

FUTURE

PROMAN ENGENHARIA
PARA ALÉM DA TÉCNICA

Ampliação da Capacidade do Aterro de Apoio do CITVRSU de Coimbra

Projeto de Exploração das Fases A2 e C

Memória Descritiva e Justificativa

Nº Trabalho: T23.080

Data: 06/03/2025

Ampliação da Capacidade do Aterro de Apoio do CITVRSU de Coimbra

Projeto de Exploração das Fases A2 e C

Refª do documento: 23080-2-RES-MDJ-C

Histórico do Documento

Revisão	Descrição	Editado	Verificado	Autorizado	Data
00	Primeira emissão	SRH / IFS / ASF	SRH	RVA	31-10-2024
A	Correções	SRH	SRH	RVA	26-11-2024
B	Quantidades de terras	SRH	SRH	RVA	20-02-2025
C	Revisão	IFS/SRH	SRH	RVA	06-03-2025

Alameda Fernão Lopes, nº 16 10º andar
1495-190 Algés - **Portugal**
Telf: +351 213 041 050
Contribuinte nº 501 201 840
Capital Social 1.986.390 Euros - C.R.C. Lisboa



Índice Geral

Memória Descritiva e Justificativa

Peças Desenhadas

Índice

Capítulos

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	HISTÓRICO E SITUAÇÃO EXISTENTE	9
2.1	Fases	9
2.2	2011	11
2.3	Projeto da Fase B e revisão do licenciamento	12
2.4	2020	12
2.5	2023	13
2.6	Histórico de deposição de resíduos.....	15
3.	EXPLORAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO	16
4.	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	17
4.1	Quantidades de resíduos a depositar	17
4.2	Cobertura diária	17
4.3	Densidade efetiva de deposição	17
4.4	Geometria de deposição	18
4.5	Selagem final	18
5.	FUTURA DEPOSIÇÃO.....	20
5.1	Formas e sequência de deposição.....	20
5.2	Volume de encaixe.....	26
5.3	Capacidade de deposição de resíduos e vida útil	26
5.4	Selagem final	30
6.	BIOGÁS.....	32
6.1	Drenagem do biogás	32
6.2	Produção de biogás.....	34
7.	PRODUÇÃO E EXTRAÇÃO DE LIXIVIADOS	46
7.1	Sistemas existentes	46
7.2	Fase C	47

8.	PRODUÇÃO E GESTÃO DE ODORES.....	50
9.	DRENAGEM PLUVIAL.....	51
10.	CONCLUSÕES.....	53

Tabelas

Tabela 2-1 – Quantitativos de resíduos depositados nas Fases A e B	15
Tabela 4-1 – Cálculo da densidade efetiva dos resíduos depositadas	17
Tabela 5-1 - Capacidades do aterro sanitário, por fase, considerando o licenciamento em vigor e o licenciamento proposto à data do levantamento de dezembro 2023.....	27
Tabela 5-2 – Capacidades de deposição de resíduos associadas aos cenários de licenciamento	28
Tabela 5-3 – Deposição de resíduos estimada em cada fase, por ano, considerando o licenciamento das Fases C e A2	29
Tabela 5-4 – Capacidades totais das fases de exploração do aterro sanitário.....	29
Tabela 5-5 – Áreas de selagem final, por fase	31
Tabela 6-1 – Extração de biogás da Fase A+A2, 2014-2022.....	35
Tabela 6-2 – Composição global dos resíduos depositados em cada ano.....	37
Tabela 6-3 – Critérios de eficiência e distribuição do sistema de extração considerados para a Fase A+A2.....	39
Tabela 6-4 – Critérios de eficiência e distribuição do sistema de extração considerados no modelo.	41

Figuras

Figura 2-1 – Fase A+A2, março 2022	9
Figura 2-2 – Início da exploração da Célula B1, março 2022.....	10
Figura 2-3 – Célula B1 já selada, abril 2023	10
Figura 2-4 – Célula B2, março 2022	10
Figura 2-5 – Célula B2 em exploração, abril 2023.....	11
Figura 2-6 – Forma inicial da Fase A (projeto de 2011)	11
Figura 2-7 – Planta da situação em dezembro 2020, com forma inicial da Fase B.....	13
Figura 2-8 Levantamento topográfico, dezembro 2023.....	14
Figura 2-9 – Levantamento aerofotogramétrico do aterro, dezembro 2023.....	14
Figura 5-1 – Visualização 3-D do levantamento topográfico de 2023, visto de sudeste	21

Figura 5-2 – Enchimento da Fase A2 desde a cota de +66,5 m até às cotas atuais do levantamento de dezembro 2023	22
Figura 5-3 – Visualização 3-D do enchimento da Fase A2	22
Figura 5-4 – Enchimento da Fase B2 até à cota máxima licenciada de +65,0 m	23
Figura 5-5 – Visualização 3-D do enchimento da Fase B2, visto de sudoeste	23
Figura 5-6 – Enchimento da Fase C	24
Figura 5-7 – Visualização 3-D da Fase C, visto de sudoeste	24
Figura 5-8 – Perfil de enchimento da Fase A2 sobre a Fase A	25
Figura 5-9 – Perfil de enchimento das Fases A2 e C sobre as Fases A e B	25
Figura 5-10 – Perfil de enchimento da Fase C	25
Figura 5-11 Faseamento da Selagem Final	30
Figura 6-1 – Extração de biogás da Fase A + A2, março 2022	32
Figura 6-2- Extração do biogás do talude oeste da Célula B2, abril 2023	33
Figura 6-3 – Cogeneradores do sistema de aproveitamento energético do biogás da CITVRSU	33
Figura 6-4 – Rede de drenagem de biogás existente e prevista da Fase B	34
Figura 7-1 – Rede de drenagem e bombagem de lixiviados existente	46
Figura 7-2 – Extração de lixiviados por bombagem na Fase B	47
Figura 7-3 – Situação atual do aterro com telas já aplicadas	47
Figura 7-4 – Pendentes da Célula A do aterro	48
Figura 7-5 – Remoção da tela existente do talude da Célula A e dique de contenção a implementar na sua plataforma	48
Figura 9-1 – Rede de drenagem pluvial existente	51
Figura 9-2 – Drenagem pluvial da cobertura do aterro sanitário	52

Gráficos

Gráfico 6-1 – Extração anual de biogás do aterro sanitário (como CH ₄)	35
Gráfico 6-2 – Resumo da composição de cada tipologia de resíduos depositados	37
Gráfico 6-3 – Estimativa da produção de biogás (em toneladas de CH ₄) nas Fases A+A2, por ano	38
Gráfico 6-4 – Comparação da estimativa da extração de biogás (em toneladas de CH ₄) modelada com os dados históricos	39
Gráfico 6-5 – Previsão da produção do biogás, por fase	40
Gráfico 6-6 – Previsão das contribuições das fases de exploração à produção do biogás	41

Gráfico 6-7 – Previsão da extração do biogás, por fase.....	42
Gráfico 6-8 – Previsão das contribuições das fases de exploração à extração do biogás	42
Gráfico 6-9 – Produção e extração de biogás estimado pelo modelo	43
Gráfico 6-10 – Comparação entre a produção de biogás estimada no aterro sob o licenciamento em vigor e no cenário de exploração da Fase C.....	44
Gráfico 6-11 – Comparação da extração de biogás estimada no aterro sob licenciamento em vigor e no cenário de exploração da Fase C (considerando um teor de CH ₄ de 50%),.....	44

Projeto de Exploração das Fases A2 e C do Aterro de Apoio do CITVRSU de Coimbra

Peças Desenhadas

Nº de Arquivo	Rev.	Título	Data
		GERAL	
23080-2-GER-001	-	Localização	Out. 2024
		RESÍDUOS	
23080-2-RES-001	-	Situação inicial das Fases A (2011) e B (2020). Planta	Out. 2024
23080-2-RES-010	-	Levantamento topográfico de dezembro 2023	Out. 2024
23080-2-RES-020		Forma de enchimento da Fase A2. Planta	Out. 2024
23080-2-RES-021	-	Forma de enchimento da Fase B2 (cota máx. +65 m). Planta	Out. 2024
23080-2-RES-022	-	Forma de enchimento da Fase C. Planta	Out. 2024
23080-2-RES-030	-	Enchimento. Perfis 01 a 06	Out. 2024
		DRENAGEM PLUVIAL	
23080-2-DPL-001	-	Rede de drenagem pluvial. Situação existente. Planta	Out. 2024
23080-2-DPL-002	-	Rede de drenagem pluvial. Desenvolvimento. Planta	Out. 2024

1. INTRODUÇÃO

O presente documento constitui o **Projeto de Exploração das Fases A2 e C** para a **Ampliação da Capacidade do Aterro de Apoio do CITVRSU de Coimbra**, infraestrutura explorada pela **ERSUC – Resíduos Sólidos do Centro, S.A.**

O Centro Integrado de Tratamento e Valorização de Resíduos Sólidos Urbanos (CITVRSU) de Coimbra integra uma Estação de Tratamento Mecânico-Biológico de resíduos (TMB) bem como um aterro sanitário de apoio. O aterro recebe:

- Subprodutos do tratamento de RU (refugos provenientes da TMB e da Estação de Triagem Seletiva)
- Resíduos urbanos (RU) resultantes da limpeza urbana e dos edifícios de apoio ao CITVRSU
- Monstros e monos.

Conforme o Regime Jurídico da Deposição de Resíduos em Aterro (RJdra, Anexo II do Decreto-Lei N.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, alterado pela Lei n.º 52/2021, de 10 de agosto, e pelo Decreto-Lei n.º 24/2024, de 26 de março), classifica-se como aterro de resíduos não perigosos.

O aterro tem sido desenvolvido em duas fases:

- A Fase A do aterro foi explorada entre outubro de 2012 e janeiro de 2022, e já atingiu a sua cota licenciada de +66,5 m; Esta fase incluiu os resíduos não tratados na unidade TMB aquando da pandemia SARS-COVID19, aqui individualizada como Fase A2;
- A Fase B, entrou em serviço em janeiro de 2022 e está atualmente em exploração; a sua cota máxima licenciada é de +65 m.

Inclui-se no presente documento a designada Fase A2, correspondente à deposição de resíduos sólidos urbanos sem tratamento, em estrito cumprimento da orientação da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e da Entidade Reguladora de Águas e Resíduos (ERSAR), previstas no Decreto-Lei n.º 10/2020, de 13 de março como medida de contingência face à pandemia do SARS-COVID19. Este procedimento implicou um aumento substancial da deposição de resíduos em aterro e, consequentemente, o atingir precoce da cota de fecho aprovada para a Célula A (66,5m), antes do término da empreitada de construção da Célula B. Consequentemente, atendendo a que ainda decorriam os trabalhos de construção da Célula B, houve necessidade de continuar a depositar resíduos na Célula A, tendo sido atingida a cota de 71,5 m, ultrapassando-se a cota licenciada em cerca 5 m. No entanto, devido aos assentamentos a cota atual, conforme levantamento topográfico de 2023, está nos 69 m no seu ponto mais alto.

O plano de exploração elaborado em 2024¹ considerou o levantamento topográfico realizado em dezembro de 2023 e estimou o esgotamento da Fase B licenciada (cota máxima +65 m) em 2024. Esta previsão não contemplou mais deposição na Fase A.

Deste modo, o presente projeto propõe o desenvolvimento de uma fase adicional às licenciadas, a Fase C e a regularização de uma fase associada à deposição de resíduos sem tratamento aquando da pandemia SARS-COVID19, a Fase A2:

- Fase A2 – Deposição na Fase A desde +66,5 m até as cotas atuais (levantamento de dezembro 2023), por força da determinação da APA, aquando da pandemia SARS-COVID19;
- Fase C - Deposição de resíduos na cunha impermeabilizada entre as células das Fases A+A2 e B.

Para que fique claro, esta Fase C adicional não corresponde à exploração de uma nova área, nem à construção de uma célula adicional, nem ficará mais alta que as fases anteriores. A faixa entre as Fases A+A2 e B já se encontra devidamente impermeabilizada, tendo esta obra sido construída aquando da construção das células correspondentes à Fase B.

Também a Fase A2 não corresponde a qualquer solicitação adicional de deposição de resíduos, pois esta deposição já ocorreu aquando da pandemia SARS-COVID19, mas sim ao licenciamento dos resíduos lá depositados.

Para efeitos de licenciamento deste acréscimo de deposição, a ERSUC solicitou à APA a dispensa de Avaliação de Impacte Ambiental, não tendo obtido resposta até hoje.

