

COMUNIDADE INTERMUNICIPAL DO ALTO ALENTEJO

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DOS RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO

COMPONENTE C – APROVEITAMENTO FOTOVOLTAICO



RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO

VOLUME 4 – ANEXOS

DT 07 - E.43., E.44., E.46., E.47. DETERMINAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE E DA CAPACIDADE DE SUMIDOURO DE CARBONO AFETADA

**APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO
PROJETO DE EXECUÇÃO DO APROVEITAMENTO FOTOVOLTAICO**

RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO

ÍNDICE DE VOLUMES

VOLUME 1 - RESUMO NÃO TÉCNICO

VOLUME 2 - RELATÓRIO BASE

VOLUME 3 - PEÇAS DESENHADAS

VOLUME 4 - ANEXOS

APÊNDICES (Ap)

Ap 01 – TUA-DIA

Ap 02 – OFÍCIO DA CIMAA PARA DGEG

Ap 03 – DGEG: DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Ap 04 – REN: DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Ap 05 – DECRETO-LEI N.º 62/2022, DE 26 DE SETEMBRO

Ap 06 – TÍTULO DE RESERVA DE CAPACIDADE DE LIGAÇÃO À RESP

Ap 07 – OFÍCIO CÂMARA MUNICIPAL DO CRATO

Ap 08 – EXPROPRIAÇÕES: CÂMARA MUNICIPAL DO CRATO E PORTALEGRE

DOCUMENTOS TÉCNICOS (DT)

DT 01 – E.29. PLANO DE COMPENSAÇÃO DAS QUERCÍNEAS

DT 02 – E.30. PROGRAMA DE DESARBORIZAÇÃO E DESMATAÇÃO

DT 03 – E.31. PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL

DT 04 – E.35. PROJETO DE INTEGRAÇÃO PAISAGÍSTICA

DT 05 – E.36. PLANO DE CONTROLO E GESTÃO DAS ESPÉCIES VEGETAIS
EXÓTICAS INVASORAS

DT 06 – E.38., E.41., E.42. MITIGAÇÃO, CONSERVAÇÃO E VALORIZAÇÃO
PATRIMONIAL

DT 07 - E.43., E.44., E.46., E.47. DETERMINAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE E DA
CAPACIDADE DE SUMIDOURO DE CARBONO AFETADA

DT 08 – E.53. PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO

SHAPEFILES

INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DO PROJETO DE EXECUÇÃO, EM FORMATO
SHAPEFILE

NOTA INTRODUTÓRIA

O presente documento **DT 07 – E.43., E.44., E.46. e E.47.: Determinação das Emissões de GEE e da Capacidade de Sumidouro de Carbono Afetada** – corresponde ao solicitado nos **Elementos 43, 44, 46 e 47** dos Elementos a apresentar em sede de Projeto de Execução e de RECAPE da DIA (Declaração de impacte ambiental) do AHFM do Crato.

Elemento 43. *“Indicação exata da afetação da capacidade de sumidouro de carbono tendo em conta o projeto de execução a ser desenvolvido.”*

Elemento 44. *“Síntese da estimativa das emissões de GEE passíveis de ocorrerem por ações e por fases de projeto (construção, exploração, desativação), devendo esta abranger todo o horizonte de vida útil previsto para o projeto.*

De salientar que para determinação das emissões de GEE em todos os setores devem ser utilizadas sempre que possível os fatores de cálculo (exemplos: fatores de emissão, Poder Calorífico Inferior (PCI)) e as metodologias de cálculo constantes do Relatório Nacional de Inventários (NIR – National Inventory Report) que pode ser encontrado no Portal da APA.”

Elemento 46. *“Estimativa das emissões evitadas com a produção de energia elétrica e das emissões indiretas pelo consumo de eletricidade com recurso a um fator de emissão de GEE que se coadune com o atual mix nacional de geração de energia elétrica.”*

Elemento 47. *“Estimativa da carga de gases fluorados, particularmente de SF6, a utilizar nos comutadores elétricos e outros equipamentos que recorram a este gás, bem como das emissões passíveis de ocorrerem por fuga.”*

DT 13 - E.43, 44., 46 e 47 Determinação das Emissões de GEE e da Capacidade de Sumidouro de Carbono Afetada

ÍNDICES

TEXTO	Pág.
1 INTRODUÇÃO	1
2 ANÁLISE DO BALANÇO DE CARBONO E ESTIMATIVA DE GASES DE EFEITO ESTUFA RESULTANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO.....	2
2.1 METODOLOGIA.....	2
2.2 FASE DE CONSTRUÇÃO.....	6
2.2.1 Instalação e atividade de estaleiros	6
2.2.1.1 <i>Infraestruturas Primárias</i>	6
2.2.1.2 <i>Infraestruturas de Regadio</i>	8
2.2.1.3 <i>Aproveitamento Fotovoltaico</i>	10
2.2.2 Construção de novos acessos e beneficiação/reposição de acessos existentes	11
2.2.2.1 <i>Infraestruturas Primárias</i>	11
2.2.2.2 <i>Infraestruturas de Regadio</i>	12
2.2.2.3 <i>Aproveitamento Fotovoltaico</i>	16
2.2.3 Desmatação e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas	18
2.2.3.1 <i>Infraestruturas Primárias</i>	18
2.2.3.2 <i>Infraestruturas de Regadio</i>	20
2.2.3.3 <i>Aproveitamento Fotovoltaico</i>	23
2.2.4 Execução da barragem do Pisão e respetivos órgãos hidráulicos anexos (incluindo central hidroelétrica) e exploração de áreas de empréstimo e depósito de materiais sobranes	26
2.2.4.1 <i>Infraestruturas Primárias</i>	26
2.2.5 Escavação e aterro para instalação das centrais solares fotovoltaicas em terra.....	30
2.2.5.1 <i>Aproveitamento Fotovoltaico</i>	30
2.2.6 Instalação da linha elétrica de interligação	31
2.2.6.1 <i>Aproveitamento Fotovoltaico</i>	31
2.2.7 Escavação, aterro de valas e colocação de condutas	32
2.2.7.1 <i>Infraestruturas de Regadio</i>	32
2.3 FASE DE EXPLORAÇÃO	37
2.3.1 Presença, exploração e manutenção da barragem do Pisão e órgãos anexos, incluindo central hidroelétrica	37
2.3.1.1 <i>Infraestruturas Primárias</i>	37
2.3.2 Alteração do regime de caudais na ribeira de Seda	38
2.3.2.1 <i>Infraestruturas Primárias</i>	38
2.3.3 Presença, utilização e manutenção da rede viária	39
2.3.3.1 <i>Infraestruturas Primárias</i>	39

