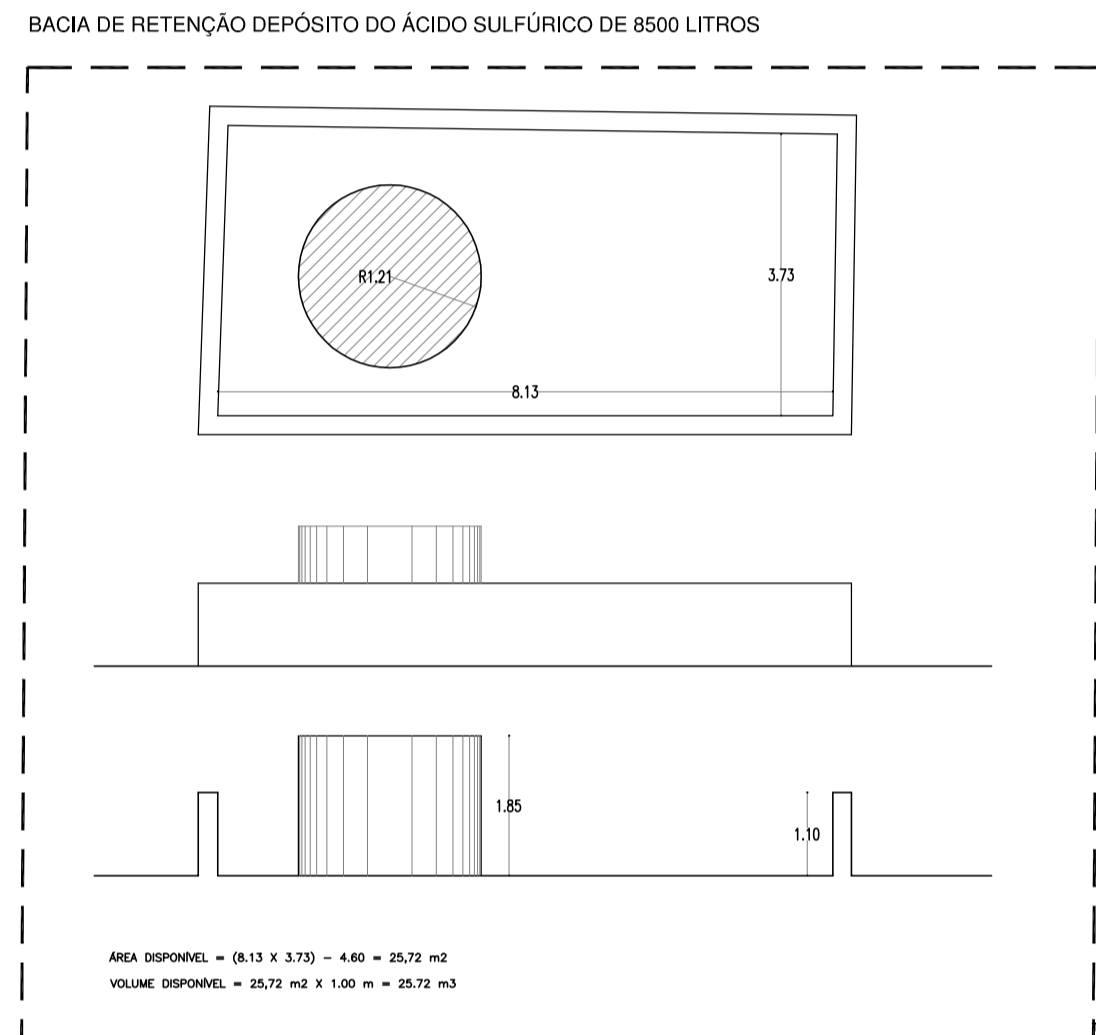
Desenho do Sistema de Extração de Lixiviados existente

LEGENDA:

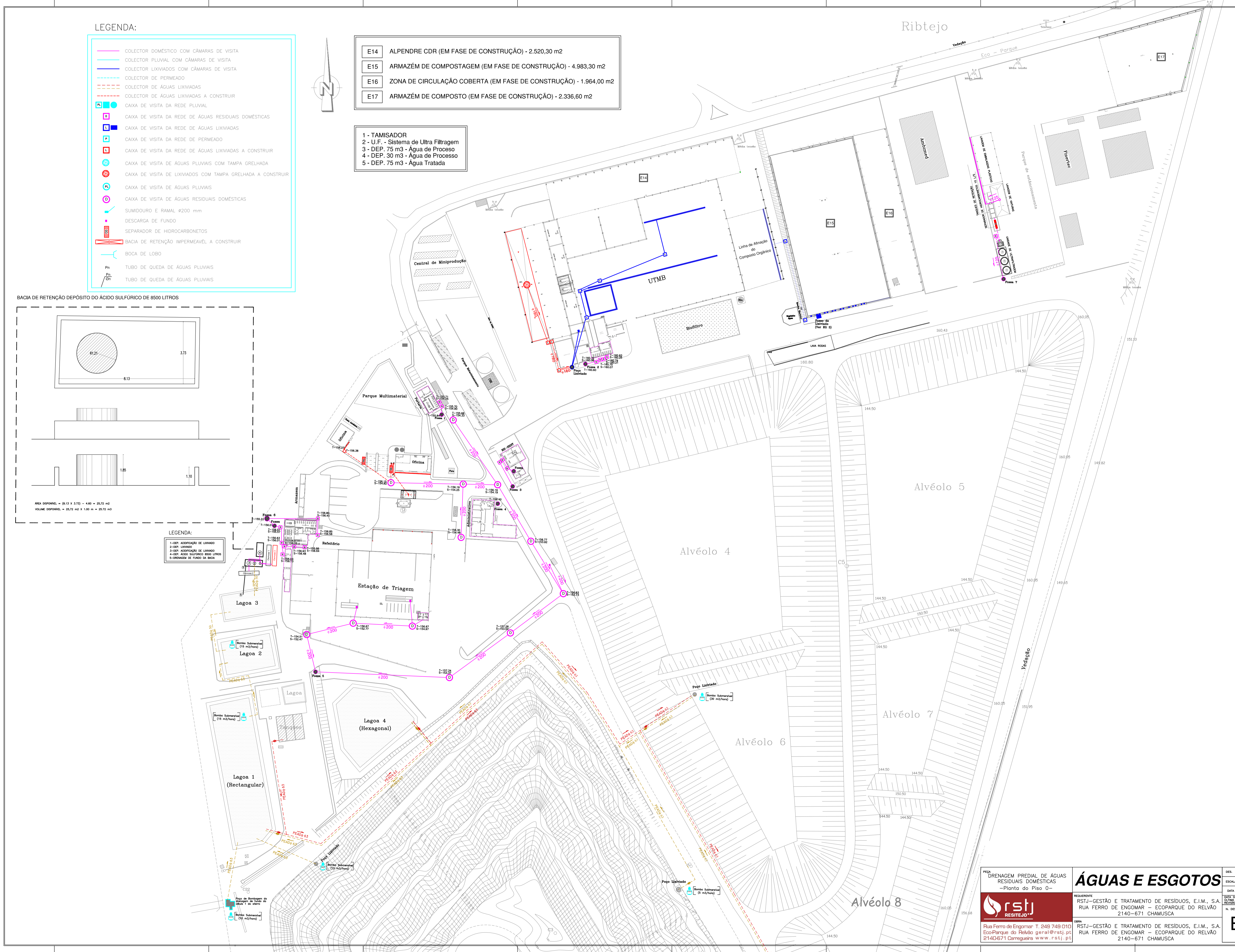
- COLECTOR DOMÉSTICO COM CÂMARAS DE VISITA
- COLECTOR PLUVIAL COM CÂMARAS DE VISITA
- COLECTOR LIXIVIADOS COM CÂMARAS DE VISITA
- COLECTOR DE PERMEADO
- COLECTOR DE ÁGUAS LIXIVIADAS
- COLECTOR DE ÁGUAS LIXIVIADAS A CONSTRUIR
- CAIXA DE VISITA DA REDE PLUVIAL
- CAIXA DE VISITA DA REDE DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS
- CAIXA DE VISITA DA REDE DE ÁGUAS LIXIVIADAS
- CAIXA DE VISITA DA REDE DE PERMEADO
- CAIXA DE VISITA DA REDE DE ÁGUAS LIXIVIADAS A CONSTRUIR
- CAIXA DE VISITA DE ÁGUAS PLUVIAIS COM TAMPA GRELHADA
- CAIXA DE VISITA DE LIXIVIADOS COM TAMPA GRELHADA A CONSTRUIR
- CAIXA DE VISITA DE ÁGUAS PLUVIAIS
- CAIXA DE VISITA DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS
- SUMIDOURO E RAMAL Ø200 mm
- DESCARGA DE FUNDO
- SEPARADOR DE HIDROCARBONETOS
- BACIA DE RETENÇÃO IMPERMEÁVEL A CONSTRUIR
- BOCA DE LOBO
- TUBO DE QUEDA DE ÁGUAS PLUVIAIS
- TUBO DE QUEDA DE ÁGUAS PLUVIAIS

- E14** ALPENDE CDR (EM FASE DE CONSTRUÇÃO) - 2.520,30 m²
- E15** ARMAZÉM DE COMPOSTAGEM (EM FASE DE CONSTRUÇÃO) - 4.983,30 m²
- E16** ZONA DE CIRCULAÇÃO COBERTA (EM FASE DE CONSTRUÇÃO) - 1.964,00 m²
- E17** ARMAZÉM DE COMPOSTO (EM FASE DE CONSTRUÇÃO) - 2.336,60 m²

- 1 - TAMISADOR**
- 2 - U.F. - Sistema de Ultra Filtragem**
- 3 - DEP. 75 m³ - Água de Processo**
- 4 - DEP. 30 m³ - Água de Processo**
- 5 - DEP. 75 m³ - Água Tratada**



- LEGENDA:
- 1-DEP. ACONDICIONADO DE LIXIVIADO**
 - 2-DEP. LIXIVIADO**
 - 3-DEP. ACONDICIONADO DE LIXIVIADO**
 - 4-DEP. ÁCIDO SULFÚRICO 8500 LITROS**
 - 5-RENDIMENTO DE FUNDO DA BACIA**



FECA DRENAGEM PREDIAL DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS -Planta do Piso 0-

ÁGUAS E ESGOTOS

REQUERENTE: RSTJ-GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS, E.I.M., S.A. RUA FERRO DE ENGOMAR - ECOPARQUE DO RELVÃO 2140-671 CHAMUSCA

ORÇ: RSTJ-GESTÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS, E.I.M., S.A. RUA FERRO DE ENGOMAR - ECOPARQUE DO RELVÃO 2140-671 CHAMUSCA

Rua Ferro do Engomar T. 249 749 010 EcoParque do Relvão geral@rstj.pt 2140671 Chamusca www.rstj.pt

DES.	1/1900
ESCALA	1/1900
DATA	JULHO 2021
DATA DA ÚLTIMA REVISÃO	MARÇO 2023
N. DES.	