¹ "Plano de Enchimento e Exploração do Aterro de Apoio do CITVRSU de Coimbra", FUTURE PROMAN, 2024

2. HISTÓRICO E SITUAÇÃO EXISTENTE

2.1 Fases

Conforme acima referido, o Aterro Sanitário de Coimbra, localizado em Vil de Matos (ver no desenho 23080-2-GER-001), tem sido desenvolvido em duas fases:

- A Fase A foi construída em 2012, com uma área impermeabilizada (preparada para a deposição de resíduos) de 5,60 ha.
- A Fase B, materializada nas Células B1 e B2, foi construída em 2021, com uma área impermeabilizada adicional de 6,05 ha.

Deste modo a área total do aterro sanitário (Fases A e B) é de 11,65 ha.

A Fase A+A2 do aterro foi explorada entre outubro de 2012 e janeiro de 2022. Já foi aplicada selagem com geomembrana (Figura 2-1). Como referido acima, esta Fase incluiu os resíduos depositados sem tratamento aquando da Pandemia SARS-COVID19.

A Fase B entrou em serviço em janeiro de 2022, na Célula B1 (Figura 2-2), que já está parcialmente selada com geomembrana (Figura 2-3). A Célula B2 (Figura 2-4) já está em exploração (Figura 2-5).



Figura 2-1 – Fase A+A2, março 2022



Figura 2-2 – Início da exploração da Célula B1, março 2022



Figura 2-3 – Célula B1 já selada, abril 2023



Figura 2-4 – Célula B2, março 2022



Figura 2-5 – Célula B2 em exploração, abril 2023

2.2 2011

Na Figura 2-6 e no desenho 23080-2-RES-001 está representada a forma inicial da Fase A, do projeto de 2011. De acordo com a Memória Descritiva e Justificativa do Aditamento ao Pedido de Alteração à Licença Ambiental (de novembro de 2019), a Fase A considerava uma cota de fecho licenciada de +66,5 m (entende-se que esta cota corresponde ao topo da selagem final).



Figura 2-6 – Forma inicial da Fase A (projeto de 2011)

2.3 Projeto da Fase B e revisão do licenciamento

De acordo com a Memória Descritiva e Justificativa do Aditamento ao Pedido de Alteração à Licença Ambiental (de novembro de 2019), a Fase A considerava uma capacidade total estimada, à cota de fecho licenciada de +66,5 m, de 1 020 383 m³, isto é, 176 991 m³ superior à capacidade vertida na licença ambiental (843 392 m³), corrigida após novos levantamentos topográficos durante a realização do projeto de execução da Fase B.

Foi licenciada uma cota de enchimento máxima da Fase B de **+65 m** (entende-se que esta cota corresponde ao topo da selagem final). Os desenhos do projeto de licenciamento de 2019, constante do Pedido de Alteração à Licença Ambiental (de novembro de 2019) consideram esta cota máxima de +65 m, no entanto a Memória Descritiva e Justificativa do Aditamento refere a uma cota máxima de +66,5 m, não sendo explicada esta discrepância:

- Capacidade total da Fase B (Células B1 e B2) até à cota de fecho **+66,5 m** 485 186 m³;
- Volume total de encaixe das Fases A e B, desde o início da exploração
até à cota de fecho de +66,5 m 1 505 569 m³;
- Densidade dos resíduos depositados 0,8 t/m³;
- Volume das terras de cobertura diária 10% do volume total.

O licenciamento de 2019, em vigor, não contemplou o enchimento do volume entre as Fases A e B, aqui designado por Fase C, nem o acréscimo de resíduos sem tratamento depositados aquando da pandemia SARS-COVID19, aqui designada por Fase A2.

2.4 2020

A Figura 2-7 mostra o enchimento da célula da Fase A à data do levantamento topográfico de dezembro de 2020², e a forma inicial das células da Fase B. Dá-se nota que o acesso entre as Células A e B já foi impermeabilizada, tendo selagem inferior.

² Levantamento topográfico de dezembro de 2020 (ficheiro ERSUC.COIMBRA.12.2020.dwg).

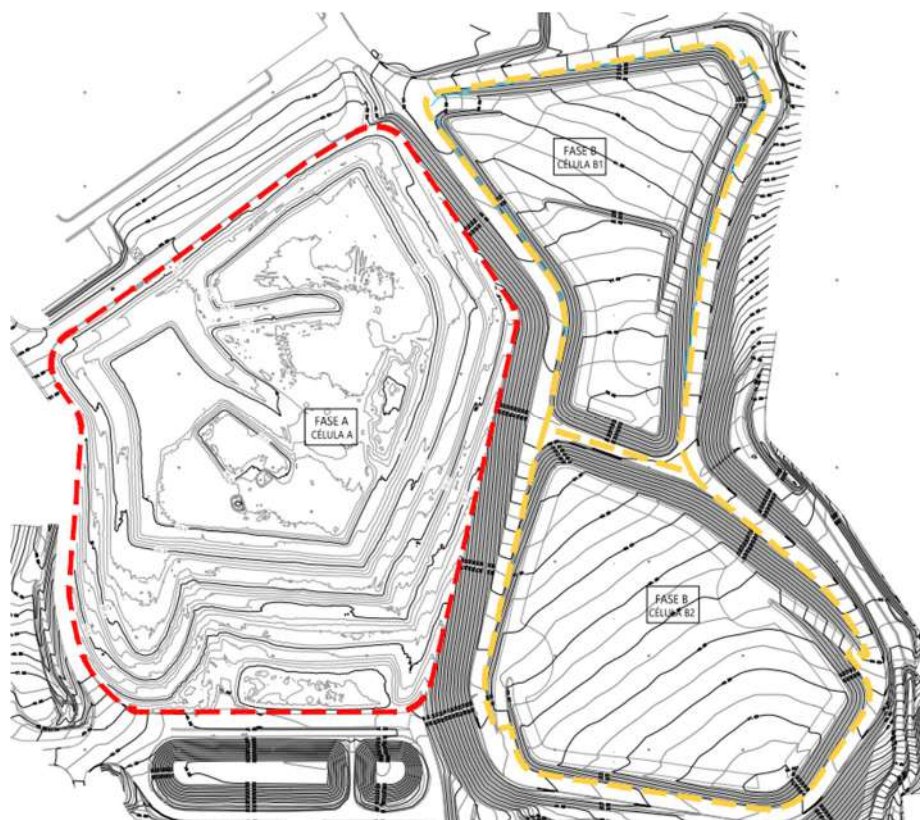


Figura 2-7 – Planta da situação em dezembro 2020, com forma inicial da Fase B (Célula A levantamento de dezembro 2020; Células B1 e B2 tela final de março 2021)

2.5 2023

A Figura 2-8 apresenta o levantamento topográfico das Células A e B realizado em dezembro de 2023 (desenho 23080-2-RES-010), utilizado como base na determinação da futura deposição de resíduos no presente projeto, enquanto na Figura 2-9 apresenta-se o ortofotomapa do mesmo levantamento.



Figura 2-8 Levantamento topográfico, dezembro 2023



Figura 2-9 – Levantamento aerofotogramétrico do aterro, dezembro 2023

2.6 Histórico de deposição de resíduos

A Tabela 2-1 apresenta os quantitativos de resíduos (RU+ refugos) depositados nas Fases A, A2 e B até 2023, fornecidos pela ERSUC.

Tabela 2-1 – Quantitativos de resíduos depositados nas Fases A e B

Ano	Resíduos depositados (RU + refugos, toneladas)						
	Fase A			Fase B			Total
	A	A2	Total	Célula B1	Célula B2	Total	
2012	44 434		44 434				44 434
2013	126 595		126 595				126 595
2014	83 923		83 923				83 923
2015	82 085		82 085				82 085
2016	88 610		88 610				88 610
2017	110 434		110 434				110 434
2018	109 869		109 869				109 869
2019	120 109		120 109				120 109
2020	152 519		152 519				152 519
2021	51590	74350	125 940				125 940
2022 *		5 563	5 563	76 201	34 970	111 171	116 734
2023					124 243	124 243	124 243
Total	970 167	79 913	1 050 080	76 201	159 213	235 414	1 285 494

Nota:

* A ERSUC disponibilizou as quantidades de resíduos depositados na Fase B em 2022 na totalidade, e não em cada das células B1 e B2. Deste modo, considerou-se uma proporção com base nas datas de exploração, assim assumiu-se que 71% dos resíduos da Fase B foram depositados na Célula B1 e 29% na Célula B2.

Nota-se que estes quantitativos não incluem 2 381 t de resíduos depositados temporariamente na Célula B2, à data do levantamento topográfico de 2023, que a ERSUC removeu posteriormente para tratamento.

3. EXPLORAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Conforme indicações da ERSUC, o enchimento das células do aterro sanitário consiste na descarga direta dos resíduos na frente de trabalho, no caso dos resíduos de varredura e monos/monstros ou descarga de resíduos provenientes dos refugos do TMB, seguindo-se o espalhamento dos resíduos com o trator de rastos ou com a pá de rastos, para posteriormente se proceder à sua compactação com o compactador móvel, máquina “pés de carneiro”.

Limitam-se áreas com montes de terra e procede-se à ocupação dessas áreas com resíduos, havendo sempre a preocupação de no fim da capacidade desta área, proceder à preparação de nova área de deposição.

A exploração de cada uma das áreas consideradas, consiste na descarga dos resíduos na frente de trabalho (cerca de 1000 m²) e a sua compactação ao longo destas áreas, proporcionando um enchimento gradual da área em utilização para conseguir o enchimento projetado, procurando uma volumetria equilibrada no aspeto final do aterro sanitário.

Para minimizar a produção dos lixiviados pluviais, são considerados sistemas de corte e banquetas em aterro, que permitem o desvio e o escoamento das águas pluviais incidentes para o exterior, sem contacto com os resíduos.

Em suma:

- a) Os resíduos descarregados junto da frente de trabalho, são então espalhados pela giratória, em pequenas camadas;
- b) Seguidamente a máquina compactadora procede à sua compactação;
- c) Formam-se estratos de resíduos com altura adequada compactados em toda a extensão e largura do talhão de 1000 m²;
- d) Procede-se à cobertura com camada de terra apropriada e regulariza-se a superfície das terras de cobertura, não descurando resíduos à vista, assim que a frente de trabalho esteja fechada.

4. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

4.1 Quantidades de resíduos a depositar

Relativamente à deposição futura de resíduos (RU+refugo), o licenciamento do aterro considerou 102 562 toneladas/ ano. No entanto, conforme a Tabela 2-1, a deposição tem sido superior nos últimos anos. Deste modo, e conforme indicações da ERSUC, o presente projeto considera que a deposição futura (RU + refugos) será aproximadamente a média da ocorrida em 2021 a 2023, portanto **120 000 t/ano**.

4.2 Cobertura diária

Adotou-se como pressuposto que o volume de terras de cobertura diária tem sido e será de 10% do volume dos resíduos depositados (portanto 9,1% do volume dos resíduos + terras).

4.3 Densidade efetiva de deposição

De modo a permitir o cálculo da vida útil do aterro sanitário, estimou-se a densidade efetiva dos resíduos depositados, após compactação e assentamento, entre as construções iniciais (Fases A. A2 e B) e o levantamento topográfico realizado em dezembro de 2023. O cálculo da densidade dos resíduos depositados no aterro apresenta-se na Tabela 4-1.

Tabela 4-1 – Cálculo da densidade efetiva dos resíduos depositadas

Data do levantamento		2023/12/21
Resíduos depositados desde arranque até data do levantamento (Tabela 2-1)*	(t)	1 282 090
Volume entre as formas iniciais das células e o levantamento dezembro 2023	(m³)	1 295 243
Volume ocupado pelos resíduos depositados temporariamente em dezembro 2023 (estimativa)	(m³)	4 190
Volume de encaixe ocupado por resíduos e cobertura diária desde o arranque até data de levantamento	(m³)	1 291 053
Terras de cobertura diária, como % do volume dos resíduos		10%
Terras de cobertura diária depositados desde arranque até data do levantamento	(t)	128 209
Volume de encaixe ocupado por resíduos	(m³)	1 173 684
Volume de encaixe ocupado por terras de cobertura diária	(m³)	117 368
Densidade calculada dos resíduos depositados 2012-2023	(t/m³)	1,09

Nota:

* este valor não inclui os últimos 10 dias do ano de 2023, uma vez que o levantamento foi realizado no dia 21 de dezembro

Nota-se que a densidade dos resíduos realmente observada, **1,09 t/m³**, é superior à considerada no projeto da Fase B, 0,8 t/m³. No presente projeto optou-se por considerar a densidade observada, de 1,09 t/m³, nas previsões da futura ocupação do aterro sanitário.

4.4 Geometria de deposição

A forma de deposição de resíduos num aterro sanitário é definida em termos da inclinação dos taludes finais e a largura e intervalo vertical das banquetas intermédias, bem como as inclinações mínimas das banquetas e plataformas, necessárias para assegurar a drenagem das águas pluviais.