2.3.3.2	Infraestruturas de Regadio	40
2.3.3.3	Aproveitamento Fotovoltaico	40
2.3.4	Presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório e rede de rega	41
2.3.4.1	Infraestruturas de Regadio	41
2.3.5	Atividade de regadio	43
2.3.5.1	Infraestruturas de Regadio	43
2.3.6	Presença, funcionamento e manutenção das centrais solares fotovoltaicas	45
2.3.6.1	Aproveitamento Fotovoltaico	45
2.3.7	Presença e manutenção da linha elétrica de interligação	48
2.3.7.1	Aproveitamento Fotovoltaico	48
2.4	FASE DE DESATIVAÇÃO	49
2.5	CONCLUSÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	49
2.5.1	Fase de construção	49
2.5.2	Fase de exploração	49
2.5.3	Balanço global	50

QUADROS

Pág.

Quadro 2.1 – Informação de base para o cálculo da estimativa das emissões associadas ao AHFM do Crato.	2
Quadro 2.2 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gasóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021 ⁸).....	6
Quadro 2.3 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.....	7
Quadro 2.4 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gasóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021 ⁸).....	8
Quadro 2.5 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.....	9
Quadro 2.6 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gasóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021 ⁸).....	10
Quadro 2.7 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.....	10
Quadro 2.8 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.	12
Quadro 2.9 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.	13
Quadro 2.10 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE de processo da produção de betão (adaptado de APA, 2021 ⁸ , APEB, 2022 ¹² , CIMPOR, 2023 e SECIL, 2022).....	14
Quadro 2.11 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas o processo da produção de betão.....	14
Quadro 2.12 – Informação utilizada no cálculo de emissões indiretas de GEE totais da produção de betão na fase de construção, associada ao consumo de energia (adaptado de APEB, 2022 ¹² , CIMPOR, 2023 ¹⁴ e SECIL, 2022 ¹⁵).	15

Quadro 2.13 – Consumo e emissões indiretas de GEE calculadas para o consumo de energia na produção de betão.	15
Quadro 2.14 – Informação para o cálculo de emissões indiretas de GEE de produção de aço (fator de emissão implícito considerando a abordagem de balanço de carbono).	16
Quadro 2.15 – Consumo de aço e emissões indiretas de GEE estimadas para a produção de aço na fase de construção.	16
Quadro 2.16 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.	17
Quadro 2.17 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatagem e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.	18
Quadro 2.18 – Compatibilização das classes de uso do solo e as classes existentes no NIR.	19
Quadro 2.19 – Perdas de biomassa devido desmatagem e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução das valas para a colocação da tubagem de rega e implantação das infraestruturas pontuais (estação elevatória e reservatório). ...	20
Quadro 2.20 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatagem e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.	21
Quadro 2.21 – Compatibilização das classes de uso do solo e as classes existentes no NIR.	22
Quadro 2.22 – Perdas de biomassa devido desmatagem e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução das valas para a colocação da tubagem de rega e implantação das infraestruturas pontuais (estação elevatória e reservatório). ...	22
Quadro 2.23 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatagem e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.	24
Quadro 2.24 – Compatibilização das classes de uso do solo e as classes existentes no NIR.	25
Quadro 2.25 – Perdas de biomassa devido desmatagem e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução das infraestruturas.	25
Quadro 2.26 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.	26
Quadro 2.27 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE de processo da produção de betão (adaptado de APA, 2021 ⁸ , APEB, 2022 ¹² , CIMPOR, 2023 e SECIL, 2022).	28
Quadro 2.28 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas o processo da produção de betão.	28
Quadro 2.29 – Informação utilizada no cálculo de emissões indiretas de GEE totais da produção de betão na fase de construção, associada ao consumo de energia (adaptado de APEB, 2022 ¹² , CIMPOR, 2023 ¹⁴ e SECIL, 2022 ¹⁵).	28
Quadro 2.30 – Consumo e emissões indiretas de GEE calculadas para o consumo de energia na produção de betão.	29
Quadro 2.31 – Informação para o cálculo de emissões indiretas de GEE de produção de aço (fator de emissão implícito considerando a abordagem de balanço de carbono).	29

Quadro 2.32 – Consumo de aço e emissões indiretas de GEE estimadas para a produção de aço na fase de construção.	30
Quadro 2.33 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatção e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.	31
Quadro 2.34 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatção e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.	32
Quadro 2.35 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.	33
Quadro 2.36 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE de processo da produção de betão (adaptado de APA, 2021 ⁸ , APEB, 2022 ¹² , CIMPOR, 2023 e SECIL, 2022).	34
Quadro 2.37 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas o processo da produção de betão.	34
Quadro 2.38 – Informação utilizada no cálculo de emissões indiretas de GEE totais da produção de betão na fase de construção, associada ao consumo de energia (adaptado de APEB, 2022 ¹² , CIMPOR, 2023 ¹⁴ e SECIL, 2022 ¹⁵).	35
Quadro 2.39 – Consumo e emissões indiretas de GEE calculadas para o consumo de energia na produção de betão.	35
Quadro 2.40 – Informação para o cálculo de emissões indiretas de GEE de produção de aço (fator de emissão implícito considerando a abordagem de balanço de carbono).	36
Quadro 2.41 – Consumo de aço e emissões indiretas de GEE estimadas para a produção de aço na fase de construção.	36
Quadro 2.42 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.	37
Quadro 2.43 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.	39
Quadro 2.44 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.	40
Quadro 2.45 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.	41
Quadro 2.46 – Evolução do sumidouro anual de C por uso do solo nas infraestruturas de rega.	42
Quadro 2.47 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para as atividades de regadio.	44
Quadro 2.48 – Evolução do sumidouro anual de C por uso do solo nos blocos de rega.	44
Quadro 2.49 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.	46