Eg1

ANEXO B

Resíduos Depositados

Anexo B: Quantidade de resíduos depositados no aterro da RSTJ (1999-2021)

Ano	Massa de resíduos indiferenciados depositados no aterro (t)		
	Célula 1	Célula 2	Total
1999	50 672	-	50 672
2000	82 479	-	82 479
2001	83 850	-	83 850
2002	89 450	-	89 450
2003	91 484	-	91 484
2004	96 149	-	96 149
2005	143 953	-	143 953
2006	189 520	-	189 520
2007	177 807	-	177 807
2008	123 943	-	123 943
2009	103 396	-	103 396
2010	102 309	-	102 309
2011	94 594	-	94 594
2012	108 864	-	108 864
2013	69 628	-	69 628
2014	-	31 972	31 972
2015	80 443	70 644	151 087
2016	35 096	95 040	130 136
2017	28 376	97 509	125 885
2018	20 572	51 539	72 111
2019	10 000	56 674	66 674
2020	5 000	76 173	81 173
2021	-	87 124	87 124
TOTAL	1 787 584	566 673	2 354 257

ANEXO C

Balanço Hídrico das Células

Anexo C: Balanço Hídrico das Células

Os lixiviados de um aterro sanitário têm origem na precipitação incidente (nas células não seladas) e a humidade presente nos resíduos depositados. Estes lixiviados deverão ser removidos das células, tanto quanto possível. Assim a quantidade de lixiviados presente numa célula depende de diferentes fatores:

- Processos que aumentam a humidade presente:
 - Precipitação incidente
 - Humidade nos resíduos depositados
 - Recirculação / infiltração de efluentes
- Processos que diminuem a humidade presente:
 - Evapotranspiração
 - Degradação biológica da matéria orgânica nos resíduos
 - Extração dos lixiviados (por bombagem ou drenagem)

Assim, de modo a determinar o passivo existente no aterro, recorreu-se à seguinte equação:

$$H_T = H_0 + I - ET + H_{RES} - H_{DEG} - V + C_{REC} \quad (1)$$

Onde,

H_T = humidade na célula, no fim do intervalo de tempo (m^3)

H_0 = humidade na célula, no início do intervalo de tempo (m^3)

I = infiltração na célula devido a precipitação (m^3)

ET = evapotranspiração da célula (m^3)

H_{RES} = humidade nos resíduos depositados na célula durante o intervalo de tempo (m^3)

H_{DEG} = humidade perdida devido à degradação dos resíduos orgânicos depositados na célula (m^3)

V = caudal de lixiviados removidos da célula durante o intervalo de tempo (m^3 /ano)

C_{REC} = caudal de concentrado recirculado para o interior das células de deposição de resíduos (m^3 /ano)

O H_T é o valor que se pretende simular, que nos indica no final do ano quanto lixiviado ainda está em cada célula para ser tratado e, conseqüentemente a quantidade de lixiviados no aterro. Este valor irá influenciar a capacidade de tratamento da ETAL que é necessária e permite-nos saber se é possível eliminar a subcontratação do operador de resíduos.

A humidade inicial nas células (H_0) para o "Ano 0", 2022, foi determinada através da área dos alvéolos da Célula 2 e da área da Célula 1, bem como o nível de lixiviados. Este último foi estimado tendo em

conta o que é visível no aterro. Para os restantes anos, a humidade inicial é igual à humidade final de cada célula no ano anterior.

A infiltração (I) foi calculada tendo em conta a precipitação e a área exposta das células, através da seguinte equação:

$$I = \frac{A \times P}{1000} \quad (2)$$

Onde,

A = área exposta da célula (m²)

P = precipitação média anual (mm)

A precipitação média anual utilizada na modelização foi retirada da *Normal Climatológica em Santarém entre 1981 e 2010*, disponível no IPMA.

Assim,

P = 643,1 mm

A evapotranspiração foi calculada através da seguinte expressão:

$$ET = \frac{\beta \times A \times ET_0}{1000} \quad (3)$$

Onde,

β = coeficiente de evapotranspiração real

ET₀ = evapotranspiração de referência (mm)

A evapotranspiração de referência em Santarém foi consultada no *Boletim Meteorológico para a Agricultura* de outubro de 2019, disponível no IPMA.

Assim, assumiu-se:

β = 30%

ET₀ = 92,8 mm

Considerou-se que o teor de humidade dos RSU e resíduos orgânicos (H_{RES}) é de 35% da massa dos resíduos depositados em cada célula durante o intervalo de tempo (M_{RES}).

A determinação da humidade perdida em cada célula na degradação dos resíduos é feita através da seguinte equação:

$$H_{DEG} = \frac{(\lambda \times Q_{BIOGÁS})}{\rho_{H_2O}} \quad (4)$$

Onde:

λ = coeficiente de perda de humidade devido à degradação dos resíduos orgânicos (kg H₂O/m³ biogás produzido)

$Q_{\text{BIOGÁS}}$ = produção de biogás (Nm³/ano)

$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ = densidade de água (kg/m³)

Sendo:

$\lambda = 0,225 \text{ kg H}_2\text{O/m}^3 \text{ biogás produzido}$

O caudal de lixiviados removidos do aterro foi estimado, uma vez que não existe medição deste parâmetro no aterro. Para a sua determinação considerou-se o volume de lixiviados que segue para o operador de resíduos CIRVER (valores conhecidos e fornecidos pela RSTJ) e o caudal de permeado (Q_P) que é tratado anualmente (Figura Anexo C-1).

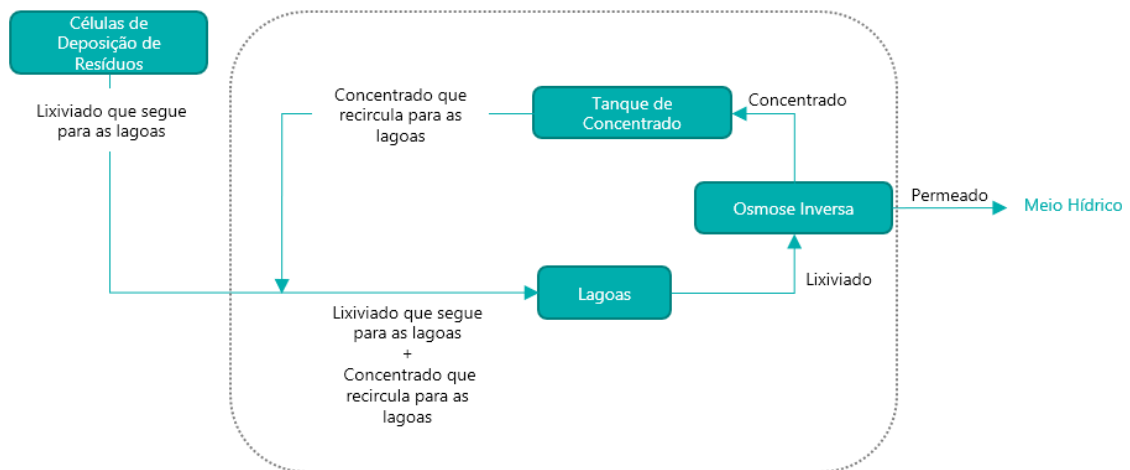


Figura Anexo C-1 – Ilustração da consideração feita para determinar o volume de lixiviado que segue para as lagoas.

A recirculação do concentrado para o interior das células de deposição de resíduos está sujeita a uma autorização, que a RSTJ não possui. Desta forma, este parâmetro foi modelado de modo a poder simular esta possibilidade no futuro, no entanto, neste momento, este valor é nulo.

Em suma, determina-se a quantidade de lixiviados removida do aterro pela seguinte expressão:

$$V_T = L_{\text{CIRVER}} + Q_P \quad (5)$$

Onde,

V_T = caudal de lixiviado removido do aterro (m³/ano)

L_{CIRVER} = volume de lixiviado que é encaminhado para o operador de resíduos CIRVER (m³) – estes valores são conhecidos e fornecidos pela RSTJ (Anexo E.2)

Q_P = caudal de permeado resultante do sistema de OI (m³/ano) – valores conhecidos e fornecidos pela RSTJ (Anexo E.3)

O volume de lixiviado que é removido de cada célula foi atribuído em cada simulação.

C.1. Cálculo do Ano 0 – 2022

De modo a iniciar a modelização do sistema foi escolhido o ano de 2022 como o “Ano 0”. Este foi o ano selecionado pois tínhamos maioria das informações necessárias ao cálculo de H_T .

❖ H_0

Como foi dito anteriormente, a humidade existente nas células no início do ano de 2022 foi estimada, e vai corresponder ao H_T de 2021. As áreas dos alvéolos da Célula 2 e a área da Célula 1 são conhecidas e estão indicadas na Tabela Anexo C-2 e Tabela Anexo C-1, respetivamente. O nível de lixiviados na Célula 2 foi estimado através do que era visível no aterro. Para a Célula 1 foi atribuído o valor de 0,5 m de nível. Determinou-se o volume de líquido existente em cada célula de deposição no aterro com estas considerações e assumindo que o aterro tem uma porosidade de 70%.

Tabela Anexo C-1 – Humidade existente na Célula 1 no início do ano 2022.

ÁREA EXPOSTA CÉLULA 1	Área (m ²)	Nível de Lixiviados (m)	Volume (m ³)
Célula 1	70 700	0,50	24 745

Tabela Anexo C-2 – Humidade existente na Célula 2 e em cada um dos alvéolos que a constituem, no início do ano 2022.

ALVÉOLOS CÉLULA 2	Área (m ²)	Nível de Lixiviados (m)	Volume (m ³)
Alvéolo 4	9 737	1,00	6 816
Alvéolo 5	9 620	6,00	40 404
Alvéolo 6	3 831	1,00	2 682
Alvéolo 7	3 202	6,00	13 448
Alvéolo 8	1 947	4,00	7 787
TOTAL	28 337	3,59	71 137

Assim,

$$H_0 \text{ Célula 1} = 24\,745 \text{ m}^3$$

$$H_0 \text{ Célula 2} = 71\,137 \text{ m}^3$$

❖ I

A infiltração depende da área exposta e da precipitação. Assim, através da equação 2, obteve-se para cada célula o volume infiltrado descrito na Tabela Anexo C-3.

Tabela Anexo C-3 – Infiltração calculada para cada célula de deposição, no ano 2022.

Célula	A (m ²)	Precipitação (mm)	Infiltração (m ³)
Célula 1	10 688	643,1	6 873
Célula 2	83 580		53 750

❖ ET

Através da equação 3, obteve-se para cada célula o volume de água perdido por evapotranspiração, descrito na Tabela Anexo C-4.

Tabela Anexo C-4 – Evapotranspiração calculada para cada célula de deposição, no ano 2022.

Célula	A (m ²)	β (%)	ET ₀ (mm)	ET (m ³)
Célula 1	10 688	30	92,8	298
Célula 2	83 580			2 327

❖ H_{RES}

Como foi dito anteriormente, considerou-se que o teor de humidade dos RSU e resíduos orgânicos é de 35% da massa dos resíduos depositados durante o intervalo de tempo. Como não tínhamos a informação da massa de resíduos que foram depositados durante o ano de 2022, foram feitas considerações com base nos dados do ano anterior.

Como a Célula 1 está selada e não há deposição de resíduos, considerou-se que em 2022 não entraram resíduos para Célula 1. No caso da Célula 2, estimou-se através da média de resíduos depositados no aterro entre 2018 e 2021, resultando num valor de 76 770 t. Assim, os valores de humidade proveniente dos resíduos foram os descritos na Tabela Anexo C-5.

Tabela Anexo C-5 – Teor de humidade dos resíduos depositados nas células do aterro da RSTJ em 2022.

Célula	M _{RES} (t)	H _{RES} (m ³)
Célula 1	0	0
Célula 2	76 770	26 870

❖ Q_{BIOGÁS}

A quantidade de biogás produzido no ano 2022 depende da quantidade de resíduos em cada uma das células de deposição e a sua idade. As produções de biogás em cada célula foram estimados considerando a deposição histórica (Anexo B:) e o modelo do IPCC.