Na definição das formas de deposição futura (Fases B2 e C) foram adotados os critérios geométricos seguintes:

- Taludes externos:
 - Inclinação geralmente 1V:2H
 - Banquetas com largura cerca de 4 m;
 - Intervalos verticais entre banquetas de 5 a 8 m.
- Taludes internos entre fases
 - Inclinação geralmente 1V:1H

Os critérios relativos aos taludes externos são os constantes do projeto da Fase B. O critério relativo aos taludes internos foi proposto no âmbito do presente projeto e confirmado pela equipa de exploração da ERSUC.

Considera-se que a plataforma final terá inclinação de 1%, para assegurar o escoamento das águas pluviais incidentes.

4.5 Selagem final

A estimativa do volume a ocupar pelos resíduos também requer a consideração do volume ocupado pela selagem final do aterro sanitário, não contemplada na densidade efetiva acima calculada.

O Regime Jurídico da Deposição de Resíduos em Aterro, requer na Tabela 1 do Anexo I que o esquema de selagem final de aterros de resíduos não perigosos tenha a estrutura seguinte (de baixo para cima):

- Camada de drenagem de gases (a definir na licença de exploração em função do tipo de resíduos admitidos no aterro e quando não seja possível a utilização destes gases para a produção de energia ou outra forma de utilização ou valorização);
- Camada mineral impermeável, para evitar a infiltração das águas pluviais incidentes (espessura não definida);

- Camada de drenagem de águas pluviais com espessura $>0,5$ m;
- Cobertura final com material terroso com espessura > 1 m.

Considera-se que a camada de drenagem de gases não é necessária, dado que o biogás produzido no aterro é extraído e aproveitado para a produção de energia.

Relativamente à camada de drenagem de águas pluviais, na plataforma será constituída por uma gravilha com espessura de 0,50 m. No entanto, esta solução não é exequível nos taludes existentes e previstos, porque qualquer camada mineral com permeabilidade adequada iria escorregar. Deste modo propõe-se a utilização de um geocompósito drenante, constituído por camada drenante tridimensional em filamentos de polipropileno entre dois geotêxteis para separação e filtragem, com capacidade hidráulica equivalente.

Assim, para dar cumprimento ao RJDRA, o presente projeto considera a estrutura seguinte para a selagem final (de baixo para cima):

- Camada mineral impermeável de solos argilosos, espessura 0,30 m;
- Camada de drenagem de águas pluviais:
 - na plataforma do topo - gravilha com espessura de 0,50 m;
 - nos taludes - geocompósito drenante, espessura cerca de 1 cm;
- Camada de material arenoso e terra vegetal, com espessura de 1,00 m.

Assim, considerou-se uma espessura média das camadas de selagem final de 1,50 m.

5. FUTURA DEPOSIÇÃO

5.1 Formas e sequência de deposição

Conforme referido anteriormente, o licenciamento em vigor contempla o enchimento das Fase A até a cota máxima licenciada de **+66,5 m** e da Fase B até a cota **+65 m**, com uma área total impermeabilizada de 11,65 ha, mas não contempla o enchimento do volume entre estas fases até a mesma cota nem a deposição já ocorrida na Fase A acima da cota **+66,5 m**, a fase A2, em resposta à determinação de orientação da APA e ERSAR aquando da pandemia SARS-COVID19.

Deste modo, propõe-se o licenciamento da exploração do aterro sanitário nas seguintes fases adicionais às licenciadas:

- Fase A2 – Enchimento já realizado por cima da Fase A, no âmbito da pandemia de SARS-COVID19 / deposição na Fase A, desde a cota +66,5 m até as cotas atuais de +69,0 m (levantamento de dezembro 2023);
- Fase C – Enchimento do espaço entre as Fases A e B até à cota +67,0 m.

É de notar que a exploração da Fase C ocorrerá nas áreas de implantação já licenciadas nas Fases A e B. Não corresponde a aumento da área impermeabilizada. O acesso e o talude entre as Células A e B, que ainda apresentam deposição de resíduos, já foram impermeabilizadas na Fase B, de modo que a exploração da Fase C exigirá apenas pequenas obras de contenção de lixiviados nas pontas do referido acesso.

Deste modo, considera-se a sequência seguinte de deposição, dividida por 5 fases distintas (na ordem indicada):

- Fase A - Enchimento da Fase A (já ocorrido, terminado em 2021);
- Fase A2 - Enchimento da Fase A2, cota 66,5m até à cota 69m, que terminou em janeiro 2022
- Fase B1 - Enchimento da Célula B1 até à cota licenciada +65 m (já ocorrido, terminada em setembro 2022);
- Fase B2 - Enchimento da Célula B2, até à cota licenciada +65 m (em exploração em outubro de 2023);
- Fase C - Enchimento do espaço entre as Fases A e B até à cota +67,0 m.

A geometria da fase em exploração B2 foi definida tendo em conta o levantamento topográfico de dezembro de 2023 e os critérios utilizados no projeto da Fase B. No entanto, o sentido da pendente da plataforma da Fase B2 foi alterada de modo a otimizar a drenagem pluvial, mantendo a cota máxima já licenciada e não tendo influência na altura máxima nem na estabilidade dos taludes.

A geometria da fase C foi definida tomando em conta o levantamento topográfico de dezembro de 2023 e os critérios definidos no capítulo 4.

Salienta-se que as geometrias representadas nas figuras seguintes e nos desenhos correspondem ao **topo da selagem final (exceto no caso das Fases A e A2)**, que deverá ter espessura de cerca de 1,5 m, para dar cumprimento à legislação vigente (o RJDRA, ver ponto 4.5), pelo que os volumes de encaixe úteis serão inferiores aos geométricos.

As geometrias foram modeladas e comparadas utilizando o programa de modelação tridimensional AutoCAD CIVIL 3-D.

A tabela seguinte indica as geometrias consideradas e as figuras e desenhos que as representam:

Geometria inicial da Fase A	Figura 2-6 e desenho 23080-2-RES-001
Geometria inicial da Fase B	Figura 2-7 e desenho 23080-2-RES-001
Levantamento topográfico de dezembro 2023, com Fases A+A2 e B1 terminadas e Fase B2 em curso	Figura 2-8, Figura 5-1 e desenho 23080-2-RES-010
Enchimento da Fase A2	Figura 5-2, Figura 5-3 e desenho 23080-2-RES-020
Enchimento da Fase B2	Figura 5-4, Figura 5-5 e desenho 23080-2-RES-021
Enchimento da Fase C	Figura 5-6, Figura 5-7 e desenho 23080-2-RES-022
Perfis do enchimento das Fases A, A2, B1, B2 e C	Figura 5-8, Figura 5-9, Figura 5-10 e Desenho 23080-2-RES-030

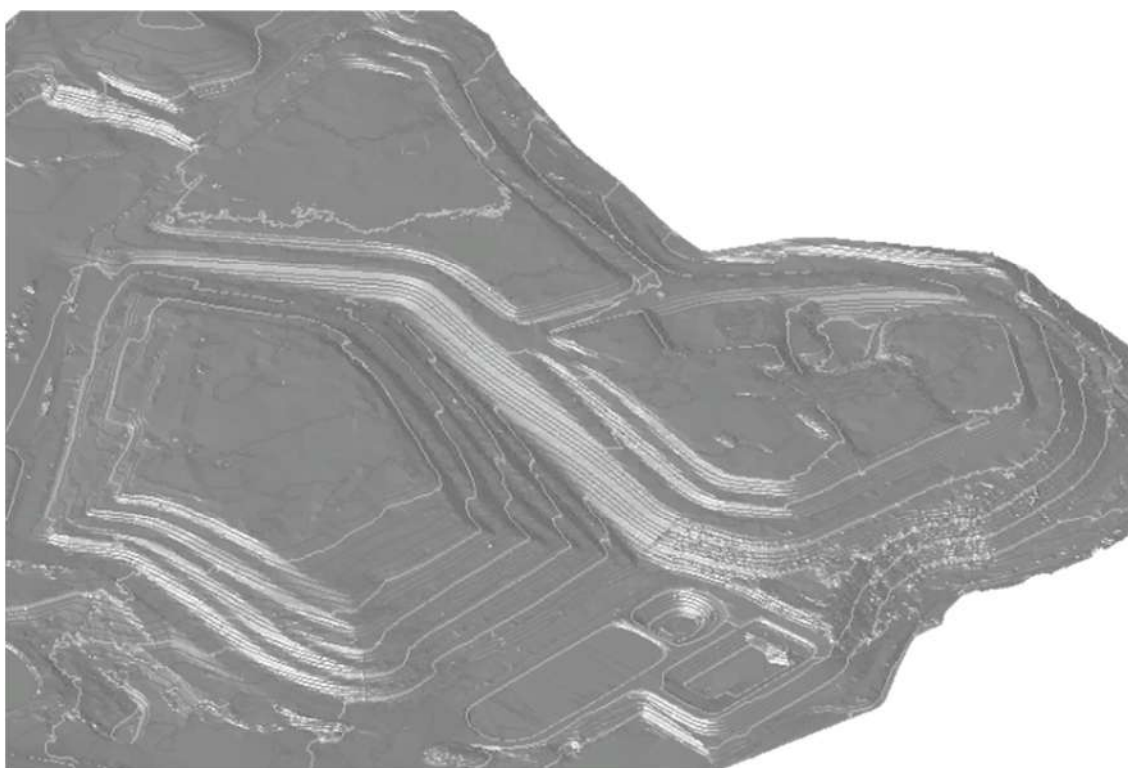


Figura 5-1 – Visualização 3-D do levantamento topográfico de 2023, visto de sudeste



Figura 5-2 – Enchimento da Fase A2 desde a cota de +66,5 m até às cotas atuais do levantamento de dezembro 2023