Quadro 2.50 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.	46
Quadro 2.51 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gasóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021 ⁸).....	48
Quadro 2.52 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.....	48
Quadro 2.53 – Balanço da fase de construção para as várias fases de avaliação.	49
Quadro 2.54 – Balanço da fase de exploração para as várias fases de avaliação.	50

1 INTRODUÇÃO

No âmbito do Procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato (AHFM do Crato), foi emitida Declaração de Impacte Ambiental (DIA) favorável à execução da Alternativa 2 do projeto do AHFM do Crato, condicionada ao cumprimento dos termos e condições da referida DIA.

O Estudo de Impacte Ambiental (EIA) do AHFM do Crato incidiu sobre a totalidade das infraestruturas do AHFM do Crato, contudo, no desenvolvimento a Projeto de Execução as infraestruturas do AHFM do Crato foram divididas em três componentes, sendo cada uma destas alvo de um RECAPE, são elas:

- Infraestruturas Hidráulicas Primárias;
- Infraestruturas de Regadio; e
- Aproveitamento Fotovoltaico.

Considerou-se, contudo, que o Estudo das Emissões de GEE e respetiva análise da Capacidade de Sumidouro de Carbono deveria ser integrada em cada um destes documentos. No entanto, considerando que se produzirá energia elétrica de uma fonte renovável, o balanço final da implementação do Projeto como um todo é agora apresentado no presente RECAPE.

Este documento está dividido em dois capítulos: a introdução (**Capítulo 1**) e a análise do balanço de carbono e a estimativa de gases de efeito estufa resultantes da implementação do projeto (**Capítulo 2**). Este **Capítulo 2** está, por sua vez, dividido nas fases de desenvolvimento do Projeto:

- **Item 2.1:** metodologia a utilizar na análise referida para cada ação considerada;
- **Item 2.2** apresenta a análise por ação desenvolvida nas Fase de Construção;
- **Item 2.3** apresenta a análise por ação desenvolvida na Fase de Exploração;
- **Item 2.4** apresenta a análise por ação desenvolvida na Fase de Desativação;
- **Item 2.5** apresenta a conclusão da implementação do Projeto.

2 ANÁLISE DO BALANÇO DE CARBONO E ESTIMATIVA DE GASES DE EFEITO ESTUFA RESULTANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

2.1 METODOLOGIA

Para os cálculos das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) associadas a cada uma das fases em análise, utilizaram-se os fatores apresentados no **Quadro 2.1**.

Quadro 2.1 – Informação de base para o cálculo da estimativa das emissões associadas ao AHFM do Crato.

Fator		Fonte
Global Warming Potential do CO ₂ (kg CO ₂ /kg de emissão)	1	
Global Warming Potential do CH ₄ (kg CO ₂ /kg de emissão)	28	Tabela 1.1 APA (2023) ¹ - AR5
Global Warming Potential do N ₂ O (kg CO ₂ /kg de emissão)	265	
Global Warming Potential do SF ₆ (kg CO ₂ /kg de emissão)	23500	
Massa específica do gasóleo (kg/l)	0,84	Tabela 3.51 APA (2023) ²
Poder calorífico inferior do gasóleo (MJ/kg)	43	Tabela 3.9 APA (2023) ²
Fator de emissão de CO ₂ do gasóleo (kg/GJ)	74,10	
Fator de emissão de CH ₄ do gasóleo (kg/TJ)	4,20	Tabela 3.38 APA (2023) ²
Fator de emissão de N ₂ O do gasóleo (kg/TJ)	28,60	
Fator de emissão para a produção de eletricidade em Portugal Continental no ano de 2021 (tCO _{2eq} /MWh)	0,151	APA (2023) ²
Densidade do cimento (kg/m ³)	240	APEB (2022) ²
Incorporação de clínquer no cimento (%)	0,95	Tabela 4.7 APA (2023) ²
Fator de emissão de CO ₂ da produção de cimento (t/t clínquer)	0,52	Tabela 4.4 APA (2023) ²
Fator de emissão de CO ₂ do consumo de mix específico de energia elétrica usado na produção de cimento (t/t clínquer)	0,86	APEB (2022) ³ , CIMPOR (2023) ³ e SECIL (2022) ⁴
Fator de emissão de CO ₂ para a produção de aço(t/t)	0,84	Tabela 4.38 APA 2023 ²

¹ APA (2023). *National Inventory Report – Portugal*. Departamento de Alterações Climáticas (DCLIMA) da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. - <https://unfccc.int/documents/627602>, consultado a 22 de março de 2024.

² APEB (2022), <https://www.apeb.pt/Docs/GuiadoBetao2022.PDF>, consultado a 1 de abril de 2024.

³ CIMPOR (2023). disponível em <https://www.cimpor.com/-/cem-ii-b-l-32-5-n> e consultado em dezembro de 2023.

⁴ SECIL (2022) *Sólidos na evolução - relatório de sustentabilidade*.