❖ H_{DEG}

Considerando $\lambda = 0,225$ kg H₂O/m³ biogás produzido, N = 30,5 dias e o Q_{BIOGÁS} determinado anteriormente, é possível calcular a humidade perdida na degradação dos resíduos, através da equação 4, obtendo os seguintes resultados:

Tabela Anexo C-6 – Humidade perdida na degradação dos resíduos no aterro da RSTJ.

Célula	Q _{BIOGÁS} (Nm ³)	λ (kg H ₂ O/m ³ biogás produzido)	N	H _{DEG} (m ³)
Célula 1	5 352 048	0,225	30,5	1 208
Célula 2	1 926 475			435

❖ V

Em 2022 não foram enviados lixiviados para o CIRVER (ECODEAL), assim o caudal de lixiviados removidos do aterro foi igual ao caudal de permeado tratado nesse ano (11 259 m³ – Anexo E.3). Tendo em conta que se considerou que 25% dos lixiviados são provenientes da Célula 1 e 75% da Célula 2, então:

$$V \text{ Célula 1} = 2\,815 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Célula 2} = 8\,444 \text{ m}^3$$

❖ C_{REC}

Como foi dito anteriormente, em 2022 a RSTJ não possuía a autorização necessária para poder recircular o concentrado para o interior das células de deposição. Desta forma, considerou-se este valor nulo.

❖ H_T

Assim, recorrendo à equação 1, foi possível determinar a humidade em cada célula no final do ano de 2022, bem como a humidade total no aterro e a quantidade de lixiviados que ainda faltavam tratar nesse ano.

Tabela Anexo C-7 – Humidade no final de 2022 em cada célula e no aterro da RSTJ.

Célula	H_0 (m ³)	I (m ³)	ET (m ³)	H_{RES} (m ³)	H_{DEG} (m ³)	V (m ³)	C_{REC} (m ³)	H_T (m ³)	H_T aterro (m ³)
Célula 1	24 745	6 873	298	0	1 208	2 815	0	27 299	167 850
Célula 2	71 137	53 750	2 327	26 870	435	8 444	0	140 551	

Este volume de lixiviado nas células 1 e 2, correspondem a uma altura de lixiviado de 0,6 e 7,1 m, respetivamente.

C.2. Simulação 1 – Situação sem alterações

C.2.1 Cálculo de H_0 , H_{RES} , H_{DEG} , I e ET

Ano	Situação Inicial						M_{RES} Célula 1	M_{RES} Célula 2	H_{RES} Célula 1	H_{RES} Célula 2	M Célula 1	M Célula 2	$Q_{BIOGÁS}$ Célula 1	$Q_{BIOGÁS}$ Célula 2	H_{DEG} Célula 1	H_{DEG} Célula 2	A Célula 1	A Célula 2	I Célula 1	I Célula 2	ET Célula 1	ET Célula 2
	Nível Médio de Lixiviado na Célula1	Nível Médio de Lixiviado na Célula2	H_0 Célula 1	H_0 Célula 2	M Célula 1	M Célula 2																
	(m)	(m)	(m^3)	(m^3)	(t)	(t)																
0	0,5	3,6	49 104	202 182	1 787 584	566 673	0	76 770	0	26 870	1 787 584	643 443	5 352 048	1 926 475	1 208	435	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
1	0,6	7,1	65 426	269 907	1 787 584	643 443	0	76 770	0	26 870	1 787 584	720 213	5 352 048	2 156 326	1 208	487	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
2	0,6	10,4	81 248	333 078	1 787 584	720 213	0	76 770	0	26 870	1 787 584	796 983	5 352 048	2 386 177	1 208	538	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
3	0,6	13,6	96 814	393 899	1 787 584	796 983	0	76 770	0	26 870	1 787 584	873 753	5 352 048	2 616 028	1 208	590	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
4	0,6	16,7	112 125	452 368	1 787 584	873 753	0	76 770	0	26 870	1 787 584	950 523	5 352 048	2 845 878	1 208	642	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
5	0,6	19,7	127 180	508 486	1 787 584	950 523	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 027 294	5 352 048	3 075 729	1 208	694	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
6	0,6	22,7	142 073	563 089	1 787 584	1 027 294	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 104 064	5 352 048	3 305 580	1 208	746	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
7	0,5	25,6	156 966	617 641	1 787 584	1 104 064	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 180 834	5 352 048	3 535 431	1 208	798	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
8	0,5	28,6	171 859	672 141	1 787 584	1 180 834	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 257 604	5 352 048	3 765 281	1 208	850	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327

C.2.2 Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário

Ano	Sistema de Tratamento	ETAL - Osmose Inversa										
		Capacidade de Tratamento (m^3 /dia)	Taxa de Disponibilidade (%)	L_{OI}		Taxa de Recuperação (%)	Q_P		Q_P mínimo necessário		C_{OI}	
				(m^3 /h)	(m^3 /ano)		(m^3 /h)	(m^3 /ano)	Caudal mínimo (m^3 /ano)	Realmente tratado (%)	(m^3 /h)	(m^3 /ano)
0	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (2 Etapas)	280	27%	3,13	27 411	41%	1,29	11 259	57 999	19%	1,84	16 152
1	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	32%	3,71	32 521	50%	1,86	16 261	57 999	28%	1,86	16 261
2	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	37%	4,30	37 631	50%	2,15	18 816	57 999	32%	2,15	18 816
3	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	42%	4,88	42 741	50%	2,44	21 371	57 999	37%	2,44	21 371
4	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	47%	5,46	47 851	50%	2,73	23 926	57 999	41%	2,73	23 926
5	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	50%	5,83	51 100	50%	2,92	25 550	57 999	44%	2,92	25 550
6	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	50%	5,83	51 100	50%	2,92	25 550	57 999	44%	2,92	25 550
7	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	50%	5,83	51 100	50%	2,92	25 550	57 999	44%	2,92	25 550
8	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	50%	5,83	51 100	50%	2,92	25 550	57 999	44%	2,92	25 550

Onde:

L_{OI} = Caudal de lixiviados afluente à OI

C_{OI} = Caudal de concentrado resultante da OI

C.2.3 Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição

Ano	C _L			C _{REC}			C _{REC} Célula 1			C _{REC} Célula 2			V _T		V Célula 1			V Célula 2		
	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)
0	100%	1,84	16 152	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	1,29	11 259	25%	0,32	2 815	75%	0,96	8 444
1	100%	1,86	16 261	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	1,86	16 261	25%	0,46	4 065	75%	1,39	12 195
2	100%	2,15	18 816	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	2,15	18 816	25%	0,54	4 704	75%	1,61	14 112
3	100%	2,44	21 371	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	2,44	21 371	25%	0,61	5 343	75%	1,83	16 028
4	100%	2,73	23 926	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	2,73	23 926	25%	0,68	5 981	75%	2,05	17 944
5	100%	2,92	25 550	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	2,92	25 550	25%	0,73	6 388	75%	2,19	19 163
6	100%	2,92	25 550	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	2,92	25 550	25%	0,73	6 388	75%	2,19	19 163
7	100%	2,92	25 550	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	2,92	25 550	25%	0,73	6 388	75%	2,19	19 163
8	100%	2,92	25 550	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	2,92	25 550	25%	0,73	6 388	75%	2,19	19 163

Onde:

C_L = Caudal de concentrado que é encaminhado para as lagoas de retenção

C_{CIRVER} = Concentrado enviado para o operador de resíduos CIRVER

C.2.4 Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula

Ano	C _{REC} Célula 1 (m ³ /ano)	C _{REC} Célula 2 (m ³ /ano)	V Célula 1 (m ³ /ano)	V Célula 2 (m ³ /ano)	Situação no fim do ano				
					H _T Célula 1 (m ³)	H _T Célula 2 (m ³)	H _T Aterro (m ³)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 1 (m)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 2 (m)
					(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m)	(m)
0	0	0	2 815	8 444	27 299	140 551	167 850	0,6	7,1
1	0	0	4 065	12 195	28 602	206 162	234 764	0,6	10,4
2	0	0	4 704	14 112	29 266	269 805	299 071	0,6	13,6
3	0	0	5 343	16 028	29 292	331 479	360 771	0,6	16,7
4	0	0	5 981	17 944	28 679	391 186	419 865	0,6	19,7
5	0	0	6 388	19 163	27 660	449 622	477 282	0,6	22,7
6	0	0	6 388	19 163	26 641	508 006	534 647	0,5	25,6
7	0	0	6 388	19 163	25 622	566 339	591 961	0,5	28,6
8	0	0	6 388	19 163	24 603	624 620	649 222	0,5	31,5

C.3. Simulação 2 - Manter capacidade de OI

C.3.1 Cálculo de H₀, H_{RES}, H_{DEG}, I e ET

Ano	Situação Inicial						M _{RES} Célula 1	M _{RES} Célula 2	H _{RES} Célula 1	H _{RES} Célula 2	M Célula 1	M Célula 2	Q _{BIOGÁS} Célula 1	Q _{BIOGÁS} Célula 2	H _{DEG} Célula 1	H _{DEG} Célula 2	A Célula 1	A Célula 2	I Célula 1	I Célula 2	ET Célula 1	ET Célula 2
	Nível Médio de Lixiviado na Célula 1	Nível Médio de Lixiviado na Célula 2	H ₀ Célula 1	H ₀ Célula 2	M Célula 1	M Célula 2																
	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)	(t)	(t)																
0	0,5	3,6	24 745	71 137	1 787 584	566 673	0	76 770	0	26 870	1 787 584	643 443	5 352 048	1 926 475	1 208	435	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
1	0,6	7,1	27 299	140 551	1 787 584	643 443	0	76 770	0	26 870	1 787 584	720 213	5 352 048	2 156 326	1 208	487	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
2	0,8	9,3	40 332	185 142	1 787 584	720 213	0	76 770	0	26 870	1 787 584	796 983	5 352 048	2 386 177	1 208	538	0	71 878	0	46 225	0	2 001
3	0,8	10,0	39 125	199 232	1 787 584	796 983	0	76 770	0	26 870	1 787 584	873 753	5 352 048	2 616 028	1 208	590	0	71 878	0	46 225	0	2 001
4	0,8	10,8	37 917	213 270	1 787 584	873 753	0	76 770	0	26 870	1 787 584	950 523	5 352 048	2 845 878	1 208	642	0	71 878	0	46 225	0	2 001
5	0,7	11,5	36 709	227 255	1 787 584	950 523	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 027 294	5 352 048	3 075 729	1 208	694	0	60 177	0	38 700	0	1 675
6	0,7	11,8	35 502	233 990	1 787 584	1 027 294	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 104 064	5 352 048	3 305 580	1 208	746	0	60 177	0	38 700	0	1 675
7	0,7	12,1	34 294	240 673	1 787 584	1 104 064	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 180 834	5 352 048	3 535 431	1 208	798	0	60 177	0	38 700	0	1 675
8	0,7	12,5	33 087	247 304	1 787 584	1 180 834	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 257 604	5 352 048	3 765 281	1 208	850	0	48 476	0	31 175	0	1 350