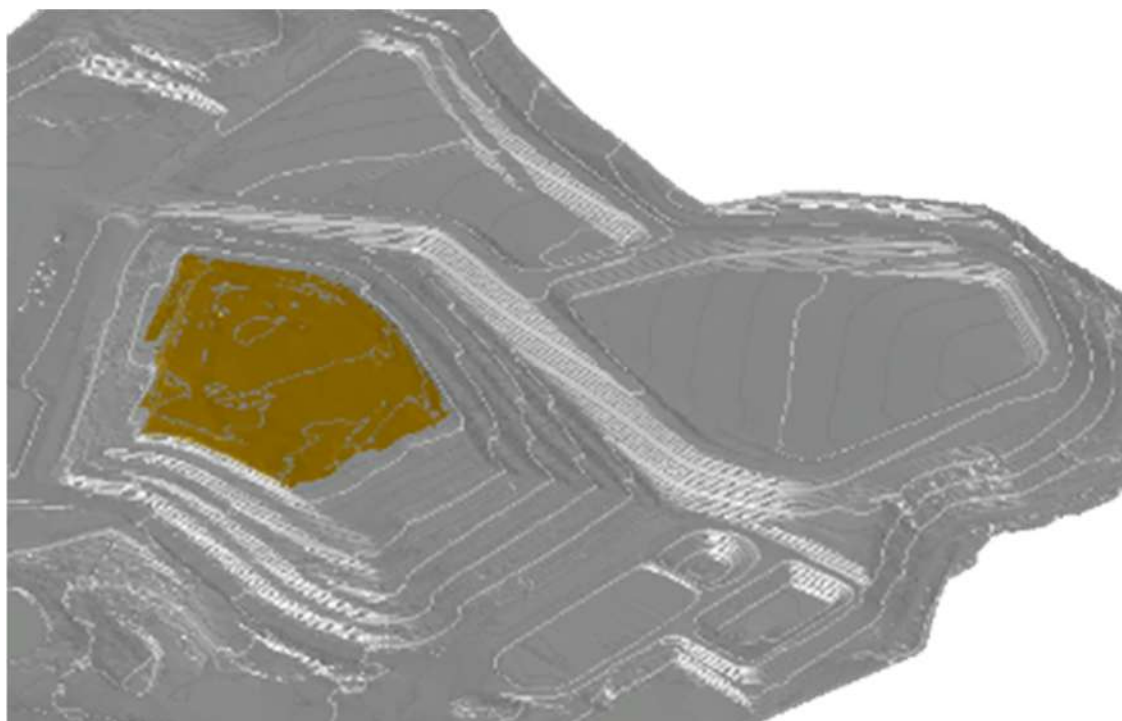


Figura 5-3 – Visualização 3-D do enchimento da Fase A2



Figura 5-4 – Enchimento da Fase B2 até à cota máxima licenciada de +65,0 m

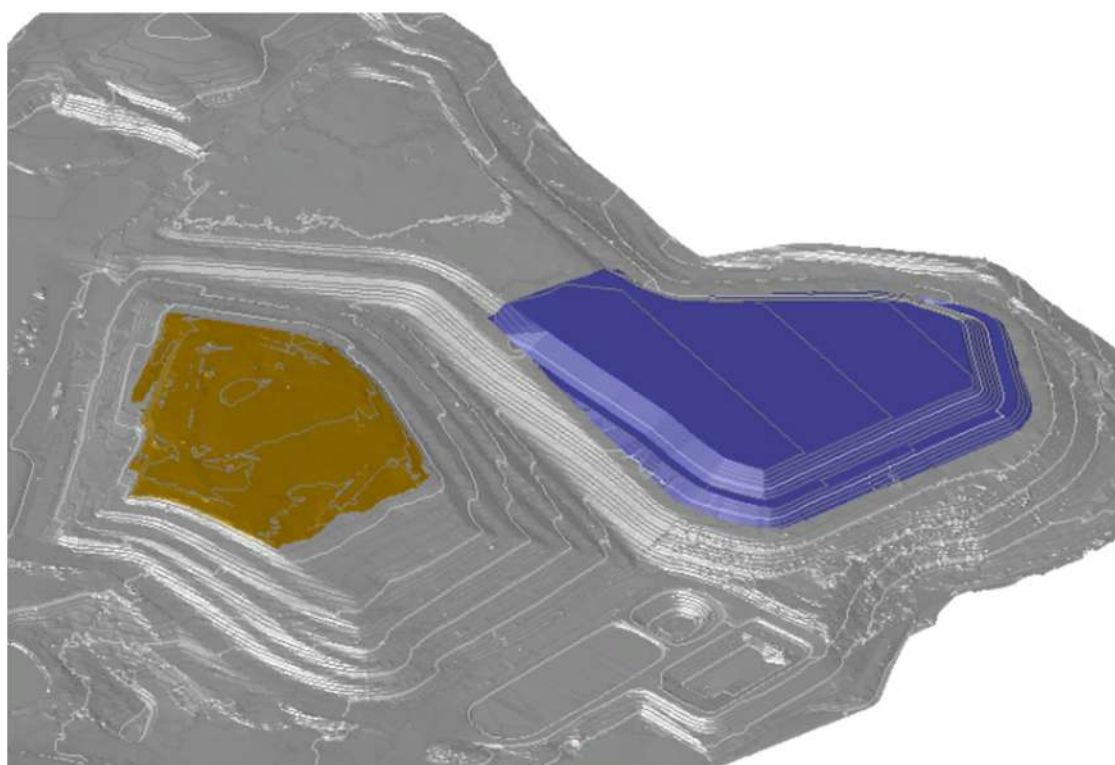


Figura 5-5 – Visualização 3-D do enchimento da Fase B2, visto de sudoeste



Figura 5-6 – Enchimento da Fase C

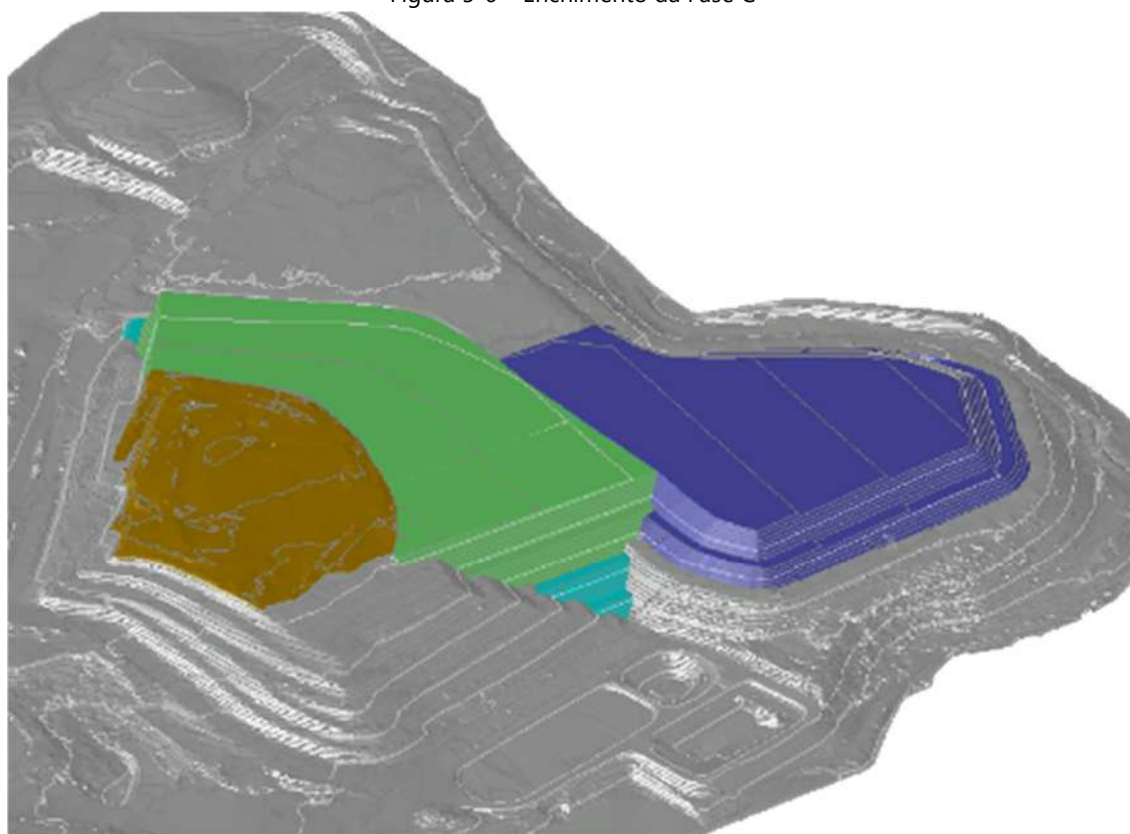


Figura 5-7 – Visualização 3-D da Fase C, visto de sudoeste

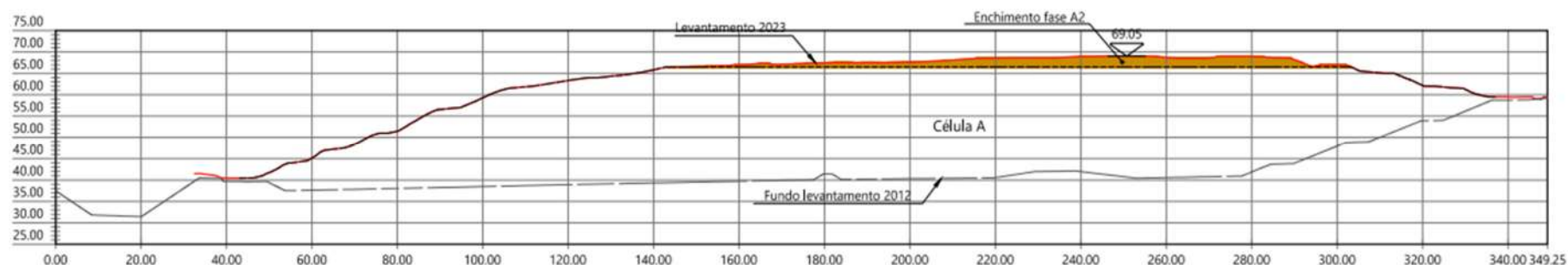


Figura 5-8 – Perfil de enchimento da Fase A2 sobre a Fase A

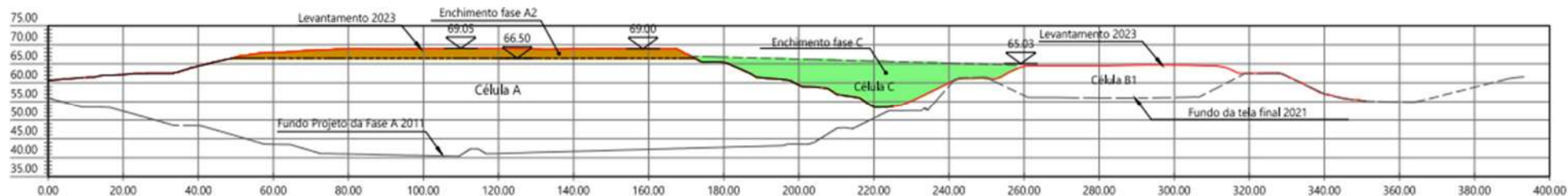


Figura 5-9 – Perfil de enchimento das Fases A2 e C sobre as Fases A e B

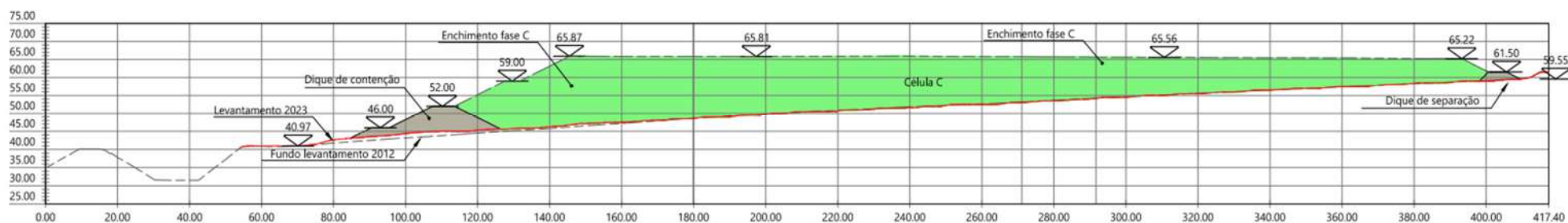


Figura 5-10 – Perfil de enchimento da Fase C

5.2 Volume de encaixe

O volume de encaixe corresponde ao volume a ocupar por resíduos e solos de cobertura diária, excluindo camadas de drenagem de fundo e selagem final. Deste modo, na Tabela 5-1 estimou-se os volumes de encaixe correspondentes a cada fase, à data do levantamento de dezembro 2023.

Nota-se que os volumes relativos à fase B2, assinalados na tabela seguinte, foram ajustados para se encontrarem em conformidade com a situação de deposição de resíduos temporária na Célula B2, já removidos pela ERSUC, como referido no ponto 2.6. Assim, o volume já ocupado na Fase B2 até ao levantamento de dezembro 2023 apresentado na tabela seguinte, não contabiliza o volume ocupado pela deposição destes resíduos depositados temporariamente.

Existe uma diferença entre a capacidade licenciada de 1505 569 m³ e a capacidade agora calculada de 1 495 674 m³, sendo este último valor correta. A capacidade indicada na Tabela 5-1 (1 495 674 m³) corresponde ao volume para resíduos + terras de cobertura diária nas fases A, A2, B e C, excluindo os volumes da selagem final e das camadas minerais drenantes nos fundos das células, considerando as implantações reais das células, as cotas licenciadas / a licenciar e os critérios de enchimento baseados na experiência da exploração do aterro sanitário, medida através de softwares de modelação 3D.

Nota-se também que a área total a selar indicada na Tabela 5-1 é ligeiramente inferior à área de implantação das fases, porque uma parte da área já impermeabilizada será ocupada pelos diques de contenção a construir nos extremos do acesso que separa as células.

5.3 Capacidade de deposição de resíduos e vida útil

A Tabela 5-2 apresenta o cálculo das capacidades de deposição de resíduos restantes do aterro sanitário correspondentes aos cenários de licenciamento em vigor e propostos (Fase A2 e Fase C), bem como as datas de esgotamento previstas.