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.1** seguindo a seguinte equação (**Equação 1**):

Emissões Gasóleo

$$\begin{aligned} &= \text{Consumo gasóleo}(l) * \text{Massa específica} \left(\frac{kg}{GJ}\right) \\ &* \text{Poder calorífico inferior} \left(\frac{MJ}{kg}\right) * \begin{cases} \text{Fator de emissão de CO}_2(kg/GJ) \\ \text{Fator de emissão de CH}_4(kg/TJ) \\ \text{Fator de emissão de N}_2\text{O} (kg/TJ) \end{cases} \\ &\begin{cases} GWP \text{ CO}_2(kg \text{ CO}_2/kg \text{ emissão}) \\ GWP \text{ CH}_4(kg \text{ CH}_4/kg \text{ emissão}) \\ GWP \text{ N}_2\text{O} (kg \text{ N}_2\text{O}/kg \text{ emissão}) \end{cases} \\ &\quad \text{(Equação 1)} \end{aligned}$$

No caso do consumo de eletricidade, as emissões indiretas de GEE tiveram em conta o fator de emissão para a produção de eletricidade em Portugal Continental no ano de 2021 seguindo a seguinte equação (**Equação 2**):

$$\text{Emissões eletricidade} = \text{Consumo eletricidade}(MWh) * \text{Fator de emissão}(t \text{ CO}_2_{eq}/MWh)$$

(Equação 2)

Para o betão utilizado na obra, foram contabilizadas as emissões associadas à produção de cimento, tendo-se discriminado, em particular, as emissões do consumo de eletricidade associada à produção. Perante a ausência de indicações específicas no projeto, foi considerado um betão com classe de exposição XC1/XC2 na avaliação de impactos, por ser este adequado a ambiente permanentemente húmido ou húmido. Face às aplicações de betão armado necessárias ao projeto (e.g., APEB, 2022), foi assumido um cimento CEM I ou CEM II/A, com uma densidade de aproximadamente 240 kg/m³.

A produção de cimento em Portugal é realizada em seis instalações, todas dedicadas à produção de cimento Portland segundo método seco. As emissões de CO₂ associados ao uso do betão são contabilizadas tendo em conta:

- A produção de clínquer, mais especificamente ao processo de descarbonização através do qual os carbonatos de cálcio e magnésio presentes no calcário são convertidos em óxido de cálcio e óxido de magnésio;
- O consumo de energia utilizado na sua produção;

Ainda que o NIR mencione uma estimativa de emissões de CO₂ da produção de clínquer baseada no consumo de matérias-primas e em fatores de emissão específicos das

instalações (abordagem *Tier 3*), a informação necessária a tal cálculo não é apresentada por motivos de confidencialidade (APA, 2023).

Perante esta omissão, as estimativas realizadas de forma indireta das emissões de CO₂ decorrentes do uso de cimento pelo projeto (abordagem *Tier 1*) consideram a percentagem de clínquer incorporada apresentada pelas empresas produtoras de cimento, o fator de emissão de CO₂ específico do clínquer, assim como as emissões indiretas de GEE resultantes do processo da produção de betão, informações apresentadas no **Quadro 2.1**, utilizando a fórmula seguinte (**Equação 3**):

Emissões cimento

$$= \text{Consumo de betão (m}^3\text{)} * \text{Densidade CEM I ou CEM II} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$
$$* \text{Incorporação de clínquer no cimento (\%)} * \text{Fator de emissão de CO}_2\text{(t/t clínquer)}$$

(Equação 3)

No que respeita às emissões resultantes do consumo de energia na produção de cimento em Portugal, estas decorrem do uso de coque de petróleo e combustíveis alternativos, incluindo pneus, resíduos industriais e biomassa. Por questões de confidencialidade, o NIR não apresenta fatores de emissão neste contexto (APA, 2023). Assim, os dados utilizados nesta contabilização tiveram origem em informação disponibilizada pelas principais empresas produtoras de cimento (e.g., CIMPOR, 2023; SECIL, 2022), de onde foram obtidos fatores de emissão para a estimativa das emissões totais (diretas) geradas na produção de cimento, usando uma abordagem de produção *Tier 1*. Informações apresentadas no **Quadro 2.1**, utilizando a fórmula seguinte (**Equação 4**):

Emissões energia elétrica associada à produção de cimento

$$= \text{Consumo de betão (m}^3\text{)} * \text{Densidade CEM I ou CEM II} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$
$$* \text{Incorporação de clínquer no cimento (\%)} * \text{Fator de emissão de CO}_2\text{(t/t clínquer)}$$

(Equação 4)

As emissões de GEE resultantes da produção de aço foram estimadas para a sua produção, tendo sido multiplicado o consumo de aço por um fator de emissão (*Tier 1*). Embora o NIR preconize a abordagem de balanço de carbono para a estimativa das emissões do processo de produção de aço, a informação de quantidades de matérias-primas utilizadas por unidade de produto não se encontra disponível. Importa também referir que não são apresentam consumos de energia por unidade de produto.

O processo de produção de aço em Portugal é, desde 2002, o do Forno de Arco Elétrico, utilizando como matérias-primas principais sucata de aço e chapas metálicas,

que contabilizaram aproximadamente 92% em 2021 (MEGASA, 2021⁵). Este método utiliza como principal fonte de energia a energia elétrica e, em fração minoritária, combustíveis gasosos. As emissões do processo de produção de aço resultam principalmente de aditivos de carbono como elétrodos de grafite, antracite e do consumo de coque (APA, 2023). Assim, para o cálculo das emissões decorrentes do fabrico do aço a utilizar no presente projeto, utilizou-se a **Equação 5** (e os fatores disponibilizados no **Quadro 2.1**).

$$\text{Emissões fabrico aço} = \text{Consumo de aço (t)} * \text{Fator de emissão (t CO}_2 \text{ eq/t)}$$

(Equação 5)

⁵ MEGASA (2021). *Grupo MEGASA: Relatório de sustentabilidade - ano de 2021*.