C.3.2 Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário

Ano	ETAL - Osmose Inversa											
	Sistema de Tratamento	Capacidade de Tratamento (m ³ /dia)	Taxa de Disponibilidade (%)	L _{OI}		Taxa de Recuperação (%)	Q _P		Q _P mínimo necessário		C _{OI}	
				(m ³ /h)	(m ³ /ano)		(m ³ /h)	(m ³ /ano)	Caudal mínimo (m ³ /ano)	Realmente tratado (%)	(m ³ /h)	(m ³ /ano)
0	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (2 Etapas)	280	27%	3,13	27 411	41%	1,29	11 259	57 999	19%	1,84	16 152
1	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	50%	5,83	51 100	50%	2,92	25 550	57 999	44%	2,92	25 550
2	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	85%	9,92	86 870	65%	6,45	56 466	57 999	97%	3,47	30 405
3	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	85%	9,92	86 870	65%	6,45	56 466	57 999	97%	3,47	30 405
4	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	85%	9,92	86 870	65%	6,45	56 466	57 999	97%	3,47	30 405
5	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	85%	9,92	86 870	65%	6,45	56 466	57 999	97%	3,47	30 405
6	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	85%	9,92	86 870	65%	6,45	56 466	57 999	97%	3,47	30 405
7	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	85%	9,92	86 870	65%	6,45	56 466	57 999	97%	3,47	30 405
8	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	85%	9,92	86 870	65%	6,45	56 466	57 999	97%	3,47	30 405

C.3.3 Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição

Ano	C _L		C _{REC}		C _{REC} Célula 1		C _{REC} Célula 2		V _T		V Célula 1		V Célula 2				
	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)		
0	100%	1,84	16 152	0%	0,00	0	0%	0,00	0	1,29	11 259	25%	0,32	2 815	75%	0,96	8 444
1	0%	0,00	0	100%	2,92	25 550	100%	2,92	25 550	5,83	51 100	35%	2,04	17 885	65%	3,79	33 215
2	0%	0,00	0	100%	3,47	30 405	100%	3,47	30 405	9,92	86 870	35%	3,47	30 405	65%	6,45	56 466
3	0%	0,00	0	100%	3,47	30 405	100%	3,47	30 405	9,92	86 870	35%	3,47	30 405	65%	6,45	56 466
4	0%	0,00	0	100%	3,47	30 405	100%	3,47	30 405	9,92	86 870	35%	3,47	30 405	65%	6,45	56 466
5	0%	0,00	0	100%	3,47	30 405	100%	3,47	30 405	9,92	86 870	35%	3,47	30 405	65%	6,45	56 466
6	0%	0,00	0	100%	3,47	30 405	100%	3,47	30 405	9,92	86 870	35%	3,47	30 405	65%	6,45	56 466
7	0%	0,00	0	100%	3,47	30 405	100%	3,47	30 405	9,92	86 870	35%	3,47	30 405	65%	6,45	56 466
8	0%	0,00	0	100%	3,47	30 405	100%	3,47	30 405	9,92	86 870	35%	3,47	30 405	65%	6,45	56 466

C.3.4 Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula

Ano	C _{REC} Célula 1 (m ³ /ano)	C _{REC} Célula 2 (m ³ /ano)	V Célula 1 (m ³ /ano)	V Célula 2 (m ³ /ano)	Situação no fim do ano				
					H _T Célula 1 (m ³)	H _T Célula 2 (m ³)	H _T Aterro (m ³)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 1 (m)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 2 (m)
					0	0	0	2 815	8 444
1	25 550	0	17 885	33 215	40 332	185 142	225 474	0,8	9,3
2	30 405	0	30 405	56 466	39 125	199 232	238 356	0,8	10,0
3	30 405	0	30 405	56 466	37 917	213 270	251 187	0,8	10,8
4	30 405	0	30 405	56 466	36 709	227 255	263 965	0,7	11,5
5	30 405	0	30 405	56 466	35 502	233 990	269 492	0,7	11,8
6	30 405	0	30 405	56 466	34 294	240 673	274 968	0,7	12,1
7	30 405	0	30 405	56 466	33 087	247 304	280 391	0,7	12,5
8	30 405	0	30 405	56 466	31 879	246 684	278 564	0,6	12,4

C.4. Simulação 3 – OI 3 com 200 m³/dia

C.4.1 Cálculo de H₀, H_{RES}, H_{DEG}, I e ET

Ano	Situação Inicial						M _{RES} Célula 1	M _{RES} Célula 2	H _{RES} Célula 1	H _{RES} Célula 2	M Célula 1	M Célula 2	Q _{BIOGÁS} Célula 1	Q _{BIOGÁS} Célula 2	H _{DEG} Célula 1	H _{DEG} Célula 2	A Célula 1	A Célula 2	I Célula 1	I Célula 2	ET Célula 1	ET Célula 2
	Nível Médio de Lixiviado na Célula1	Nível Médio de Lixiviado na Célula2	H ₀ Célula 1	H ₀ Célula 2	M Célula 1	M Célula 2																
	(m)	(m)	(m³)	(m³)	(t)	(t)																
0	0,5	3,6	24 745	71 137	1 787 584	566 673	0	76 770	0	26 870	1 787 584	643 443	5 352 048	1 926 475	1 208	435	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
1	0,6	7,1	27 299	140 551	1 787 584	643 443	0	76 770	0	26 870	1 787 584	720 213	5 352 048	2 156 326	1 208	487	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
2	0,8	9,3	40 332	185 142	1 787 584	720 213	0	76 770	0	26 870	1 787 584	796 983	5 352 048	2 386 177	1 208	538	0	71 878	0	46 225	0	2 001
3	0,8	8,0	39 125	158 899	1 787 584	796 983	0	76 770	0	26 870	1 787 584	873 753	5 352 048	2 616 028	1 208	590	0	71 878	0	46 225	0	2 001
4	0,8	6,7	37 917	132 605	1 787 584	873 753	0	76 770	0	26 870	1 787 584	950 523	5 352 048	2 845 878	1 208	642	0	71 878	0	46 225	0	2 001
5	0,7	5,4	36 709	106 258	1 787 584	950 523	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 027 294	5 352 048	3 075 729	1 208	694	0	60 177	0	38 700	0	1 675
6	0,7	3,7	35 502	72 660	1 787 584	1 027 294	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 104 064	5 352 048	3 305 580	1 208	746	0	60 177	0	38 700	0	1 675
7	0,7	2,0	34 294	39 011	1 787 584	1 104 064	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 180 834	5 352 048	3 535 431	1 208	798	0	60 177	0	38 700	0	1 675
8	0,7	0,3	33 087	5 309	1 787 584	1 180 834	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 257 604	5 352 048	3 765 281	1 208	850	0	48 476	0	31 175	0	1 350

C.4.2 Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário

Ano	Sistema de Tratamento	ETAL - Osmose Inversa										
		Capacidade de Tratamento	Taxa de Disponibilidade	L _{OI}		Taxa de Recuperação	Q _P		Q _P mínimo necessário		C _{OI}	
				(m³/dia)	%		(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	(m³/ano)
0	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (2 Etapas)	280	27%	3,13	27 411	41%	1,29	11 259	57 999	19%	1,84	16 152
1	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	50%	5,83	51 100	50%	2,92	25 550	57 999	44%	2,92	25 550
2	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q1)	480	85%	17,00	148 920	65%	11,05	96 798	57 999	167%	5,95	52 122
3	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q1)	480	85%	17,00	148 920	65%	11,05	96 798	57 999	167%	5,95	52 122
4	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q1)	480	85%	17,00	148 920	65%	11,05	96 798	57 999	167%	5,95	52 122
5	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q1)	480	85%	17,00	148 920	65%	11,05	96 798	57 999	167%	5,95	52 122
6	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q1)	480	85%	17,00	148 920	65%	11,05	96 798	57 999	167%	5,95	52 122
7	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q1)	480	85%	17,00	148 920	65%	11,05	96 798	57 999	167%	5,95	52 122
8	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q1)	480	85%	17,00	148 920	65%	11,05	96 798	57 999	167%	5,95	52 122

C.4.3 Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição

Ano	C _L			C _{REC}			C _{REC} Célula 1			C _{REC} Célula 2			V _T		V Célula 1		V Célula 2			
	%	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)
0	100%	1,84	16 152	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	1,29	11 259	25%	0,32	2 815	75%	0,96	8 444
1	0%	0,00	0	100%	2,92	25 550	100%	2,92	25 550	0%	0,00	0	5,83	51 100	35%	2,04	17 885	65%	3,79	33 215
2	0%	0,00	0	100%	5,95	52 122	100%	5,95	52 122	0%	0,00	0	17,00	148 920	35%	5,95	52 122	65%	11,05	96 798
3	0%	0,00	0	100%	5,95	52 122	100%	5,95	52 122	0%	0,00	0	17,00	148 920	35%	5,95	52 122	65%	11,05	96 798
4	0%	0,00	0	100%	5,95	52 122	100%	5,95	52 122	0%	0,00	0	17,00	148 920	35%	5,95	52 122	65%	11,05	96 798
5	0%	0,00	0	100%	5,95	52 122	100%	5,95	52 122	0%	0,00	0	17,00	148 920	35%	5,95	52 122	65%	11,05	96 798
6	0%	0,00	0	100%	5,95	52 122	100%	5,95	52 122	0%	0,00	0	17,00	148 920	35%	5,95	52 122	65%	11,05	96 798
7	0%	0,00	0	100%	5,95	52 122	100%	5,95	52 122	0%	0,00	0	17,00	148 920	35%	5,95	52 122	65%	11,05	96 798
8	0%	0,00	0	100%	5,95	52 122	100%	5,95	52 122	0%	0,00	0	17,00	148 920	35%	5,95	52 122	65%	11,05	96 798

C.4.4 Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula

Ano	C _{REC} Célula 1 (m ³ /ano)	C _{REC} Célula 2 (m ³ /ano)	V Célula 1 (m ³ /ano)	V Célula 2 (m ³ /ano)	Situação no fim do ano				
					H _T Célula 1 (m ³)	H _T Célula 2 (m ³)	H _T Aterro (m ³)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 1 (m)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 2 (m)
					0	0	0	2 815	8 444
1	25 550	0	17 885	33 215	40 332	185 142	225 474	0,8	9,3
2	52 122	0	52 122	96 798	39 125	158 899	198 024	0,8	8,0
3	52 122	0	52 122	96 798	37 917	132 605	170 522	0,8	6,7
4	52 122	0	52 122	96 798	36 709	106 258	142 967	0,7	5,4
5	52 122	0	52 122	96 798	35 502	72 660	108 162	0,7	3,7
6	52 122	0	52 122	96 798	34 294	39 011	73 305	0,7	2,0
7	52 122	0	52 122	96 798	33 087	5 309	38 396	0,7	0,3
8	52 122	0	52 122	96 798	31 879	0	0	0,6	0,0