Tabela 5-1 - Capacidades do aterro sanitário, por fase, considerando o licenciamento em vigor e o licenciamento proposto à data do levantamento de dezembro 2023

Fase	Estado de licenciamento	Cota do topo aproximada	Volume de encaixe ocupado por resíduos e terras de cobertura até levantamento dezembro 2023	Volume de encaixe restante bruto entre o levantamento dezembro 2023 e a forma final*	Área de selagem final	Volume da selagem final	Volume de encaixe restante efetivo **	Volume de encaixe total, desde arranque até ao esgotamento***
		m	m³	m³	m²	m³	m³	m³
A	Em vigor	+66,5 m	971 842	0	40 992	61 488	0	971 842
A2	Proposto	+70,6 m	25 437	0			0	25 437
B1	Em vigor	+65,0 m	101 880	0	20 196	30 294	0	101 880
B2	Em vigor	+65,0 m	191 894	122 601	28 861	43 292	79 309	271 203
C	Proposto	+67,0 m	0	163 013	25 127	37 691	125 322	125 322
Total em vigor			1 265 616	122 601	115 176		79 309	1 344 925
Aumento proposto			25 437	163 013			125 322	150 759
Total proposto			1 291 053	285 614	115 176	172 764	204 631	1 495 684

Nota:

* Incluindo volume de selagem final

** Volume para resíduos + terras de cobertura diária

*** Excluindo volume de selagem final

Tabela 5-2 – Capacidades de deposição de resíduos associadas aos cenários de licenciamento

		Licenciamento em vigor: Fases A, B1 e B2	Licenciamento proposto: Fases A, A2, B1 e B2	Acréscimo Fase A2	Licenciamento proposto: Fases A, A2, B1, B2 e C	Acréscimo Fase C
Volume de encaixe efetivo restante em dezembro 2023 (excluindo selagem final, incluindo resíduos e terras de cobertura diária)	(m³)	79 309	79 309	0	204 631	125 322
Terras de cobertura diária, como % do volume dos resíduos (ponto 4.2)		10,0%	10,0%		10,0%	
Volume a ocupar por terras de cobertura diária	(m³)	7 210	7 210	0	18 603	11 393
Volume a ocupar por resíduos	(m³)	72 099	72 099	0	186 029	113 929
Densidade dos resíduos assumida (ponto 4.3)	(t/m³)	1,09	1,09		1,09	
Resíduos a depositar desde o levantamento de dezembro 2023 até ao esgotamento	(t)	78 588	78 588	0	202 771	124 183
Terras de cobertura diária a depositar desde o levantamento de dezembro 2023 até esgotamento	(t)	7 859	7 859	0	20 277	12 418
Resíduos depositados desde o arranque até à data do levantamento de dezembro 2023	(t)	1 202 176	1 282 090	79 913	1 282 090	0
Terras de cobertura diária depositados desde arranque até data do levantamento de dezembro 2023	(t)	120 218	128 209	7 991	128 209	0
Resíduos a depositar desde o arranque até ao esgotamento	(t)	1 280 765	1 360 678	79 913	1 484 861	124 183
Terras de cobertura diária a depositar desde arranque até esgotamento	(t)	128 076	136 068	7 991	148 486	12 418
Resíduos e terras de cobertura diária a depositar desde arranque até esgotamento	(t)	1 408 841	1 496 746	87 905	1 633 347	136 601
Deposição anual de resíduos prevista	(t/ano)	120 000	120 000		120 000	
Data de esgotamento		2024	2024		2025	

A Tabela 5-3 apresenta as quantidades de resíduos depositados e a depositar em cada fase, desde o início da exploração.

Tabela 5-3 – Deposição de resíduos estimada em cada fase, por ano, considerando o licenciamento das Fases C e A2

Ano	Fase A (t)	Fase A2 (t)	Fase B1 (t)	Fase B2 (t)	Fase C (t)	Total (t)
2012	44 434					44 434
2013	126 595					126 595
2014	83 923					83 923
2015	82 085					82 085
2016	88 610					88 610
2017	110 434					110 434
2018	109 869					109 869
2019	120 109					120 109
2020	152 519					152 519
2021	51 590	74 350				125 940
2022		5 563	76 201	34 970		116 734
2023				124 243		124 243
2024				75 184	44 816	120 000
2025					79 367	79 367
Total	970 167	79 913	76 201	234 397	124 183	1 484 861

A Tabela 5-4 apresenta as capacidades totais das fases de exploração do aterro sanitário, desde o início da exploração até o esgotamento.

Tabela 5-4 – Capacidades totais das fases de exploração do aterro sanitário

	Capacidade máxima (m³)*	Capacidade máxima (t)*
Fases A+A2	997 278	1 155 088
Fase B	373 083	341 658
Fase C	125 322	136 601
Total	1 495 684	1 633 347

Nota:

* - capacidade para resíduos e terras de cobertura, excluindo a selagem final

5.4 Selagem final

O aterro sanitário será progressivamente sujeito a selagem parcial, com geomembrana, de forma a minimizar a infiltração de águas pluviais e consequente produção de lixiviados e otimizar a exploração e valorização energética do biogás.

A selagem final será realizada quando se verificar, cumulativamente, duas condições técnicas essenciais:

- A estabilização da massa de resíduos, medida através dos assentamentos verificados nos levantamentos topográficos regularmente efetuados;
- A produção de biogás já não justificar a viabilidade económica do seu aproveitamento energético, altura em que a exploração do campo de gás deixa de ser dinâmica, havendo estabilidade de poços e tubagens que permitam a construção do esquema de selagem final.

As áreas a selar após cada fase apresentam-se na Figura 5-11 e na Tabela 5-5, pressupondo o licenciamento das Fases C e A2.

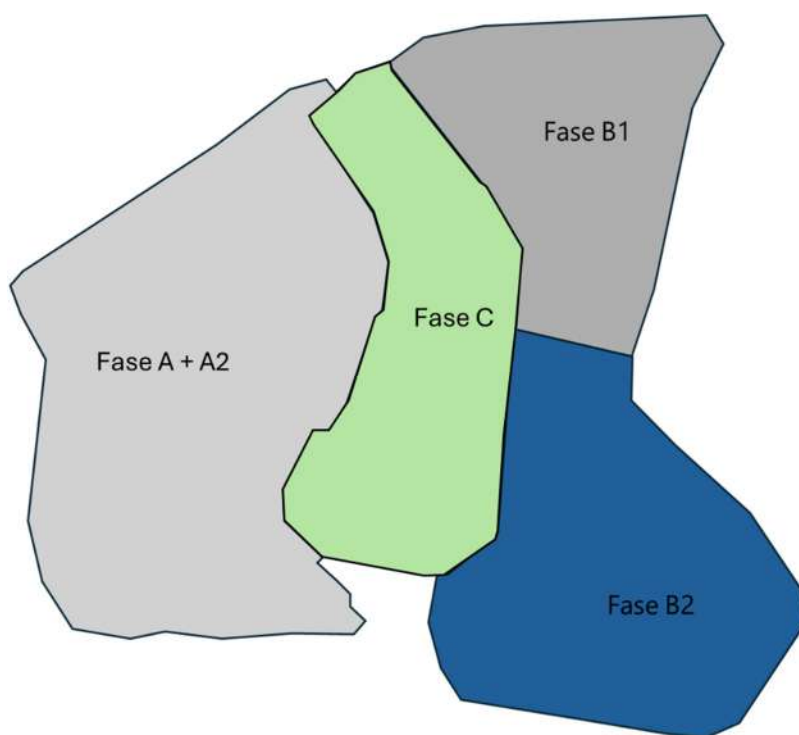


Figura 5-11 Faseamento da Selagem Final

Tabela 5-5 – Áreas de selagem final, por fase

Fase	Área de selagem final (m ²)
Fase A + A2	40 992
Fase B1	20 196
Fase B2	28 861
Fase C	25 127
Total	115 176

Conforme referido anteriormente, a área total a selar indicada na Tabela 5-5 é ligeiramente inferior à área de implantação das fases (ponto 2.1), porque uma parte da área já impermeabilizada será ocupada pelos diques de contenção a construir nos extremos do acesso que separa as células.

6. BIOGÁS

6.1 Drenagem do biogás

O aterro sanitário dispõe de poços de drenagem de biogás e rede superficial ligados ao sistema de valorização energético da CITVRSU (que também recebe o biogás produzido na Estação de Tratamento Mecânico e Biológico).

A Fase A + A2, agora seladas com geomembrana, encontram-se ligadas ao sistema desde 2014 (Figura 6-1).

O talude oeste da Célula B2 (Fase B) foi ligado ao sistema de extração e aproveitamento do biogás no início de 2023 (Figura 6-2). Conforme o respetivo projeto, ao longo da exploração serão construídos drenos de biogás horizontais, ligados ao coletor periférico existente.

A Figura 6-4 apresenta o sistema para captação e drenagem de biogás da Fase B (com poços verticais e horizontais), conforme o respetivo projeto.

Não se dispõe do cadastro da rede de drenagem existente da Fase A + A2.



Figura 6-1 – Extração de biogás da Fase A + A2, março 2022



Figura 6-2- Extração do biogás do talude oeste da Célula B2, abril 2023



Figura 6-3 – Cogeneradores do sistema de aproveitamento energético do biogás da CITVRSU



Figura 6-4 – Rede de drenagem de biogás existente e prevista da Fase B

6.2 Produção de biogás

6.2.1 Modelo utilizado

De modo a estimar a futura produção de biogás, recorreu-se à metodologia proposta pelo IPCC³ no refinamento de 2019⁴.

Este modelo matemático utiliza as quantidades de resíduos biodegradáveis depositados anualmente, uma vez que apenas estas vão contribuir para a produção de biogás, em combinação com uma fórmula paramétrica que descreve a produção de metano ao longo dos anos seguintes.

Conforme referido, o modelo prevê a produção do biogás nos resíduos. A previsão da extração do biogás requer estimativa da eficiência dos sistemas de extração (poços de drenagem, selagem dos resíduos etc.), que nunca atingem eficiências de 100%. Dado que em qualquer momento os sistemas de extração aplicados a cada célula de um aterro sanitário podem diferir significativamente, é conveniente estimar a produção em cada célula, com base nos quantitativos de resíduos nela depositados.

³ "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste", IGES, 2006

⁴ "2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste", IPCC, 2019

6.2.2 Histórico de extração

Com o objetivo de confirmar o modelo, os resultados foram comparados com os dados históricos reais do aterro sanitário de Coimbra. A Tabela 6-1 apresenta as quantidades de biogás extraídas do aterro nos anos 2014 a 2022, tudo das Fases A+A2. Havendo alguma variação nos teores (%) de metano, calcularam-se as quantidades deste gás extraídas, apresentadas no Gráfico 6-1.

Tabela 6-1 – Extração de biogás da Fase A+A2, 2014-2022

Ano	Extração de biogás (Nm ³ /ano)	Teor de CH ₄ (% v/v)	Extração de CH ₄ (m ³ /ano)
2014	1 348 412	57,2%	771 907
2015	2 733 771	57,7%	1 577 512
2016	1 288 174	57,6%	742 331
2017	6 306 669	56,8%	3 582 188
2018	4 397 189	52,0%	2 285 997
2019	5 730 189	52,0%	2 981 548
2020	4 965 037	56,4%	2 802 722
2021	5 507 616	55,1%	3 034 166
2022	6 263 156	54,5%	3 411 012

Fonte: ERSUC

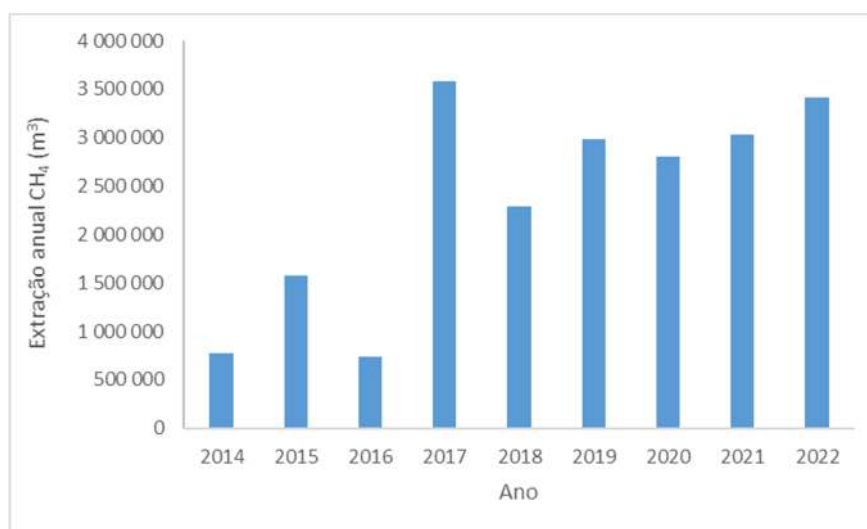


Gráfico 6-1 – Extração anual de biogás do aterro sanitário (como CH₄)

Embora fosse de esperar um aumento gradual na produção e extração do biogás, o Gráfico 6-1 mostra uma variação mais irregular na extração desde 2017. Desconhecem-se os motivos para esta variação.

A extração em 2022 correspondeu a 715 Nm³/hora de biogás.

6.2.3 Quantidades e características de resíduos

A modelação da produção do biogás utilizou o histórico de deposição de resíduos apresentado na Tabela 5-3, junto com dados de caracterização fornecidos pela ERSUC, e pressupondo o licenciamento da Fase C.

Os quantitativos de resíduos totais depositados na referida tabela correspondem aos seguintes fluxos cujos pesos relativos têm variado ao longo da exploração:

- Refugos do TMB
- RU indiferenciados
- Refugos da triagem
- Monos
- Produtos da limpeza urbana.

Destes fluxos, apenas os RU indiferenciados e os refugos do TMB e da triagem contêm matéria orgânica biodegradável que contribui para a produção do biogás (no caso do refugo da triagem apenas o papel produz biogás quando degradado biologicamente).