2.2 FASE DE CONSTRUÇÃO

2.2.1 Instalação e atividade de estaleiros

2.2.1.1 Infraestruturas Primárias

Tendo por base a experiência da equipa de projetistas em projetos similares assim como a informação acessível para fontes de emissão de GEE na fase de instalação e atividade de estaleiros, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e valores estimados para cada:

Com base na experiência da equipa de projetistas, adquirida em projetos similares, e nas informações disponíveis sobre fontes de emissão de GEE durante a fase de instalação e operação dos estaleiros, o impacto deve ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e seus valores estimados:

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas provenientes de motores de combustão interna, com um consumo total previsto de 130 000 litros de gasóleo.

Para determinação das emissões de GEE são utilizados, sempre que possível, os fatores e as metodologias de cálculo constantes no Relatório Nacional de Inventários (NIR – *National Inventory Report*, ver APA, 2021⁶).

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.4**.

Quadro 2.2 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gasóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021⁸).

Combustível	Massa específica (kg/l)	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Fator de emissão de CH ₄ (kg/TJ)	Fator de emissão de N ₂ O (kg/TJ)
Gasóleo	0,84	43	74,1	4,2	28,6

⁶ APA (2021). *National Inventory Report – Portugal*. Departamento de Alterações Climáticas (DCLIMA) da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação estão sintetizadas no **Quadro 2.5**, totalizando 348 t CO₂, e cerca de 20 kg CH₄ e 134 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 130 000 l (**Quadro 2.5**).

Quadro 2.3 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
130 000	348	20	134

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 384 t CO₂ eq/ano que, considerando o desenvolvimento da obra ao longo de 33 meses, totaliza as emissões em 1 056 t CO₂ eq.

Consumo de energia elétrica

Como resultado do desenvolvimento desta ação, é importante considerar também as emissões indiretas associadas à produção de eletricidade. O consumo de energia elétrica está estimado em 7.000 MWh.

Relativamente às emissões indiretas da produção de eletricidade consumida nesta ação, considera-se o valor de 0,151 t CO₂ eq./MWh como fator de emissão de GEE, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021, o último ano de cálculo deste fator (APA, 2023⁷). Considerando que a empreitada tem a duração de 33 meses, e estando previsto um consumo mensal de 580 MWh, o consumo total de energia será de 7 000 MWh, correspondendo a uma estimativa de emissões indiretas de GEE de 2 907 t CO₂ eq.

Não se preconiza que as atividades associadas à ação de atividade de estaleiro tenham um impacto na componente natural, logo, assume-se que a capacidade de sumidouro de carbono se mantém intacta.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 1 056,2 t CO₂ eq pela utilização de gasóleo,
- 2 906,8 t CO₂ eq pela utilização de energia elétrica,
- a não afetação da capacidade de carbono da componente natural,

⁷ APA (2023). *Fator de Emissão da Eletricidade - 2023*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

a ação de “*Instalação e atividade de estaleiros*” será responsável pela emissão de 3 962,98 t CO₂ eq.

2.2.1.2 Infraestruturas de Regadio

Tendo por base a experiência da equipa de projetistas em projetos similares, assim como a informação acessível para fontes de emissão de GEE na fase de instalação e atividade de estaleiros, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e valores estimados para cada:

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas provenientes de motores de combustão interna, com um consumo total estimado de $3,7 \times 10^5$ litros de gasóleo.

Para determinação das emissões de GEE são utilizados, sempre que possível, os fatores e as metodologias de cálculo constantes no Relatório Nacional de Inventários (NIR – *National Inventory Report*, ver APA, 2021⁸).

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.4**.

Quadro 2.4 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gasóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021⁸).

Combustível	Massa específica (kg/l)	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Fator de emissão de CH ₄ (kg/TJ)	Fator de emissão de N ₂ O (kg/TJ)
Gasóleo	0,84	43	74,1	4,2	28,6

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação estão sintetizadas no **Quadro 2.5**, totalizando 990 t CO₂, 0,1 t CH₄ e 0,4 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de $3,7 \times 10^5$ l (**Quadro 2.5**).

⁸ APA (2021). *National Inventory Report – Portugal*. Departamento de Alterações Climáticas (DCLIMA) da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

Quadro 2.5 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (t/ano)	Emissões de N ₂ O (t/ano)
370 000	990	0,1	0,4

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 1 093,2 t CO_{2 eq}/ano que, considerando o desenvolvimento da obra ao longo de 24 meses, totaliza as emissões em 2 186,3 t CO_{2 eq}.

Consumo de energia elétrica

Decorrente do desenvolvimento desta ação, é relevante ainda considerar as emissões indiretas associadas à produção de eletricidade, com um consumo de energia elétrica estimado de 28,8 MWh.

Relativamente às emissões indiretas da produção de eletricidade consumida nesta ação, considera-se o valor de 0,151 t CO_{2 eq}/MWh como fator de emissão de GEE, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021, o último ano de cálculo deste fator (APA, 2023⁹). Considerando que a empreitada tem a duração de 24 meses, e estando previsto um consumo mensal de 1 200 kWh, o consumo total de energia será de 28,8 MWh, correspondendo a uma estimativa de emissões indiretas de GEE de 4,3 t CO_{2 eq}.

Não se preconiza que as atividades associadas à ação de atividade de estaleiro tenham um impacto na componente natural, logo, assume-se que a capacidade de sumidouro de carbono se mantém intacta.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 2 186,3 t CO_{2 eq} pela utilização de gasóleo,
- 4,3 t CO_{2 eq} pela utilização de energia elétrica,
- a não afetação da capacidade de carbono da componente natural,

a ação de “*Instalação e atividade de estaleiros*” será responsável pela emissão de 2 190,7 t CO_{2 eq}.