C.5. Simulação 4 – OI 3 com 240 m³/dia

C.5.1 Cálculo de H₀, H_{RES}, H_{DEG}, I e ET

Ano	Situação Inicial						M _{RES} Célula 1	M _{RES} Célula 2	H _{RES} Célula 1	H _{RES} Célula 2	M Célula 1	M Célula 2	Q _{BIOGÁS} Célula 1	Q _{BIOGÁS} Célula 2	H _{DEG} Célula 1	H _{DEG} Célula 2	A Célula 1	A Célula 2	I Célula 1	I Célula 2	ET Célula 1	ET Célula 2
	Nível Médio de Lixiviado na Célula1	Nível Médio de Lixiviado na Célula2	H ₀ Célula 1	H ₀ Célula 2	M Célula 1	M Célula 2																
	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)	(t)	(t)																
0	0,5	3,6	24 745	71 137	1 787 584	566 673	0	76 770	0	26 870	1 787 584	643 443	5 352 048	1 926 475	1 208	435	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
1	0,6	7,1	27 299	140 551	1 787 584	643 443	0	76 770	0	26 870	1 787 584	720 213	5 352 048	2 156 326	1 208	487	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
2	0,8	9,3	40 332	185 142	1 787 584	720 213	0	76 770	0	26 870	1 787 584	796 983	5 352 048	2 386 177	1 208	538	0	71 878	0	46 225	0	2 001
3	0,8	7,6	39 125	150 833	1 787 584	796 983	0	76 770	0	26 870	1 787 584	873 753	5 352 048	2 616 028	1 208	590	0	71 878	0	46 225	0	2 001
4	0,8	5,9	37 917	116 472	1 787 584	873 753	0	76 770	0	26 870	1 787 584	950 523	5 352 048	2 845 878	1 208	642	0	71 878	0	46 225	0	2 001
5	0,7	4,1	36 709	82 058	1 787 584	950 523	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 027 294	5 352 048	3 075 729	1 208	694	0	60 177	0	38 700	0	1 675
6	0,7	2,0	35 502	40 394	1 787 584	1 027 294	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 104 064	5 352 048	3 305 580	1 208	746	0	60 177	0	38 700	0	1 675
7	0,7	-0,1	34 294	-1 322	1 787 584	1 104 064	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 180 834	5 352 048	3 535 431	1 208	798	0	60 177	0	38 700	0	1 675
8	0,7	-2,2	33 087	-43 090	1 787 584	1 180 834	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 257 604	5 352 048	3 765 281	1 208	850	0	48 476	0	31 175	0	1 350

C.5.2 Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário

Ano	ETAL - Osmose Inversa											
	Sistema de Tratamento	Capacidade de Tratamento (m ³ /dia)	Taxa de Disponibilidade (%)	L _{oi}		Taxa de Recuperação (%)	Q _p		Q _p mínimo necessário		C _{oi}	
				(m ³ /h)	(m ³ /ano)		(m ³ /h)	(m ³ /ano)	Caudal mínimo (m ³ /ano)	Realmente tratado (%)	(m ³ /h)	(m ³ /ano)
0	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (2 Etapas)	280	27%	3,13	27 411	41%	1,29	11 259	57 999	19%	1,84	16 152
1	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	50%	5,83	51 100	50%	2,92	25 550	57 999	44%	2,92	25 550
2	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q2)	520	85%	18,42	161 330	65%	11,97	104 865	57 999	181%	6,45	56 466
3	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q2)	520	85%	18,42	161 330	65%	11,97	104 865	57 999	181%	6,45	56 466
4	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q2)	520	85%	18,42	161 330	65%	11,97	104 865	57 999	181%	6,45	56 466
5	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q2)	520	85%	18,42	161 330	65%	11,97	104 865	57 999	181%	6,45	56 466
6	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q2)	520	85%	18,42	161 330	65%	11,97	104 865	57 999	181%	6,45	56 466
7	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q2)	520	85%	18,42	161 330	65%	11,97	104 865	57 999	181%	6,45	56 466
8	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q2)	520	85%	18,42	161 330	65%	11,97	104 865	57 999	181%	6,45	56 466

C.5.3 Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição

Ano	C _L		C _{REC}		C _{REC} Célula 1		C _{REC} Célula 2		V _T		V Célula 1		V Célula 2							
	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)					
0	100%	1,84	16 152	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	1,29	11 259	25%	0,32	2 815	75%	0,96	8 444
1	0%	0,00	0	100%	2,92	25 550	100%	2,92	25 550	0%	0,00	0	5,83	51 100	35%	2,04	17 885	65%	3,79	33 215
2	0%	0,00	0	100%	6,45	56 466	100%	6,45	56 466	0%	0,00	0	18,42	161 330	35%	6,45	56 466	65%	11,97	104 865
3	0%	0,00	0	100%	6,45	56 466	100%	6,45	56 466	0%	0,00	0	18,42	161 330	35%	6,45	56 466	65%	11,97	104 865
4	0%	0,00	0	100%	6,45	56 466	100%	6,45	56 466	0%	0,00	0	18,42	161 330	35%	6,45	56 466	65%	11,97	104 865
5	0%	0,00	0	100%	6,45	56 466	100%	6,45	56 466	0%	0,00	0	18,42	161 330	35%	6,45	56 466	65%	11,97	104 865
6	0%	0,00	0	100%	6,45	56 466	100%	6,45	56 466	0%	0,00	0	18,42	161 330	35%	6,45	56 466	65%	11,97	104 865
7	0%	0,00	0	100%	6,45	56 466	100%	6,45	56 466	0%	0,00	0	18,42	161 330	35%	6,45	56 466	65%	11,97	104 865
8	0%	0,00	0	100%	6,45	56 466	100%	6,45	56 466	0%	0,00	0	18,42	161 330	35%	6,45	56 466	65%	11,97	104 865

C.5.4 Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula

Ano	C _{REC} Célula 1 (m ³ /ano)	C _{REC} Célula 2 (m ³ /ano)	V Célula 1 (m ³ /ano)	V Célula 2 (m ³ /ano)	Situação no fim do ano				
					H _T Célula 1 (m ³)	H _T Célula 2 (m ³)	H _T Aterro (m ³)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 1 (m)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 2 (m)
					0	0	0	2 815	8 444
1	25 550	0	17 885	33 215	40 332	185 142	225 474	0,8	9,3
2	56 466	0	56 466	104 865	39 125	150 833	189 957	0,8	7,6
3	56 466	0	56 466	104 865	37 917	116 472	154 389	0,8	5,9
4	56 466	0	56 466	104 865	36 709	82 058	118 768	0,7	4,1
5	56 466	0	56 466	104 865	35 502	40 394	75 896	0,7	2,0
6	56 466	0	56 466	104 865	34 294	0	32 973	0,7	0,0
7	56 466	0	56 466	104 865	33 087	0	0	0,7	0,0
8	56 466	0	56 466	104 865	31 879	0	0	0,6	0,0

C.6. Simulação 5 – OI 3 com 280 m³/dia

C.6.1 Cálculo de H₀, H_{RES}, H_{DEG}, I e ET

Ano	Situação Inicial						M _{RES} Célula 1	M _{RES} Célula 2	H _{RES} Célula 1	H _{RES} Célula 2	M Célula 1	M Célula 2	Q _{BIOGÁS} Célula 1	Q _{BIOGÁS} Célula 2	H _{DEG} Célula 1	H _{DEG} Célula 2	A Célula 1	A Célula 2	I Célula 1	I Célula 2	ET Célula 1	ET Célula 2
	Nível Médio de Lixiviado na Célula 1	Nível Médio de Lixiviado na Célula 2	H ₀ Célula 1	H ₀ Célula 2	M Célula 1	M Célula 2																
	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)	(t)	(t)																
0	0,5	3,6	24 745	71 137	1 787 584	566 673	0	76 770	0	26 870	1 787 584	643 443	5 352 048	1 926 475	1 208	435	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
1	0,6	7,1	27 299	140 551	1 787 584	643 443	0	76 770	0	26 870	1 787 584	720 213	5 352 048	2 156 326	1 208	487	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
2	0,8	9,3	40 332	185 142	1 787 584	720 213	0	76 770	0	26 870	1 787 584	796 983	5 352 048	2 386 177	1 208	538	0	71 878	0	46 225	0	2 001
3	0,8	7,2	39 125	142 766	1 787 584	796 983	0	76 770	0	26 870	1 787 584	873 753	5 352 048	2 616 028	1 208	590	0	71 878	0	46 225	0	2 001
4	0,8	5,1	37 917	100 339	1 787 584	873 753	0	76 770	0	26 870	1 787 584	950 523	5 352 048	2 845 878	1 208	642	0	71 878	0	46 225	0	2 001
5	0,7	2,9	36 709	57 859	1 787 584	950 523	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 027 294	5 352 048	3 075 729	1 208	694	0	60 177	0	38 700	0	1 675
6	0,7	0,4	35 502	8 128	1 787 584	1 027 294	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 104 064	5 352 048	3 305 580	1 208	746	0	60 177	0	38 700	0	1 675
7	0,7	-2,1	34 294	-41 654	1 787 584	1 104 064	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 180 834	5 352 048	3 535 431	1 208	798	0	60 177	0	38 700	0	1 675
8	0,7	-4,6	33 087	-91 489	1 787 584	1 180 834	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 257 604	5 352 048	3 765 281	1 208	850	0	48 476	0	31 175	0	1 350

C.6.2 Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário

Ano	Sistema de Tratamento	ETAL - Osmose Inversa										
		Capacidade de Tratamento	Taxa de Disponibilidade	L _{OI}		Taxa de Recuperação	Q _P		Q _P mínimo necessário		C _{OI}	
				(m ³ /dia)	%		(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	Caudal mínimo (m ³ /ano)
0	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (2 Etapas)	280	27%	3,13	27 411	41%	1,29	11 259	57 999	19%	1,84	16 152
1	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	50%	5,83	51 100	50%	2,92	25 550	57 999	44%	2,92	25 550
2	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q3)	560	85%	19,83	173 740	65%	12,89	112 931	57 999	195%	6,94	60 809
3	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q3)	560	85%	19,83	173 740	65%	12,89	112 931	57 999	195%	6,94	60 809
4	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q3)	560	85%	19,83	173 740	65%	12,89	112 931	57 999	195%	6,94	60 809
5	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q3)	560	85%	19,83	173 740	65%	12,89	112 931	57 999	195%	6,94	60 809
6	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q3)	560	85%	19,83	173 740	65%	12,89	112 931	57 999	195%	6,94	60 809
7	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q3)	560	85%	19,83	173 740	65%	12,89	112 931	57 999	195%	6,94	60 809
8	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q3)	560	85%	19,83	173 740	65%	12,89	112 931	57 999	195%	6,94	60 809

C.6.3 Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição

Ano	C _L		C _{REC}		C _{REC} Célula 1		C _{REC} Célula 2		V _T		V Célula 1		V Célula 2							
	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)	%	(m ³ /h)	(m ³ /ano)					
0	100%	1,84	16 152	0%	0,00	0	0%	0,00	0	0%	0,00	0	1,29	11 259	25%	0,32	2 815	75%	0,96	8 444
1	0%	0,00	0	100%	2,92	25 550	100%	2,92	25 550	0%	0,00	0	5,83	51 100	35%	2,04	17 885	65%	3,79	33 215
2	0%	0,00	0	100%	6,94	60 809	100%	6,94	60 809	0%	0,00	0	19,83	173 740	35%	6,94	60 809	65%	12,89	112 931
3	0%	0,00	0	100%	6,94	60 809	100%	6,94	60 809	0%	0,00	0	19,83	173 740	35%	6,94	60 809	65%	12,89	112 931
4	0%	0,00	0	100%	6,94	60 809	100%	6,94	60 809	0%	0,00	0	19,83	173 740	35%	6,94	60 809	65%	12,89	112 931
5	0%	0,00	0	100%	6,94	60 809	100%	6,94	60 809	0%	0,00	0	19,83	173 740	35%	6,94	60 809	65%	12,89	112 931
6	0%	0,00	0	100%	6,94	60 809	100%	6,94	60 809	0%	0,00	0	19,83	173 740	35%	6,94	60 809	65%	12,89	112 931
7	0%	0,00	0	100%	6,94	60 809	100%	6,94	60 809	0%	0,00	0	19,83	173 740	35%	6,94	60 809	65%	12,89	112 931
8	0%	0,00	0	100%	6,94	60 809	100%	6,94	60 809	0%	0,00	0	19,83	173 740	35%	6,94	60 809	65%	12,89	112 931