Para efeitos do cálculo avaliaram-se as seguintes frações dos resíduos urbanos e refugos depositados e a depositar:

- Madeira e embalagens de madeira
- Papel e cartão
- Resíduos putrescíveis (resíduos alimentares e de jardim)
- Inertes (plástico, metal, vidro, etc.).

O Gráfico 6-2 resume a composição dos resíduos depositados, nos anos 2016 a 2023 (dados fornecidos pela ERSUC). Nota-se:

- Apenas os refugos do TMB e os RU indiferenciados contêm resíduos putrescíveis;
- A fração putrescível do refugo do TMB tem diminuído significativamente ao longo da exploração;
- A fração de madeira não é significativa.

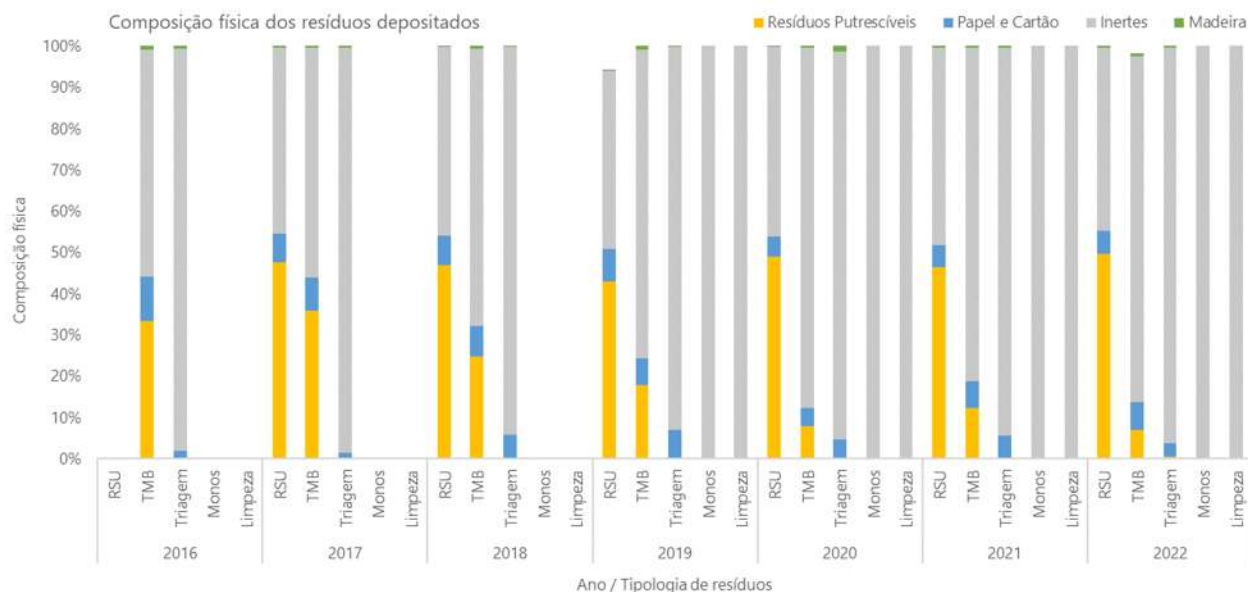


Gráfico 6-2 – Resumo da composição de cada tipologia de resíduos depositados

(Fonte: Relatórios “Caracterização física de resíduos urbanos do Sistema Multimunicipal do Litoral Centro”, ERSUC, 2016 a 2022)

Assim, foi possível estimar uma composição global dos resíduos depositados para cada ano, considerando as quantidades de madeira, papel e cartão, resíduos putrescíveis e inertes depositados anualmente, nos diferentes fluxos de resíduos (Tabela 6-2).

Tabela 6-2 – Composição global dos resíduos depositados em cada ano.

Ano	Composição (t)					Composição (%)			
	Madeira	Papel e Cartão	Resíduos Putrescíveis	Inertes	Total	Madeira	Papel e Cartão	Resíduos Putrescíveis	Inertes
2016	650	9 612	29 764	48 584	88 610	0,7%	10,8%	33,6%	54,8%
2017	335	8 671	40 134	61 294	110 434	0,3%	7,9%	36,3%	55,5%
2018	545	8 199	28 664	72 461	109 869	0,5%	7,5%	26,1%	66,0%
2019	919	7 331	20 281	91 578	120 109	0,8%	6,1%	16,9%	76,2%
2020	322	6 835	44 557	100 804	152 519	0,2%	4,5%	29,2%	66,1%
2021	365	7 324	17 681	100 569	125 940	0,3%	5,8%	14,0%	79,9%
2022	761	7 194	9 149	99 631	116 734	0,7%	6,2%	7,8%	85,3%

Para os anos anteriores a 2016 não se dispõe da discriminação dos resíduos depositados por fluxo (RU indiferenciados, refugos etc.). Deste modo considerou-se uma composição igual à do ano 2016. Para as previsões futuras, considerou-se uma composição igual à de 2022.

Para efeitos do modelo, e não dispondo de dados reais, considerou-se que 67% dos resíduos putrescíveis corresponderam e irão corresponder a resíduos alimentares e 33% a resíduos de jardim.

6.2.4 Critérios adotados no modelo de produção

Conforme descrito acima, a produção do biogás no aterro sanitário foi estimada usando o modelo do IPCC (refinamento de 2019).

Os valores padrão do modelo foram usados para:

- Fração de metano no biogás, por volume, F (0,5)
- A fração de carbono orgânico degradável em cada tipo de resíduo
- A taxa de degradação k para o tipo de resíduo e clima (1/y)
- DOCF, Fração de carbono orgânico degradável que se decompõe para o tipo de resíduo j
- Tempo de atraso (6 meses)
- Fatores de gestão de aterros sanitários.

Foi considerado um fator de gestão do aterro por ano de emissão (MCF_y) igual a 1,00, correspondente a exploração “anaeróbia gerida” (um aterro sanitário ativamente gerido, com compactação), nos termos das diretrizes do IPCC.

No modelo o clima caracterizou-se como boreal e temperado húmido.

Considerou-se uma densidade de metano em condições normais (20°C, 1 atm) de 0,668 kg/m³.

6.2.5 Modelação da produção histórica

Considerando o histórico de produção de resíduos biodegradáveis na Fase A+A2, o modelo estima a produção de biogás (em toneladas de metano) indicada no Gráfico 6-3.

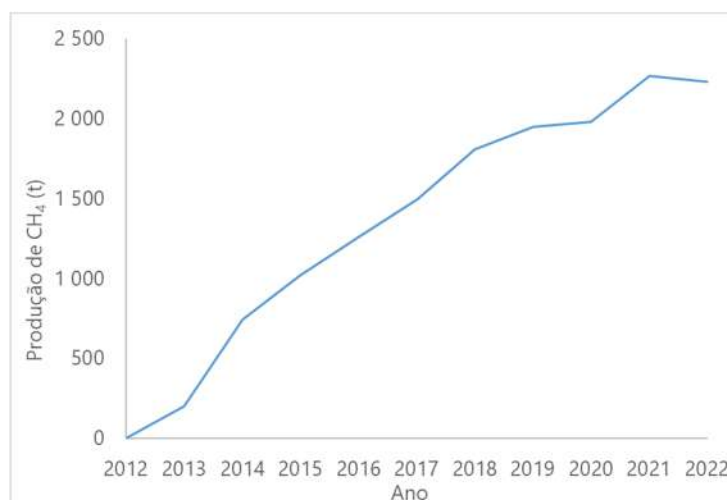


Gráfico 6-3 – Estimativa da produção de biogás (em toneladas de CH₄) nas Fases A+A2, por ano

A fração das Fases A+A2 ligada à rede de extração e a eficiência do sistema de extração devem ter aumentado ao longo da exploração, pelo que foram considerados os fatores de ligação e eficiência indicados na Tabela 6-3.

Tabela 6-3 – Critérios de eficiência e distribuição do sistema de extração considerados para a Fase A+A2

Ano	% da Célula conectada ao sistema de extração	Eficiência do sistema de extração
2013	50%	50%
2014	50%	50%
2015	60%	70%
2016	70%	70%
2017	70%	70%
2018	70%	70%
2019	70%	70%
2020	80%	90%
2021	90%	90%
2022	100%	90%

O Gráfico 6-4 compara os resultados do modelo com os dados reais fornecidos pela ERSUC, em termos das quantidades de biogás extraídos das Fases A+A2, em toneladas de metano. Embora o cálculo para 2022 dê um valor próximo ao real, o modelo de cálculo não reproduz as oscilações históricas na extração real do biogás. No entanto, considera-se o modelo válido para previsões.

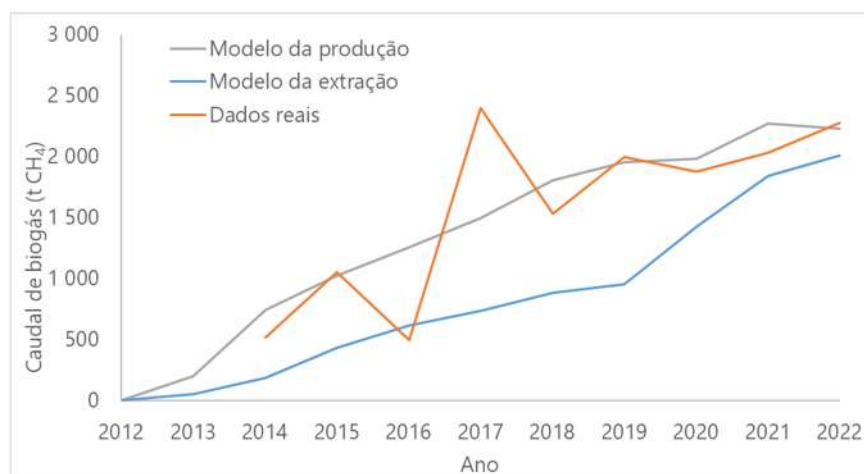


Gráfico 6-4 – Comparação da estimativa da extração de biogás (em toneladas de CH₄) modelada com os dados históricos

6.2.6 Estimativa da produção futura

Deste modo, estimou-se a produção de biogás em cada uma das fases previstas no ponto 5.1, considerando a deposição de resíduos prevista no ponto 5.3 e as caracterizações referidas no ponto 6.2.3 e o esgotamento do aterro sanitário em 2025.

Atendendo à reduzida contribuição, em termos quantitativos, da Fase A2 para o total da Fase A e por ser de difícil quantificação a separação do biogás produzido pelos resíduos das Fases A e A2, optou-se por considerar que o biogás produzido pela Fase A2 faz parte de toda a produção da Fase A.

Os resultados apresentam-se no Gráfico 6-5 e no Gráfico 6-6. Prevê-se uma diminuição da produção em boa parte devido à redução no teor de resíduos biodegradáveis no refugo do TMB desde 2018. A produção de biogás das Fases B1, B2 e C será sempre inferior à das Fases A+A2.