⁹ APA (2023). *Fator de Emissão da Eletricidade - 2023*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

2.2.1.3 Aproveitamento Fotovoltaico

Tendo por base a experiência da equipa de projetistas em projetos similares, assim como a informação acessível para fontes de emissão de GEE na fase de instalação e atividade de estaleiros, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos:

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas provenientes de motores de combustão interna, com um consumo total estimado que ronda os 12 500 litros de gasóleo.

Para determinação das emissões de GEE são utilizados, sempre que possível, os fatores e as metodologias de cálculo constantes no Relatório Nacional de Inventários (NIR – *National Inventory Report*, ver APA, 2021¹⁰).

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.4**.

Quadro 2.6 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gasóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021⁸).

Combustível	Massa específica (kg/l)	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Fator de emissão de CH ₄ (kg/TJ)	Fator de emissão de N ₂ O (kg/TJ)
Gasóleo	0,84	43	74,1	4,2	28,6

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação estão sintetizadas no **Quadro 2.5**, totalizando 110 t CO₂, e aproximadamente 2 kg CH₄ e 13 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 12 500 l (**Quadro 2.5**).

Quadro 2.7 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
12 500	33,5	2	13

¹⁰ APA (2021). *National Inventory Report – Portugal*. Departamento de Alterações Climáticas (DCLIMA) da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 36,9 t CO₂ eq/ano que, considerando o desenvolvimento da obra ao longo de 22 meses, totaliza as emissões em 67,7 t CO₂ eq.

Consumo de energia elétrica

Decorrente do desenvolvimento desta ação, é relevante ainda considerar as emissões indiretas associadas à produção de eletricidade, com um consumo de energia elétrica estimado de 744 MWh.

Relativamente às emissões indiretas da produção de eletricidade consumida nesta ação, considera-se o valor de 0,151 t CO₂ eq./MWh como fator de emissão de GEE, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021, o último ano de cálculo deste fator (APA, 2023¹¹). Considerando que a empreitada tem a duração de 22 meses, e estando previsto um consumo mensal de 18 MWh, o consumo total de energia será de 406 MWh, correspondendo a uma estimativa de emissões indiretas de GEE de 112 t CO₂ eq.

Não se preconiza que as atividades associadas à ação de atividade de estaleiro tenham um impacto na componente natural, logo, assume-se que a capacidade de sumidouro de carbono se mantém intacta.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 67,7 t CO₂ eq pela utilização de gasóleo,
- 112 t CO₂ eq pela utilização de energia elétrica,
- a não afetação da capacidade de carbono da componente natural,

a ação de “*Instalação e atividade de estaleiros*” será responsável pela emissão de 180 t CO₂ eq.

2.2.2 Construção de novos acessos e beneficiação/reposição de acessos existentes

2.2.2.1 Infraestruturas Primárias

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 86 000 litros de gasóleo.

¹¹ APA (2023). *Fator de Emissão da Eletricidade - 2023*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gásóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.4**, acima apresentado.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.9**, totalizando 230 t CO₂, 13 kg CH₄ e 89 t N₂O, para um consumo de gásóleo estimado de 2 x 10⁶ l.

Quadro 2.8 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (t/ano)	Emissões de N ₂ O (t/ano)
86000	230	13	89

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gásóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 254 t CO_{2 eq}/ano, o que corresponde à emissão de um total de 699 t CO_{2 eq} ao longo dos 5 meses de construção dos novos acessos.

2.2.2.2 Infraestruturas de Regadio

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE na fase de construção, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e valores estimados para cada:

As emissões de GEE foram determinadas, sempre que possível, utilizando os fatores de cálculo e as metodologias de cálculo constantes no NIR (APA, 2021⁸).

Consumo de gásóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 2 x 10⁶ litros de gásóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gásóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de

GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.4**, acima apresentado.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.9**, totalizando 5 353 t CO₂, 0,3 t CH₄ e 2,1 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 2 x 10⁶ l.

Quadro 2.9 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (t/ano)	Emissões de N ₂ O (t/ano)
2 000 000	5 353	0,3	2,1

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 5 909 t CO_{2 eq}/ano, o que corresponde à emissão de um total de 2 462,1 t CO_{2 eq} ao longo dos 5 meses de construção dos novos acessos.

Consumo de energia elétrica

Decorrente do desenvolvimento desta ação, é relevante ainda considerar as emissões indiretas associadas à produção de eletricidade, com um consumo de energia elétrica estimado de 1 320 MWh.

Relativamente às emissões indiretas da produção de eletricidade consumida na fase de construção, foi assumido o fator de emissão de GEE de 0,151 t CO_{2 eq}/MWh, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021 (APA, 2023⁹). Para o período de duração de 5 meses, e estando previsto um consumo mensal de 1,32 MWh de eletricidade, o consumo total de energia atingirá os 7 MWh, sendo a estimativa de emissões indiretas de GEE associadas à eletricidade consumida de 0,4 t CO_{2 eq}.

Consumo de matérias de construção civil (aço e betão)

Emissões indiretas associadas à produção de materiais utilizados na obra, com um consumo estimado de 41 190 m³ de betão e de 6 684 t de aço.

- Consumo de betão

Para o betão utilizado na obra, foram contabilizadas as emissões associadas à produção de cimento. Perante a ausência de indicações específicas no projeto, foi considerado um betão com classe de exposição XC1/XC2 na avaliação de impactes, por ser este adequado a ambiente permanentemente húmido ou húmido. Face às aplicações de betão armado

necessárias ao projeto (e.g., APEB, 2022¹²), foi assumido um cimento CEM I ou CEM II/A, com aproximadamente 240 kg/m³.

A produção de cimento em Portugal é realizada em seis instalações, todas dedicadas à produção de cimento Portland segundo método seco. As emissões de CO₂ associados ao uso do betão são contabilizadas tendo em conta:

- A produção de clínquer, mais especificamente ao processo de descarbonização através do qual os carbonatos de cálcio e magnésio presentes no calcário são convertidos em óxido de cálcio e óxido de magnésio (APA, 2021⁸).
- O consumo de energia utilizado na sua produção.