C.6.4 Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula

Ano	C _{REC} Célula 1 (m ³ /ano)	C _{REC} Célula 2 (m ³ /ano)	V Célula 1 (m ³ /ano)	V Célula 2 (m ³ /ano)	Situação no fim do ano				
					H _T Célula 1 (m ³)	H _T Célula 2 (m ³)	H _T Aterro (m ³)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 1 (m)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 2 (m)
					0	0	0	2 815	8 444
1	25 550	0	17 885	33 215	40 332	185 142	225 474	0,8	9,3
2	60 809	0	60 809	112 931	39 125	142 766	181 891	0,8	7,2
3	60 809	0	60 809	112 931	37 917	100 339	138 256	0,8	5,1
4	60 809	0	60 809	112 931	36 709	57 859	94 568	0,7	2,9
5	60 809	0	60 809	112 931	35 502	9 136	43 630	0,7	0,4
6	60 809	0	60 809	112 931	34 294	0	0	0,7	0,0
7	60 809	0	60 809	112 931	33 087	0	0	0,7	0,0
8	60 809	0	60 809	112 931	31 879	0	0	0,6	0,0

C.7. Simulação 6 – OI 3 com 320 m³/dia

C.7.1 Cálculo de H₀, H_{RES}, H_{DEG}, I e ET

Ano	Situação Inicial						M _{RES} Célula 1	M _{RES} Célula 2	H _{RES} Célula 1	H _{RES} Célula 2	M Célula 1	M Célula 2	Q _{BIOGÁS} Célula 1	Q _{BIOGÁS} Célula 2	H _{DEG} Célula 1	H _{DEG} Célula 2	A Célula 1	A Célula 2	I Célula 1	I Célula 2	ET Célula 1	ET Célula 2
	Nível Médio de Lixiviado na Célula1	Nível Médio de Lixiviado na Célula2	H ₀ Célula 1	H ₀ Célula 2	M Célula 1	M Célula 2																
	(m)	(m)	(m³)	(m³)	(t)	(t)																
0	0,5	3,6	24 745	71 137	1 787 584	566 673	0	76 770	0	26 870	1 787 584	643 443	5 352 048	1 926 475	1 208	435	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
1	0,6	7,1	27 299	140 551	1 787 584	643 443	0	76 770	0	26 870	1 787 584	720 213	5 352 048	2 156 326	1 208	487	10 688	83 580	6 873	53 750	298	2 327
2	0,8	9,3	40 332	185 142	1 787 584	720 213	0	76 770	0	26 870	1 787 584	796 983	5 352 048	2 386 177	1 208	538	0	71 878	0	46 225	0	2 001
3	0,8	6,8	39 125	134 700	1 787 584	796 983	0	76 770	0	26 870	1 787 584	873 753	5 352 048	2 616 028	1 208	590	0	71 878	0	46 225	0	2 001
4	0,8	4,2	37 917	84 206	1 787 584	873 753	0	76 770	0	26 870	1 787 584	950 523	5 352 048	2 845 878	1 208	642	0	71 878	0	46 225	0	2 001
5	0,7	1,7	36 709	33 659	1 787 584	950 523	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 027 294	5 352 048	3 075 729	1 208	694	0	60 177	0	38 700	0	1 675
6	0,7	-1,2	35 502	-24 138	1 787 584	1 027 294	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 104 064	5 352 048	3 305 580	1 208	746	0	60 177	0	38 700	0	1 675
7	0,7	-4,1	34 294	-81 987	1 787 584	1 104 064	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 180 834	5 352 048	3 535 431	1 208	798	0	60 177	0	38 700	0	1 675
8	0,7	-7,1	33 087	-139 888	1 787 584	1 180 834	0	76 770	0	26 870	1 787 584	1 257 604	5 352 048	3 765 281	1 208	850	0	48 476	0	31 175	0	1 350

C.7.2 Cálculo dos caudais efluentes e afluentes à ETAL e determinação de caudal de permeado mínimo necessário

Ano	Sistema de Tratamento	ETAL - Osmose Inversa										
		Capacidade de Tratamento	Taxa de Disponibilidade	L _{OI}		Taxa de Recuperação	Q _P		Q _P mínimo necessário		C _{OI}	
				(m³/dia)	%		(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	Caudal mínimo (m³/ano)
0	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (2 Etapas)	280	27%	3,13	27 411	41%	1,29	11 259	57 999	19%	1,84	16 152
1	OI 1 (2 etapas) + OI 2 (3 Etapas)	280	50%	5,83	51 100	50%	2,92	25 550	57 999	44%	2,92	25 550
2	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q4)	600	85%	21,25	186 150	65%	13,81	120 998	57 999	209%	7,44	65 153
3	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q4)	600	85%	21,25	186 150	65%	13,81	120 998	57 999	209%	7,44	65 153
4	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q4)	600	85%	21,25	186 150	65%	13,81	120 998	57 999	209%	7,44	65 153
5	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q4)	600	85%	21,25	186 150	65%	13,81	120 998	57 999	209%	7,44	65 153
6	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q4)	600	85%	21,25	186 150	65%	13,81	120 998	57 999	209%	7,44	65 153
7	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q4)	600	85%	21,25	186 150	65%	13,81	120 998	57 999	209%	7,44	65 153
8	OI 1 (3 etapas) + OI 2 (3 Etapas) + OI 3 (3 etapas - Q4)	600	85%	21,25	186 150	65%	13,81	120 998	57 999	209%	7,44	65 153

C.7.3 Cálculo do concentrado que recircula, é armazenado ou enviado para o CIRVER, e determinação do lixiviado extraído das células de deposição

Ano	C _L			C _{REC}			C _{REC} Célula 1			C _{REC} Célula 2			V _T		V Célula 1		V Célula 2			
	%	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)	%	(m³/h)	(m³/ano)
0	100%	1,84	16 152	0%	0,00	0	0%	0,00	0	-0%	0,00	0	1,29	11 259	25%	0,32	2 815	75%	0,96	8 444
1	0%	0,00	0	100%	2,92	25 550	100%	2,92	25 550	0%	0,00	0	5,83	51 100	35%	2,04	17 885	65%	3,79	33 215
2	0%	0,00	0	100%	7,44	65 153	100%	7,44	65 153	0%	0,00	0	21,25	186 150	35%	7,44	65 153	65%	13,81	120 998
3	0%	0,00	0	100%	7,44	65 153	100%	7,44	65 153	0%	0,00	0	21,25	186 150	35%	7,44	65 153	65%	13,81	120 998
4	0%	0,00	0	100%	7,44	65 153	100%	7,44	65 153	0%	0,00	0	21,25	186 150	35%	7,44	65 153	65%	13,81	120 998
5	0%	0,00	0	100%	7,44	65 153	100%	7,44	65 153	0%	0,00	0	21,25	186 150	35%	7,44	65 153	65%	13,81	120 998
6	0%	0,00	0	100%	7,44	65 153	100%	7,44	65 153	0%	0,00	0	21,25	186 150	35%	7,44	65 153	65%	13,81	120 998
7	0%	0,00	0	100%	7,44	65 153	100%	7,44	65 153	0%	0,00	0	21,25	186 150	35%	7,44	65 153	65%	13,81	120 998
8	0%	0,00	0	100%	7,44	65 153	100%	7,44	65 153	0%	0,00	0	21,25	186 150	35%	7,44	65 153	65%	13,81	120 998

C.7.4 Cálculo da humidade final no aterro e o nível de lixiviados em cada célula

Ano	C _{REC} Célula 1 (m ³ /ano)	C _{REC} Célula 2 (m ³ /ano)	V Célula 1 (m ³ /ano)	V Célula 2 (m ³ /ano)	Situação no fim do ano				
					H _T Célula 1 (m ³)	H _T Célula 2 (m ³)	H _T Aterro (m ³)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 1 (m)	Nível Médio de Lixiviado na Célula 2 (m)
0	0	0	2 815	8 444	27 299	140 551	167 850	0,6	7,1
1	25 550	0	17 885	33 215	40 332	185 142	225 474	0,8	9,3
2	65 153	0	65 153	120 998	39 125	134 700	173 824	0,8	6,8
3	65 153	0	65 153	120 998	37 917	84 206	122 123	0,8	4,2
4	65 153	0	65 153	120 998	36 709	33 659	70 369	0,7	1,7
5	65 153	0	65 153	120 998	35 502	0	11 364	0,7	0,0
6	65 153	0	65 153	120 998	34 294	0	0	0,7	0,0
7	65 153	0	65 153	120 998	33 087	0	0	0,7	0,0
8	65 153	0	65 153	120 998	31 879	0	0	0,6	0,0

ANEXO D

Qualidade do Lixiviado e Permeado

Anexo D: Qualidade do Lixiviado e Permeado

D.1. Qualidade do Lixiviado

D.1.1 Qualidade média do Lixiviado entre 1999 e 2021

Parâmetro	Unidades	Média
Alumínio	mg/L Al	4,48
AOX	mg/L	3,89
Arsénio	mg/L As	0,15
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄	1 666,90
Azoto Total	mg/L N	2 605,00
Bário	mg/L	0,32
Bicarbonato	mg/L CaCO ₃	9 667,35
Boro	mg/L	14,59
Cadmio	mg/L Cd	0,01
Cálcio	mg/L	88,54
Carbonatos	mg/L	326,36
Carbono Orgânico Total	mg/L C	2 531,71
CBO ₅ , 20°C	mg/L O ₂	1 779,32
Chumbo Total	mg/L Pb	0,36
Cianeto Total	mg/L CN ⁻	0,07
Cloreto	mg/L Cl ⁻	4 846,11
Cobre Total	mg/L Cu	1,04
Condutividade	μS/cm	22 430,00
CQO	mg/L O ₂	9 657,27
Crómio	mg/L	1,75
Crómio Hexavalente	mg/L Cr(VI)	0,05
Estrôncio	mg/L Sr	0,27
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,57
Ferro Total	mg/L Fe	15,17
Fluoreto	mg/L F ⁻	6,89
Fosfato	mg/L P ₂ O ₅	43,00
Fósforo Total	mg/L P	26,47
Hidrocarbonetos Totais	mg/L	0,53
Magnésio	mg/L	57,90
Manganês	mg/L	0,27
Mercúrio	mg/L Hg	0,70
Níquel	mg/L	0,69
Nitratos	mg/L NO ₃	6 200,00
Nitrito	mg/L NO ₂	0,30
Óleos e Gorduras	mg/L	3,00
pH	Escala de Sorensen	8,19

Parâmetro	Unidades	Média
Potássio	mg/L	2 546,87
Selênio	mg/L	0,31
Sílica	mg/L SiO ₂	25,00
Sódio	mg/L	2 935,77
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	14 333,33
SST	mg/L	699,22
Sulfato	mg/L SO ₄	1 163,52
Sulfureto	mg/L S	17,14
Zinco	mg/L	2,11