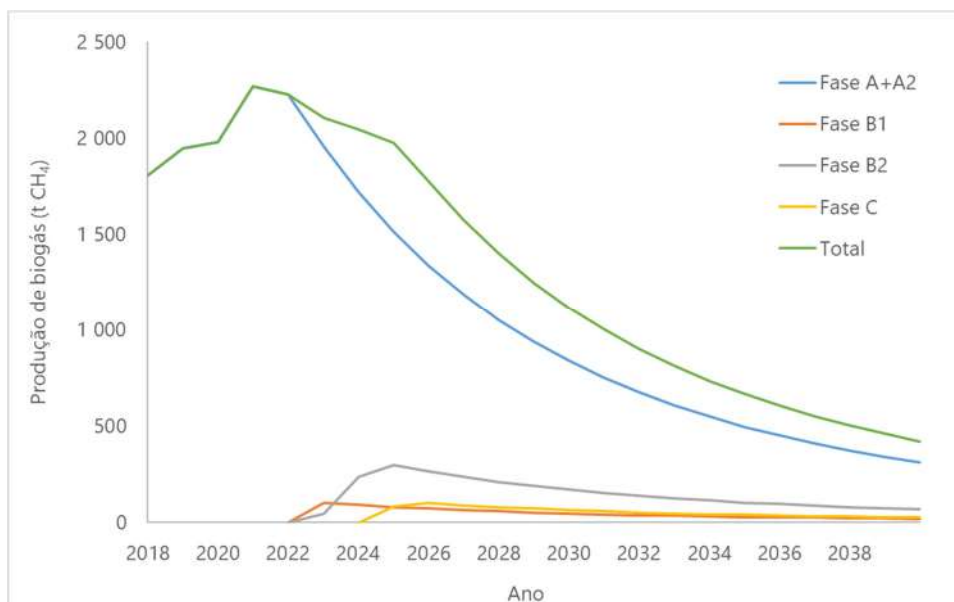


Gráfico 6-5 – Previsão da produção do biogás, por fase
 (em toneladas de CH₄)

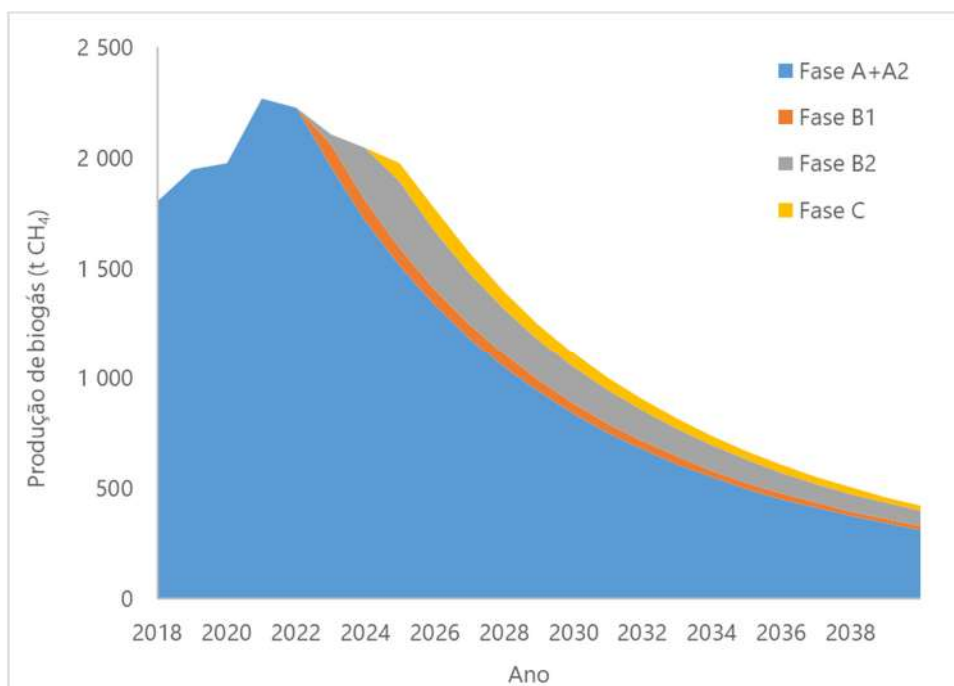


Gráfico 6-6 – Previsão das contribuições das fases de exploração à produção do biogás (em toneladas de CH₄)

Para estimar a futura extração do biogás, consideraram-se as percentagens do aterro conectado aos sistemas de extração e a eficiência dos mesmos indicadas na Tabela 6-4.

Tabela 6-4 – Critérios de eficiência e distribuição do sistema de extração considerados no modelo.

Ano	% do aterro conectado ao sistema de extração				Eficiência do sistema de extração			
	Fase A+A2	Fase B1	Fase B2	Fase C	Fase A+A2	Fase B1	Fase B2	Fase C
2022	100%				90%			
2023	100%	50%	40%		90%	70%	50%	
2024	100%	80%	40%		90%	80%	50%	
2025	100%	90%	80%	30%	90%	90%	70%	50%
2026	100%	100%	90%	60%	90%	90%	90%	60%
2027	100%	100%	100%	70%	90%	90%	90%	70%
2028	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%	90%
2029	100%	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%
2030	100%	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%
2031	100%	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%

Notas:

* - a amarelo representa a fase em exploração

Deste modo, estimou-se extração de biogás de cada fase, indicada no Gráfico 6-7 e no Gráfico 6-8. A extração vai diminuir ao longo da exploração da Fase C.

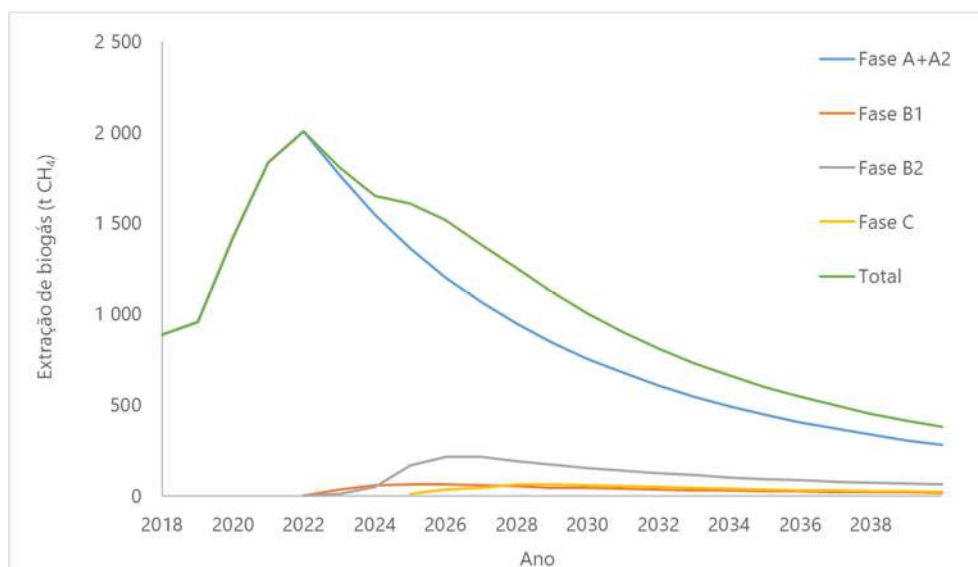


Gráfico 6-7 – Previsão da extração do biogás, por fase
 (em toneladas de CH₄)

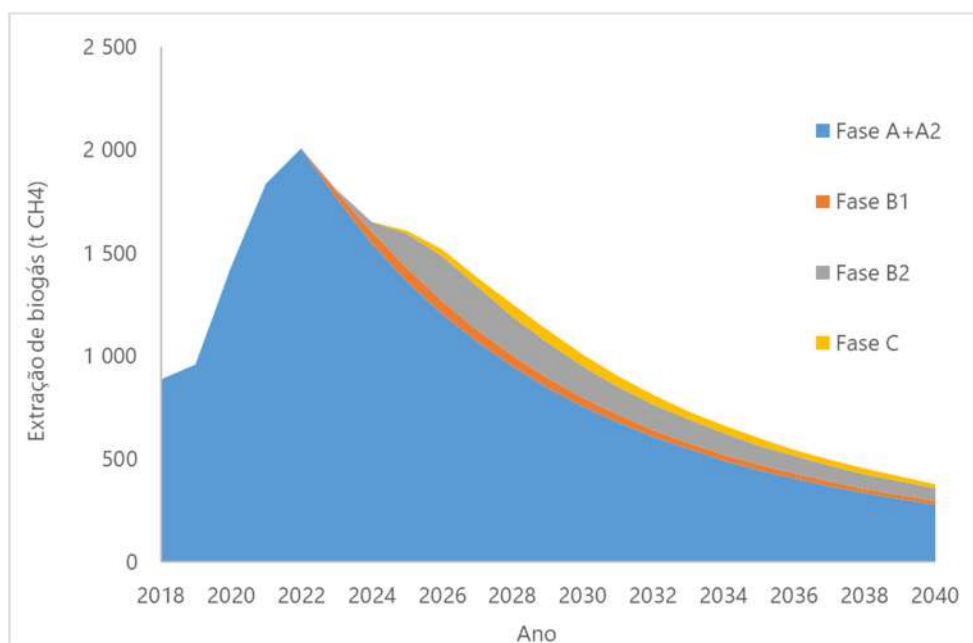


Gráfico 6-8 – Previsão das contribuições das fases de exploração à extração do biogás
 (em toneladas de CH₄)

O Gráfico 6-9 apresenta as previsões de produção e extração, em termos de caudal de biogás (Nm³/hora).

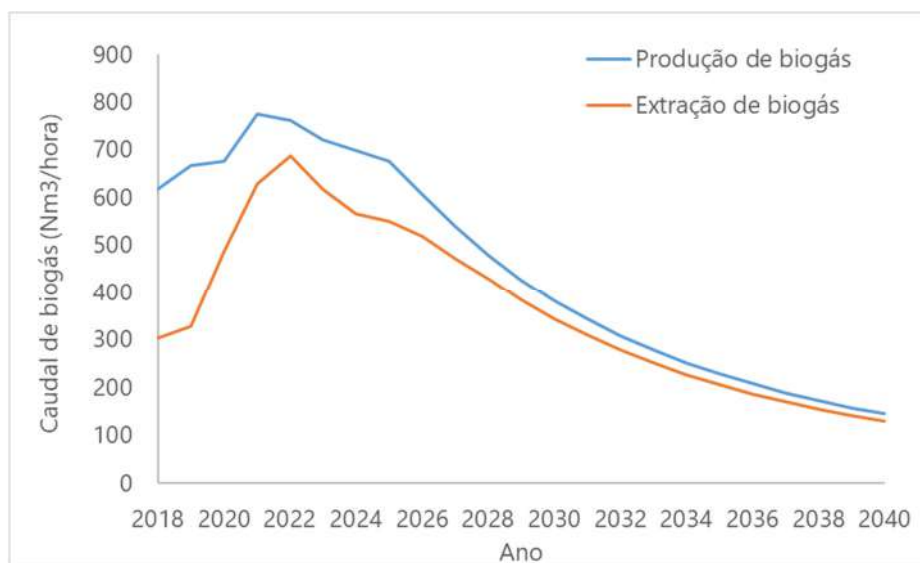


Gráfico 6-9 – Produção e extração de biogás estimado pelo modelo
 (considerando um teor de CH₄ de 50%).

6.2.7 Comparação com a situação de licenciamento atual

No ponto anterior apresentaram-se estimativas da produção e extração de biogás do aterro, no caso de exploração com a Fase C. No presente ponto pretende-se comparar aquelas previsões com a situação de licenciamento em vigor, isto é licenciamento de apenas as Fases A+A2 e B, até 2024, e encerramento do aterro sanitário logo a seguir.

O Gráfico 6-10 compara as estimativas de produção do biogás no aterro sanitário (todas as fases exploradas) na situação de licenciamento em vigor e no cenário de exploração da Fase C (licenciamento proposto). Verifica-se que a produção máxima do biogás no segundo cenário não seria superior à prevista no primeiro, no entanto a diminuição da produção será mais lenta.

De igual, modo, conforme Gráfico 6-11, a extração máxima no caso de implementação da Fase C não excederá a que já ocorreu com a exploração das Fases A+A2 e B, mas a extração será prolongada, devido ao adiamento da selagem final do aterro sanitário.

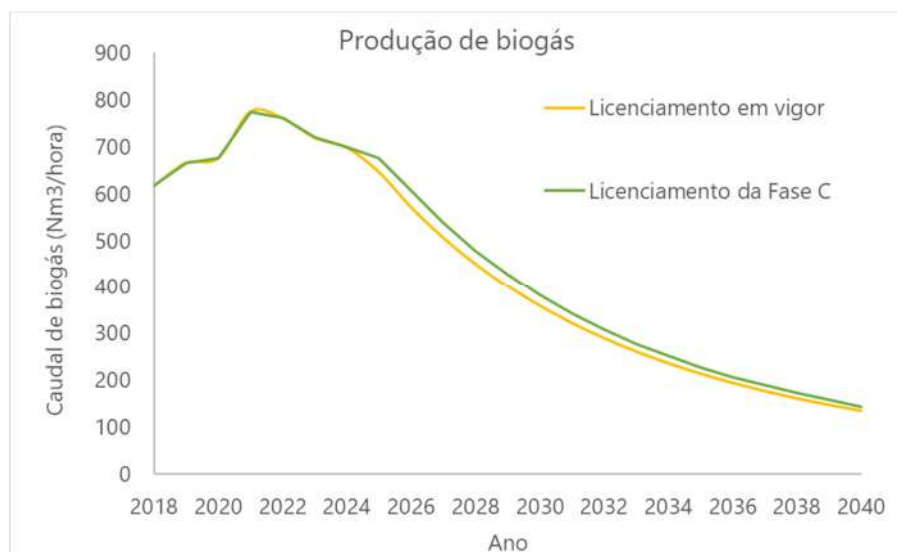


Gráfico 6-10 – Comparação entre a produção de biogás estimada no aterro sob o licenciamento em vigor e no cenário de exploração da Fase C (considerando um teor de CH₄ de 50%)