Ainda que o NIR mencione uma estimativa de emissões de CO₂ da produção de clínquer baseada no consumo de matérias-primas e em fatores de emissão específicos das instalações (abordagem *Tier 3*), a informação necessária a tal cálculo não é aí apresentada por motivos de confidencialidade (APA, 2021⁸).

Perante esta omissão, são realizadas estimativas indiretas das emissões de CO₂ decorrentes do uso de cimento pelo projeto (abordagem *Tier 1*), consideram a percentagem de clínquer incorporada apresentada pelas empresas produtoras de cimento, assim como o fator de emissão de CO₂ específico do clínquer, apresentado por IPCC (2006)¹³, e apresentado no **Quadro 2.10**.

Quadro 2.10 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE de processo da produção de betão (adaptado de APA, 2021⁸, APEB, 2022¹², CIMPOR, 2023¹⁴ e SECIL, 2022¹⁵).

Material	Conteúdo em cimento (kg/m ³)	Incorporação de clínquer no cimento (%)	Fator de emissão de CO ₂ (t/t clínquer)
Betão	240	95	0,52

Assumindo os valores acima apresentados, as emissões indiretas de GEE resultantes do processo da produção de betão são apresentadas no **Quadro 2.11**, totalizando 4 327 t CO₂, para uma estimativa de consumo de betão de 36 500 m³.

Quadro 2.11 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas o processo da produção de betão.

Consumo de betão (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
------------------------------------	---------------------------------

¹² APEB (2022). *Guia do Betão*. Documento preparado pela Comissão Técnica da Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto. Abril de 2022.

¹³ IPCC (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

¹⁴ CIMPOR (2023). disponível em <https://www.cimpor.com/-/cem-ii-b-l-32-5-n> e consultado em dezembro de 2023

¹⁵ SECIL (2022) *Sólidos na evolução - relatório de sustentabilidade*.

36 500

4 327

No que respeita às emissões resultantes do consumo de energia na produção de cimento em Portugal, estas decorrem do uso de coque de petróleo e combustíveis alternativos, incluindo pneus, resíduos industriais e biomassa. Por questões de confidencialidade, o NIR não apresenta fatores de emissão neste contexto (APA, 2021⁹). Assim, os dados utilizados nesta contabilização tiveram origem em informação disponibilizada pelas principais empresas produtoras de cimento (e.g., CIMPOR, 2023¹⁴; SECIL, 2022¹⁵), de onde foram obtidos fatores de emissão para a estimativa das emissões totais (diretas) geradas na produção de cimento, usando uma abordagem de produção *Tier 1* (**Quadro 2.12**).

Quadro 2.12 – Informação utilizada no cálculo de emissões indiretas de GEE totais da produção de betão na fase de construção, associada ao consumo de energia (adaptado de APEB, 2022¹², CIMPOR, 2023¹⁴ e SECIL, 2022¹⁵).

Material	Conteúdo em cimento (kg/m ³)	Incorporação de clínquer no cimento (%)	Fator de emissão de CO ₂ eq (t/t clínquer)
Betão	240	95	0,855

Assim, as emissões indiretas de GEE totais associadas ao consumo de energia na produção de betão são apresentadas no **Quadro 2.13**, totalizando 7 115 t CO₂ eq., para uma estimativa de consumo de betão de 36,5 x 10³ m³.

Quadro 2.13 – Consumo e emissões indiretas de GEE calculadas para o consumo de energia na produção de betão.

Consumo de betão (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
36 500	7 115

- Consumo de aço

As emissões de GEE resultantes da produção de aço foram estimadas para a sua produção, tendo sido multiplicado o consumo de aço por um fator de emissão (*Tier 1*). Embora o NIR preconize a abordagem de balanço de carbono para a estimativa das emissões do processo de produção de aço, a informação de quantidades de matérias-primas utilizadas por unidade de produto não se encontra disponível. Importa também referir que não são apresentadas consumos de energia por unidade de produto.

O processo de produção de aço em Portugal é, desde 2002, o do Forno de Arco Elétrico (FAE), utilizando como matérias-primas principais sucata de aço e chapas metálicas, que contabilizaram aproximadamente 92% em 2021 (MEGASA, 2021¹⁶). Este método utiliza como principal fonte de energia a energia elétrica e, em fração minoritária, combustíveis gasosos.

¹⁶ MEGASA (2021). *Grupo MEGASA: Relatório de sustentabilidade - ano de 2021*.

As emissões do processo de produção de aço em FAE resultam principalmente de aditivos de carbono como elétrodos de grafite, antracite e do consumo de coque (APA, 2021⁸).

Desta forma, para a estimativa das emissões associadas à produção do aço utilizado no projeto foi utilizada a informação apresentada no **Quadro 2.14**.

Quadro 2.14 – Informação para o cálculo de emissões indiretas de GEE de produção de aço (fator de emissão implícito considerando a abordagem de balanço de carbono).

Material	Processo	Fator de emissão de CO ₂ (t/t aço)
Aço	FAE	0,84

As emissões indiretas de GEE totais associadas à produção de aço na fase de construção são apresentadas no **Quadro 2.15**, totalizando 5 712 tCO₂, para uma estimativa de consumo de aço de 6 800 t.

Quadro 2.15 – Consumo de aço e emissões indiretas de GEE estimadas para a produção de aço na fase de construção.