D.1.2 Qualidade média do Lixiviado em 2022

Parâmetro	Unidades	Média
Alumínio	mg/L Al	14,00
AOX	mg/L	5,04
Arsênio	mg/L As	0,21
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄	1 583,00
Azoto Total	mg/L N	2 400,00
Bário	mg/L	1,70
Bicarbonato	mg/L CaCO ₃	17 500,00
Boro	mg/L	44,00
Cadmio	mg/L Cd	0,02
Cálcio	mg/L	36,00
Carbono Orgânico Total	mg/L C	6 400,00
CBO ₅ , 20°C	mg/L O ₂	940,00
Chumbo Total	mg/L Pb	0,43
Cianeto Total	mg/L CN ⁻	0,15
Cloreto	mg/L Cl ⁻	16 783,33
Cobre Total	mg/L Cu	4,70
Condutividade	µS/cm	32 166,67
CQO	mg/L O ₂	43 066,67
Crômio	mg/L	5,85
Crômio Hexavalente	mg/L Cr(VI)	<0,050
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	1,07
Ferro Total	mg/L Fe	56,00
Fluoreto	mg/L F ⁻	8,30
Fósforo Total	mg/L P	26,47
Hidrocarbonetos Totais	mg/L	1,00
Magnésio	mg/L	<5,0
Manganês	mg/L	1,30

Parâmetro	Unidades	Média
Mercúrio	mg/L Hg	<0,001
Níquel	mg/L	2,90
Nitratos	mg/L NO ₃	<1,0
Nitrito	mg/L NO ₂	<0,30
pH	Escala de Sorensen	8,12
Potássio	mg/L	5 200,00
Selênio	mg/L	<0,05
Sódio	mg/L	7 100,00
SST	mg/L	720,00
Sulfato	mg/L SO ₄	2 200,00
Sulfureto	mg/L S	8,80
Zinco	mg/L	5,20

D.2. Qualidade do Permeado

D.2.1 Qualidade média do Permeado entre 2017 e 2022

Parâmetro	Unidades	Média	VLE
Alumínio	mg/L Al	0,30	10
Arsênio	mg/L As	0,04	1,0
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄	49,97	10
Azoto Total	mg/L N	56,15	15
Cadmio	mg/L Cd	0,06	0,2
CBO ₅ , 20°C	mg/L O ₂	14,99	40
Chumbo Total	mg/L Pb	0,05	1,0
Cobre Total	mg/L Cu	0,10	1,0
Condutividade	μS/cm	1 178,51	-
CQO	mg/L O ₂	36,74	150
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,11	0,5
Ferro Total	mg/L Fe	1,68	2,0
Fósforo Total	mg/L P	1,60	10
Mercúrio	mg/L Hg	0,001	0,05
Nitratos	mg/L NO ₃	6,76	50
Óleos e Gorduras	mg/L	0,19	15
Óleos Minerais	mg/L	0,30	15
pH	Escala de Sorensen	7,78	6,0-9,0
SST	mg/L	25,69	60

D.2.2 Qualidade do Permeado em 2017

Parâmetro	Unidades	17/01/2017	14/03/2017	09/05/2017	21/06/2017	04/07/2017	08/08/2017	12/09/2017	10/10/2017	14/11/2017	13/12/2017	Média 2017	VLE
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄	51,00	17,00	5,00	290,00	89,00	42,00	31,00	24,00	52,00	8,00	60,90	10
Azoto Total	mg/L N	47,00	16,00	40,00	270,00	89,00	40,00	31,00	32,00	99,00	6,80	67,08	15
CBO ₅ , 20°C	mg/L O ₂	32,00	10,00	39,00	22,00	10,00	10,00	10,00	10,00	17,00	13,00	17,30	40
Chumbo Total	mg/L Pb	0,1			0,1				0,1			0,05	1,0
Cobre Total	mg/L Cu	0,1			0,1				0,1			0,10	1,0
Condutividade	µS/cm	616,00	202,00	484,00	2800,00	1100,00	526,00	501,00	522,00	1300,00	342,00	839,30	-
CQO	mg/L O ₂	71,00	46,00	80,00	75,00	17,00	28,00	10,00	10,00	29,00	33,00	39,90	150
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,1			0,2				0,1			0,14	0,5
Ferro Total	mg/L Fe	0,1			0,1				0,1			0,10	2,0
Fósforo Total	mg/L P	1,0	1,0	1,1	1,1	24,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,32	10
Mercurio	mg/L Hg	0,001			0,001				0,001			0,001	0,05
Nitratos	mg/L NO ₃	1,00	1,70	1,70	1,00	1,90	2,20	4,90	4,30	4,70	3,70	2,71	50
Óleos e Gorduras	mg/L	0,3			0,3				0,3			0,30	15
Óleos Minerais	mg/L	0,3			0,3				0,3			0,30	15
pH	Escala de Sorensen	7,70	7,20	6,90	8,30	7,60	7,30	7,60	7,60	8,20	6,20	7,46	6,0-9,0
SST	mg/L	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	60

D.2.3 Qualidade do Permeado em 2018

Parâmetro	Unidades	16/01/2018	06/03/2018	20/03/2018	10/04/2018	08/05/2018	12/06/2018	10/07/2018	14/08/2018	11/09/2018	09/10/2018	13/11/2018	11/12/2018	Média 2018	VLE
Alumínio	mg/L Al									0,1	0,1			0,10	10
Arsênio	mg/L As									0,05	0,05			0,05	1,0
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄	11,00	28,00	12,00	8,00	36,00	56,00	69,00	46,00	100,00	110,00	170,00	67,00	59,42	10
Azoto Total	mg/L N	10,00	43,00	13,00	12,00	35,00	54,00	53,00	38,00	81,00	120,00	700,00	62,00	101,75	15
Cadmio	mg/L Cd									0,01	0,01			0,01	0,2
CBO ₅ , 20°C	mg/L O ₂	10,00	10,00	10,00	12,00	10,00	10,00	12,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,33	40
Chumbo Total	mg/L Pb	0,05			0,05			0,05			0,05			0,05	1,0
Cobre Total	mg/L Cu	0,1			0,1			0,1			0,1			0,10	1,0
Condutividade	µS/cm	285,00	606,00	333,00	1000,00	494,00	742,00	957,00	1100,00	1400,00	1800,00	1700,00	1100,00	959,75	-
CQO	mg/L O ₂	39,00	29,00	34,00	43,00	16,00	27,00	21,00	17,00	43,00	30,00	140,00	28,00	38,92	150
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,13			0,1			0,1			0,1			0,11	0,5
Ferro Total	mg/L Fe	0,1			26			0,1			0,2			6,60	2,0
Fósforo Total	mg/L P	3	1	1	1	2,6	1	1	1	1	1	1	1	1,30	10
Mercurio	mg/L Hg	0,001			0,001			0,001			0,001			0,001	0,05
Nitratos	mg/L NO ₃	3,70	1,30	4,40	1,00	3,30	2,00	1,00	1,00	5,30	4,70	1,00	2,40	2,59	50
Óleos e Gorduras	mg/L	0,3			0,35			0,3			0,51			0,37	15
Óleos Minerais	mg/L	0,3			0,3			0,3			0,3			0,30	15
pH	Escala de Sorensen	6,20	5,80	6,30	8,60	8,20	7,30	8,40	8,40	8,00	7,90	8,40	7,90	7,62	6,0-9,0
SST	mg/L	10,00	10,00	10,00	670,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	65,00	60

D.2.4 Qualidade do Permeado em 2019

Parâmetro	Unidades	15/01/2019	12/02/2019	12/03/2019	23/04/2019	07/05/2019	19/06/2019	31/07/2019	20/08/2019	11/09/2019	12/11/2019	19/11/2019	Média 2019	VLE
Alumínio	mg/L Al		0,10		0,10			0,10				0,10	0,10	10
Arsénio	mg/L As		0,05		0,05			0,05				0,05	0,05	1,0
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄	16,00	17,00	46,00	0,30	5,00	26,00	89,00	30,00	57,00	26,00	9,00	29,21	10
Azoto Total	mg/L N	13,00	30,00	43,00	5,00	0,30	360,00	110,00	29,00	64,00	22,00	7,30	62,15	15
Cadmio	mg/L Cd		0,01		0,01			0,01				0,01	0,01	0,2
CBO ₅ , 20°C	mg/L O ₂	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	11,00	20,00	10,00	80,00	10,00	10,00	17,36	40
Chumbo Total	mg/L Pb	0,05			0,05			0,05				0,05	0,05	1,0
Cobre Total	mg/L Cu	0,10			0,10			0,10				0,10	0,10	1,0
Condutividade	µS/cm	1100,00	1000,00	1200,00	1000,00	1000,00	2200,00	2900,00	1300,00	2500,00	1200,00	1100,00	1500,00	-
CQO	mg/L O ₂	25,00	23,00	23,00	40,00	21,00	37,00	48,00	47,00	130,00	22,00	12,00	38,91	150
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,10			0,10			0,10				0,10	0,10	0,5
Ferro Total	mg/L Fe	0,10			0,10			0,10				0,10	0,10	2,0
Fósforo Total	mg/L P	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,61	0,74	20,00	0,50	0,50	2,53	10
Mercurio	mg/L Hg	0,001			0,001			0,001				0,001	0,001	0,05
Nitratos	mg/L NO ₃	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	150,00	6,40	3,80	1,00	1,00	15,30	50
Óleos e Gorduras	mg/L	0,30											0,30	15
Óleos Minerais	mg/L	0,30			0,30			0,30				0,30	0,30	15
pH	Escala de Sorensen	7,00	8,10	8,00	8,40	8,30	8,90	8,30	7,90	8,10	8,20	8,10	8,12	6,0-9,0
SST	mg/L	10,00	10,00	34,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	38,00	10,00	12,00	14,91	60

D.2.5 Qualidade do Permeado em 2020

Parâmetro	Unidades	10/12/2020	14/01/2020	27/02/2020	10/03/2020	07/04/2020	05/05/2020	02/06/2020	07/07/2020	11/08/2020	08/09/2020	13/10/2020	03/11/2020	09/12/2020	Média 2020	VLE
Alumínio	mg/L Al		1,70			0,10			0,10			0,10			0,50	10
Arsénio	mg/L As		0,05			0,05			0,05			0,05			0,05	1,0
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄	5,00	10,00	110,00	8,00	13,00	12,00	40,00	26,00	5,00	5,00	5,00	36,00	24,00	23,00	10
Azoto Total	mg/L N	0,29	4,00	96,00	9,20	10,00	73,00	41,00	28,00	0,54	7,30	0,38	45,00	29,00	26,44	15
Cadmio	mg/L Cd		0,01			0,01			0,01			0,01			0,01	0,2
CBO ₅ , 20°C	mg/L O ₂	10,00	10,00	16,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,62	40
Chumbo Total	mg/L Pb		0,05			0,05			0,05			0,05			0,05	1,0
Cobre Total	mg/L Cu		0,10			0,10			0,10			0,10			0,10	1,0
Condutividade	µS/cm	981,00	209,00	1800,00	1400,00	759,00	1700,00	1400,00	1200,00	973,00	1100,00	991,00	1500,00	1300,00	1177,92	-
CQO	mg/L O ₂	15,00	11,00	57,00	24,00	29,00	49,00	22,00	23,00	31,00	10,00	23,00	19,00	150,00	35,62	150
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH		0,10			0,10			0,10			0,10			0,10	0,5
Ferro Total	mg/L Fe		2,70			0,10			0,10			0,10			0,75	2,0
Fósforo Total	mg/L P	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,71	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,57	0,56	10
Mercurio	mg/L Hg		0,001			0,001			0,001			0,001			0,001	0,05
Nitratos	mg/L NO ₃	1,00	1,00	1,00	1,80	1,00	1,00	1,00	1,70	1,00	1,00	1,00	1,00	2,90	1,26	50
Óleos Minerais	mg/L		0,30			0,30			0,30			0,30			0,30	15
pH	Escala de Sorensen	8,20	8,00	7,50	8,20	7,60	7,90	8,10	8,20	8,40	8,20	8,30	8,50	8,40	8,12	6,0-9,0
SST	mg/L	10,00	54,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	13,38	60