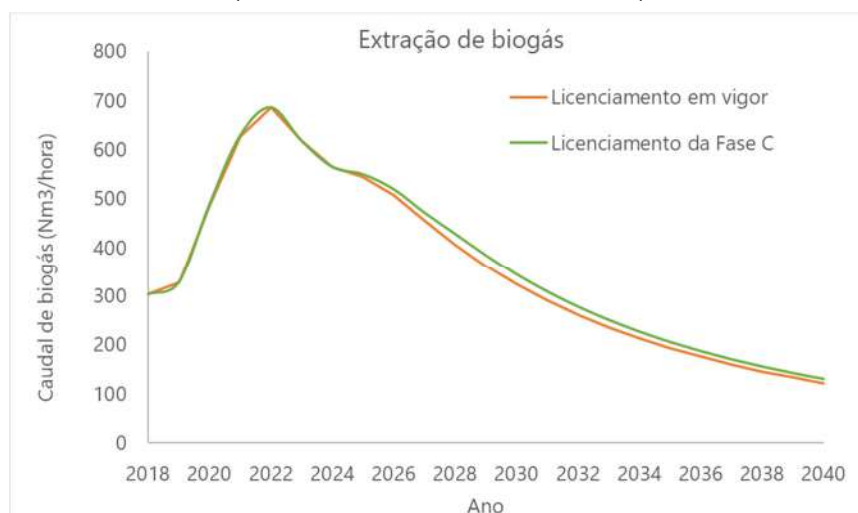


Gráfico 6-11 – Comparação da extração de biogás estimada no aterro sob licenciamento em vigor e no cenário de exploração da Fase C (considerando um teor de CH₄ de 50%),

6.2.8 Resumo

Do acima exposto, constata-se o seguinte:

- Para maximizar a extração os poços de extração da Fase C serão ligados ao sistema existente o mais cedo possível, como já é prática da exploração, vide a instalação da extração em taludes da Fase B2.
- Prevê-se uma diminuição da produção do biogás em boa parte devido à redução no teor de resíduos biodegradáveis no refugo do TMB desde 2018. A produção da Fase A+A2 será sempre superior à das restantes fases. Esta diminuição ocorrerá em ambos os cenários: o licenciamento em vigor e o licenciamento da Fase C.
- O licenciamento da Fase C não implicará caudais de produção e extração do biogás superiores ao máximo já observado. Implicará um prolongamento da produção (a Fase C prolongará a vida útil do aterro por 12 meses).
- Os caudais a extrair serão sempre inferiores à capacidade do sistema de extração e aproveitamento existente.

7. PRODUÇÃO E EXTRAÇÃO DE LIXIVIADOS

7.1 Sistemas existentes

Na Figura 7-1 são apresentadas as infraestruturas de drenagem de lixiviados existentes, conforme indicadas nos projetos disponibilizados pela ERSUC.

As células de deposição de RSU consideram uma zona basal com inclinação mínima de 2%, garantindo a condução das águas precipitadas sobre os resíduos confinados para a rede de drenos. As tubagens são instaladas no interior da área impermeabilizada, sob a camada de drenagem da base do aterro e consideram uma inclinação igual à do fundo da célula.

Os lixiviados da Fase A+A2 (analisados aqui em conjunto) drenam graviticamente para a lagoa da estação de tratamento de lixiviados.

No fundo de cada célula da Fase B, instalou-se uma bomba que elevará os lixiviados drenados até ao coletor periférico de drenagem de lixiviados, para posterior tratamento numa unidade dedicada (Figura 7-2).

O projeto da Fase B previu também a possibilidade de recirculação de lixiviados para o interior das células, para irrigação dos resíduos secos, redução da produção de lixiviados e a otimização da relação entre lixiviados produzidos e os caudais tratados da ETAL.

Estes sistemas serão mantidos e utilizados ao longo da futura exploração, e pós-encerramento. É de esperar que a produção de lixiviados diminuirá ao longo do tempo, com a selagem progressiva.



Figura 7-1 – Rede de drenagem e bombagem de lixiviados existente



Figura 7-2 – Extração de lixiviados por bombagem na Fase B

7.2 Fase C

A faixa entre a Fase A+A2 e as Células da Fase B, onde se propõe implantar a Fase C, já se encontra impermeabilizada com geomembrana, como apresentado na Figura 7-3.

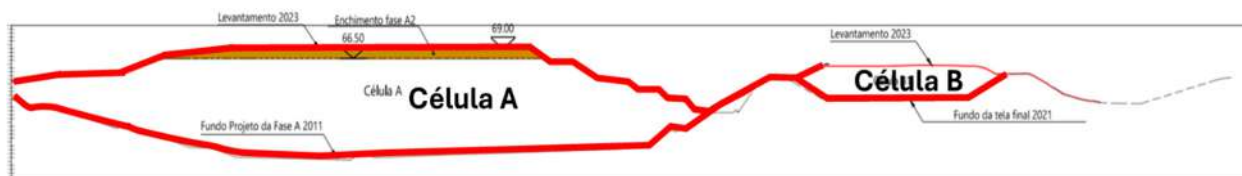


Figura 7-3 – Situação atual do aterro com telas já aplicadas
 (a linha vermelha representa geomembranas)

Assim, a exploração da Fase C não requererá aumento da área de implantação do aterro sanitário, pelo que não serão impermeabilizadas áreas adicionais. No entanto, se a Fase C for licenciada, será necessário realizar obras de contenção de lixiviados nos extremos do acesso que separa as células, antes do esgotamento da Fase B (ver Figura 5-2).

Adicionalmente, o topo da Célula A (com tela) tem os pendentes indicados na Figura 7-4.

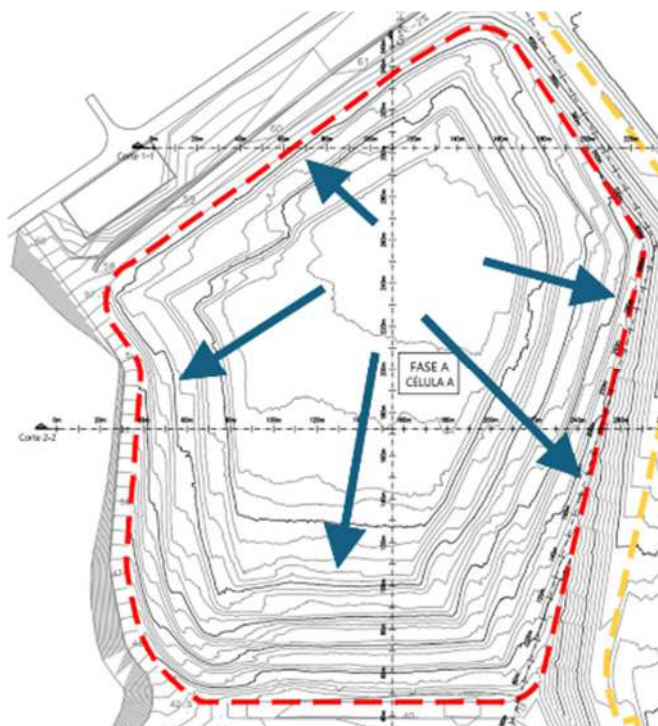


Figura 7-4 – Pendentes da Célula A do aterro

Deste modo, a presença da tela sobre a plataforma da Célula A causaria a precipitação incidente entrar para a área de exploração da Fase C aumentando os lixiviados produzidos. Assim, propõe-se a implementação de um dique de contenção de águas pluviais impermeabilizado na plataforma da célula, conforme Figura 7-5.

Para além disso, devido à área da Fase C já se encontrar impermeabilizada (Figura 7-3) os lixiviados produzidos não serão encaminhados para os sistemas de drenagem da Fase A+A2 e Fase B, pelo que se propõe a remoção de parte da tela no talude da Célula A.

As medidas propostas não eliminam a necessidade de um sistema de bombagem de lixiviados no fundo da vala, em parte devido à infiltração dos lixiviados que pode ser dificultado pelo nível de compactação já existente na Célula A.

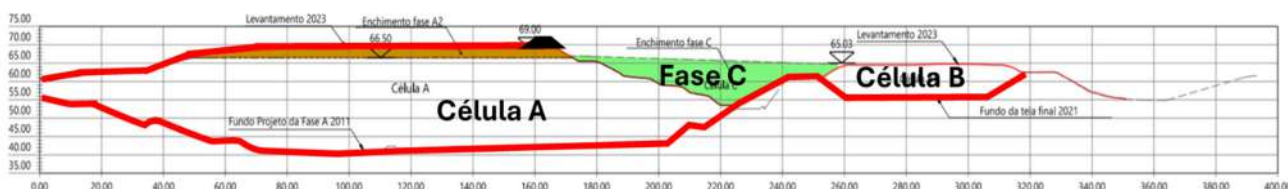


Figura 7-5 – Remoção da tela existente do talude da Célula A e dique de contenção a implementar na sua plataforma

Os lixiviados produzidos na Célula A e nas células da Fase B irão continuar a ser extraídos através do sistema de bombagem já existente nas células. Após a selagem final da Fase B deverá também ser

colocado um dique de contenção de águas pluviais na sua plataforma, de forma a minimizar a precipitação afluyente para a exploração da Fase C.

Estas medidas irão reduzir significativamente os caudais afluentes ao sistema de extração da Fase C.

8. PRODUÇÃO E GESTÃO DE ODORES

A ERSUC toma várias medidas para minimizar a emissão de odores das células do aterro sanitário:

- Ao final de cada dia de exploração, os resíduos depositados naquele dia são cobertos com solos (ponto 4.2).
- Minimização da área de deposição exposta (sem cobertura de solos).
- Utilização de um sistema de neutralização de odores por aspersão de reagentes em volta das células.
- Aplicação de geomembrana de selagem e extração do biogás logo que tecnicamente possível.

Estas práticas continuarão a ser aplicadas na exploração da Fase C. Deste modo, e referindo que a exploração da Fase C não implicará aumento da área nem da altura de implantação do aterro sanitário, não se prevê que causará aumento na emissão de odores.

9. DRENAGEM PLUVIAL

Na Figura 9-1 e no desenho 23080-2-DPL-001 é apresentada a rede de drenagem pluvial existente, conforme constante no projeto da Fase B⁵. Esta rede recebe as águas pluviais do envolvente, bem como a precipitação incidente nas áreas da Célula A com impermeabilização superficial (ver Figura 2-1).



Figura 9-1 – Rede de drenagem pluvial existente

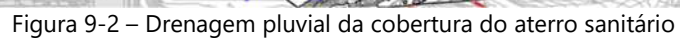
A exploração da Fase C não implicará aumento da área de implantação do aterro sanitário, pelo que não causará aumento na produção de caudais pluviais, nem aumenta o risco destes caudais exceder a capacidade das infraestruturas existentes.

Com a selagem final progressiva das fases (ver ponto 5.4) serão instaladas infraestruturas de drenagem pluvial nas superfícies seladas, constituídas de:

- Valetas em meia cana de betão, DN200, 300 ou 400, instaladas nas cristas das plataformas e nas banquetas;
- Coletores ou canais em betão armado, a descer os taludes;
- Coletores de ligação aos coletores e valas pluviais existentes, na periferia.

No desenho 23080-2-DPL-002, bem como na Figura 9-2, apresenta-se a rede prevista, bem como o seu faseamento, que acompanhará o faseamento da selagem parcial.

⁵ Desenho "08 REDE DE PLUVIAIS PG-DETALHES_r0.dwg".



10. CONCLUSÕES

Em conclusão:

- Deposição de resíduos:
 - A Fase A2 corresponde à deposição sobre a Fase já ocorrida em 2021 até janeiro de 2022.
 - O cálculo indica que o esgotamento da Fase B já licenciada (na Célula B2) ocorrerá em 2024. Deste modo, **a ERSUC pretende aumentar a capacidade de deposição de resíduos**, através do licenciamento de uma fase adicional às licenciadas:
 - Fase C – Enchimento do espaço entre as Fases A e B;
 - A exploração da Fase C iria prolongar a vida útil do aterro sanitário por um ano, até **2025**.
 - **A exploração da Fase C não requererá aumento da área nem da altura de implantação do aterro sanitário.** Não serão impermeabilizadas áreas adicionais.
- Biogás
 - A exploração da Fase C não implicará caudais de produção e extração do biogás superiores ao máximo já observado.
 - Prevê-se uma diminuição da produção e extração em boa parte devido à redução no teor de resíduos biodegradáveis no refugo do TMB desde 2018. Esta diminuição ocorrerá em ambos os cenários: o licenciamento em vigor e o licenciamento da Fase C.
- Lixiviados
 - A exploração da Fase C requererá a realização de obras de contenção e extração de lixiviados nos extremos do acesso que separa as células A e B.
 - A exploração da Fase C não implicará aumento dos caudais de lixiviados.
 - A exploração da Fase C requererá a instalação de um sistema de drenagem extração de lixiviados.
- Odores
 - Não se prevê que a exploração da Fase C causará aumento na emissão de odores.
- Drenagem pluvial
 - A exploração da Fase C não causará aumento na produção de caudais pluviais, nem aumenta o risco de exceder a capacidade das infraestruturas existentes.