D.2.6 Qualidade do Permeado em 2021

Parâmetro	Unidades	09/03/2021	06/04/2021	15/06/2021	06/07/2021	17/08/2021	14/09/2021	12/10/2021	09/11/2021	21/12/2021	Média 2021	VLE
Alumínio	mg/L Al	2,70	0,15		0,44			<0,10			1,10	10
Arsénio	mg/L As	<0,05	<0,05		<0,05			<0,05			<0,05	1,0
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄	15,00	19,00	44,00	30,00	<3,0	<3,0	<5	<5,0	<5,0	27,00	10
Azoto Total	mg/L N	15,00	18,00	34,00	24,00	1,10	0,68	0,26	1,20	1,20	10,60	15
Cadmio	mg/L Cd	<0,01	<0,01		<0,01			<0,01			<0,01	0,2
CBO ₅ , 20°C	mg/L O ₂	22,00	<10	10,00	11,00	<10	<10	<10	<10	<10	14,33	40
Chumbo Total	mg/L Pb	<0,05	<0,05		<0,05			<0,05			<0,05	1,0
Cobre Total	mg/L Cu	<0,10	<0,10		<0,10			<0,10			<0,10	1,0
Condutividade	µS/cm	270,00	338,00	755,00	478,00	2800,00	40,10	527,00	45,70	359,00	623,64	-
CQO	mg/L O ₂	67,00	25,00	26,00	21,00	27,00	28,00	26,00	<10	<10	31,43	150
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	<0,10	<0,10		<0,10			<0,10			<0,10	0,5
Ferro Total	mg/L Fe	6,00	<0,10		0,50			0,14			2,21	2,0
Fósforo Total	mg/L P	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,51	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,51	10
Mercurio	mg/L Hg	<0,001	<0,001		<0,001			<0,001			<0,001	0,05
Nitratos	mg/L NO ₃	28,00	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,30	15,15	50
Óleos Minerais	mg/L	<0,30	<0,30		<0,30			<0,30			<0,30	15
pH	Escala de Sorensen	7,80	7,70	8,30	8,70	7,80	6,90	5,10	7,20	8,00	7,50	6,0-9,0
SST	mg/L	82,00	<10	<10	<10	<10	19,00	14,00	<10	<10	38,33	60

D.2.7 Qualidade do Permeado em 2022

Parâmetro	Unidades	11/01/2022	04/02/2022	09/03/2022	12/04/2022	03/05/2022	07/06/2022	12/07/2022	09/08/2022	13/09/2022	11/10/2022	08/11/2022	06/12/2022	Média 2022	VLE
Alumínio	mg/L Al	<0,10			0,34			0,33			0,1			0,26	10
Arsénio	mg/L As	<0,01			<0,01			<0,01			<0,01			<0,01	1,0
Azoto Amoniacal	mg/L NH ₄	24,00	29,00	280,00	370,00	<3,0	53,00	<3,0	<3,0	<3,0	4,00	8,40	34,00	100,30	10
Azoto Total	mg/L N	21,00	23,00	230,00	450,00	1,40	47,00	0,50	1,60	0,36	4,10	8,60	39,00	68,88	15
Cadmio	mg/L Cd	<0,01			<0,01			<0,01			<0,01			<0,01	0,2
CBO ₅ , 20°C	mg/L O ₂	<10	<10	<10	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20,00	40
Chumbo Total	mg/L Pb	<0,05			<0,05			<0,05			<0,05			<0,05	1,0
Cobre Total	mg/L Cu	<0,10			<0,10			<0,10			<0,10			<0,10	1,0
Condutividade	µS/cm	1200,00	1200,00	6000,00	6500,00	3500,00	1700,00	496,00	750,00	502,00	504,00	564,00	729,00	1970,42	-
CQO	mg/L O ₂	18,00	15,00	120,00	69,00	22,00	18,00	<10	21,00	<10	16,00	22,00	<10	35,67	150
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	<0,10			<0,10			<0,10			<0,10			<0,10	0,5
Ferro Total	mg/L Fe	<0,10			0,12			0,55			<0,10			0,34	2,0
Fósforo Total	mg/L P	<0,50	<0,50	2,00	1,90	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,90	<0,50	0,60	1,35	10
Mercurio	mg/L Hg	<0,001			<0,001			<0,001			<0,001			<0,001	0,05
Nitratos	mg/L NO ₃	1,90	<1,0	7,90	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,20	5,40	1,30	3,54	50
Óleos Minerais	mg/L	<0,30			<0,30			<0,30			<0,30			<0,30	15
pH	Escala de Sorensen	8,30	8,30	8,40	8,60	6,70	7,90	7,70	7,60	7,90	7,20	7,60	8,30	7,88	6,0-9,0
SST	mg/L	<10	<10	13,00	12,00	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	12,50	60

ANEXO E

Quantidades de Lixiviado, Permeado e Concentrado

Anexo E: Quantidades de Lixiviado, Permeado e Concentrado

E.1. Quantidade de Lixiviados Tratados no sistema de OI (2009-2022)

Ano	Volume de Lixiviado Tratado (m ³)
2009	7 478
2010	29 692
2011	34 030
2012	14 910
2013	28 959
2014	19 378
2015	18 939
2016	23 243
2017	50 085
2018	46 660
2019	44 521
2020	38 810
2021	37 960
2022	27 411
TOTAL	394 665

E.2. Quantidade de Lixiviados Enviados para o CIRVER (2009-2022)

Ano	Volume de Lixiviado enviado para o CIRVER (m ³)
2009	-
2010	-
2011	-
2012	-
2013	-
2014	-
2015	-
2016	6 081
2017	2 031
2018	-
2019	-
2020	3 312
2021	6 307
2022	-
TOTAL	17 732

E.3. Quantidade de Permeado Tratados no sistema de OI (2009-2022)

Ano	Volume de Permeado Tratado (m ³)
2009	3 691
2010	14 777
2011	20 928
2012	6 765
2013	17 743
2014	12 030
2015	10 464
2016	12 853
2017	20 347
2018	24 951
2019	21 107
2020	20 679
2021	14 590
2022	11 259
TOTAL	200 925

E.4. Quantidade de Concentrado produzido no sistema de OI (2009-2022)

Ano	Volume de Concentrado Produzido (m ³)
2009	3 787
2010	14 915
2011	13 102
2012	8 145
2013	11 216
2014	7 348
2015	8 475
2016	10 390
2017	29 738
2018	21 709
2019	23 414
2020	18 131
2021	23 370
2022	16 152
TOTAL	193 740

E.5. Disponibilidade de Operação Real do sistema de OI (2009-2022)

Ano	Disponibilidade de Operação Real (%)
2009	9%
2010	34%
2011	39%
2012	17%
2013	33%
2014	22%
2015	22%
2016	27%
2017	58%
2018	54%
2019	51%
2020	45%
2021	44%
2022	32%
Média	47%

NOTA: Comparando com a quantidade de lixiviado tratado com a OI com 85% de disponibilidade.

E.6. Eficiência de Tratamento de Permeado do sistema de OI (2009-2022)

Ano	Eficiência (%)
2009	49%
2010	50%
2011	61%
2012	45%
2013	61%
2014	62%
2015	55%
2016	55%
2017	41%
2018	53%
2019	47%
2020	53%
2021	38%
2022	41%
Média	51%

ANEXO F

Análise Económica

Anexo F: Análise Económica

A tabela seguinte apresenta os custos associados à implementação das soluções propostas neste relatório, incluindo a terceira linha de osmose inversa com capacidade 280 m³/dia.

Ano	Osmose Inversa																		
	Substituição das membranas									Investimento				Operação				Subtotal	
	OI 1			OI 2			OI 3			Subtotal	OI 1	OI 2	OI 3	Subtotal	OI 1	OI 2	OI 3		Subtotal
	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa										
1		18 000€		69 000€	24 000€					111 000€			1 110 000€	1 110 000€	106 313€	133 084€		239 397€	1 460 397€
2															106 313€	133 084€	213 397€	452 794€	452 794€
3															106 313€	133 084€	213 397€	452 794€	452 794€
4															106 313€	133 084€	213 397€	452 794€	452 794€
5	48 000€			6 000€						54 000€					106 313€	133 084€	213 397€	452 794€	506 794€
6				69 000€						69 000€					106 313€	133 084€	213 397€	452 794€	521 794€
7		18 000€			24 000€				117 600€	159 600€					106 313€	133 084€	213 397€	452 794€	612 394€
8			10 800€			9 000€		37 800€	25 200€	82 800€					106 313€	133 084€	213 397€	452 794€	535 594€
Total	48 000€	36 000€	10 800€	144 000€	48 000€	9 000€	117 600€	37 800€	25 200€	476 400€			1 110 000€	1 110 000€	850 504€	1 064 671€	1 493 778€	3 408 953€	4 995 353€

Ano	Lagoas												
	Arejamento Lagoa 3				Aumento da capacidade das lagoas				Subtotal				
	Investimento		Operação		Manutenção		Subtotal						
1	60 000€		17 177€				77 177€		223 000€		223 000€		300 177€
2			17 177€		1 800€		18 977€				2 230€		21 207€
3			17 177€		1 800€		18 977€				2 230€		21 207€
4			17 177€		1 800€		18 977€				2 230€		21 207€
5			17 177€		1 800€		18 977€				2 230€		21 207€
6			17 177€		1 800€		18 977€				2 230€		21 207€
7			17 177€		1 800€		18 977€				2 230€		21 207€
8			17 177€		1 800€		18 977€				2 230€		21 207€
Total	60 000€		137 415€		12 600€		210 015€		223 000€		15 610€		448 625€

Ano	Bombagem de lixiviados e concentrado												Custo Total	Custo Atualizado		
	Reforço da extração de lixiviados						Recirculação concentrado (Célula 1)									
	Investimento			Operação	Manutenção			Subtotal	Investimento			Operação			Manutenção	Subtotal
	Equipamento	Civil	Subtotal		Equipamento	Civil	Subtotal		Investimento	Operação	Manutenção					
1	20 000€	20 000€	40 000€				40 000€	20 000€	200€		20 200€	60 200€	1 820 774€	1 820 774€		
2				200€	600€	200€	800€		200€	600€	800€	41 800€	515 801€	500 777€		
3				200€	600€	200€	800€		200€	600€	800€	1 800€	475 801€	448 488€		
4				200€	600€	200€	800€		200€	600€	800€	1 800€	475 801€	435 425€		
5				200€	600€	200€	800€		200€	600€	800€	1 800€	529 801€	470 721€		
6				200€	600€	200€	800€		200€	600€	800€	1 800€	544 801€	469 950€		
7				200€	600€	200€	800€		200€	600€	800€	1 800€	635 401€	532 138€		
8				200€	600€	200€	800€		200€	600€	800€	1 800€	558 601€	454 193€		
Total	20 000€	20 000€	40 000€	1 400€	4 200€	1 400€	5 600€	87 000€	20 000€	1 600€	4 200€	25 800€	112 800€	5 556 778€	5 132 466€	