Consumo de aço (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
6 800	5 712

Não se preconiza que as atividades associadas às ações de construção civil para instalação das infraestruturas hidráulicas (rede de rega, estação elevatória e reservatório) afetem a componente natural, logo, assume-se que capacidade de sumidouro de carbono se mantém intacta.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 2 462,1 t CO₂ eq pela utilização de gasóleo,
- 0,4 t CO₂ eq pela utilização de energia elétrica,
- 11 442 t CO₂ eq pela utilização de betão,
- 5 712 t CO₂ eq pela utilização de aço,

a ação de “Escavação, aterro e execução de valas para colocação da rede de rega, execução das infraestruturas hidráulicas pontuais (estação elevatório e reservatório) e utilização de acessos provisórios para a realização dos trabalhos de construção e beneficiação/reposição de acessos existentes” será assim responsável pela emissão de 19 616,5 t CO₂ eq.

2.2.2.3 Aproveitamento Fotovoltaico

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE na fase de construção, o impacto desta ação deverá ser diretamente decorrente da utilização de motores

de combustão – dada a natureza rural com que serão construídos os acessos e as suas reduzidas dimensões.

As emissões de GEE foram determinadas, sempre que possível, utilizando os fatores de cálculo e as metodologias de cálculo constantes no NIR (APA, 2021⁸).

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 4 100 litros de gasóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.4**, acima apresentado.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.9**, totalizando 11 t CO₂, cerca de 1 kg CH₄ e 4 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 4 100 l.

Quadro 2.16 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (t/ano)	Emissões de N ₂ O (t/ano)
4 100	11,0	0,6	4,2

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 12,1 t CO₂ eq/ano. No entanto, e tal como referido anteriormente, esta ação implicará apenas a abertura de caminhos de circulação – caminhos esses que não terão uma ação construtiva complexa associada – assim, no mês que está previsto demorar a desenvolver esta ação espera-se a emissão de 1 t CO₂ eq.

2.2.3 Desmatamento e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas

2.2.3.1 Infraestruturas Primárias

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE relacionados com as atividades de desmatamento e decapagem dos terrenos, e tendo por base o conhecimento de empreitadas de construção de dimensão e características semelhantes, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com:

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 45 000 litros de gasóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*).

O cálculo do consumo de gasóleo foi realizado considerando uma área de trabalho de 730 ha, com uma máquina com capacidade de processar 2 ha/dia (8 horas por dia), e um consumo de gasóleo de 15 l/h. Assim, foi estimado o valor de gasóleo consumido em 45 000 l.

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação apresentam-se no **Quadro 2.20**, totalizando 120 t CO₂, e cerca de 7 kg CH₄ e 47 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 10,8 x 10³ l.

Quadro 2.17 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatamento e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
45 000	120,4	6,8	46,5

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que as emissões de GEE associadas à utilização de combustível e emissões diretas da ação em estudo 133 t CO₂ eq/ano, o que, somado aos 10 meses preconizados de mobilização do solo, perfaz um total de 110,8 t CO₂ eq.

Componente natural

A componente natural, nesta ação, tem associada uma afetação do sumidouro de carbono, resultante da desmatagem e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução das infraestruturas foram consideradas as áreas de implantação da barragem e órgãos anexos e albufeira. Esta afetação será definitiva dado que não será possível o restabelecimento de qualquer uso do solo.

Para estes cálculos utilizaram-se as taxas de crescimento anual presentes no *National Inventory Report*. As compatibilizações entre classes (levantadas no EIA no âmbito do fator ambiental “Usos do Solo” e as classes presentes no NIR) encontram-se apresentadas de seguida no **Quadro 2.21**. Estes valores foram depois multiplicados pelas respetivas áreas de afetação, sendo possível obter os resultados do **Quadro 2.22**.

Quadro 2.18 – Compatibilização das classes de uso do solo e as classes existentes no NIR.

	Classes Usos do Solo	Classes NIR	Crescimento anual t C/(ha.ano)
Crops	Culturas anuais de regadio	<i>CL2 Irrigated annual crops</i>	0,58
	Culturas anuais de sequeiro e pastagens	<i>33% - Rainfed and annual crops</i>	0,58
		<i>66% - Grasslands</i>	1,92
	Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas*	<i>75% - Rainfed and annual crops</i>	0,58
		<i>25% - Quercus spp</i>	1,66
Olivais de regadio	<i>Olive groves</i>	0,24	
Olivais de sequeiro			
Forest	Florestas de azinheira	<i>Quercus rotundofila</i>	0,33
	Florestas de pinheiro manso	<i>Eucalyptus</i>	3,59
	Montado*	<i>1/2 Quercus rotundofila</i>	0,33
		<i>1/2 Grassland</i>	1,92
	Povoamento de quercíneas*	<i>Quercus spp</i>	1,66
	Matos	<i>Shrubland</i>	0,51
Florestas de azinheira*	<i>Other permanent crops</i>	0,27	

No caso dos "Usos do Solo" que incluem quercíneas (assinalados no **Quadro 2.22** com um “*”) a referida afetação será compensada fora da área de estudo do RECAPE do AHFM do Crato, considerando o adensamento de povoamentos já existentes. Tendo por base o estipulado no Documento Técnico específico (**DT07 E29 Plano de Compensação das Quercíneas**), o adensamento será efetuado num compasso de 18,5x18,5 m, o que resulta num acréscimo de ≈30 quercíneas/ha aos povoamentos existentes (que apresentam um valor médio de 200 árvores/ha), gerando conseqüentemente um incremento de 15% na capacidade de absorção de carbono. No entanto, considerando o tempo de desenvolvimento destas árvores, esta compensação só poderá ser contabilizada na Fase de Exploração do projeto.

Quadro 2.19 – Perdas de biomassa devido desmatamento e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução das valas para a colocação da tubagem de rega e implantação das infraestruturas pontuais (estação elevatória e reservatório).

Classe de Uso do Solo	Área Afetação (ha)	Carbono médio perdido t CO ₂ eq
Áreas artificializadas	6	---
Culturas anuais de regadio	2	4,3
Culturas anuais de sequeiro e pastagens	54	291,6
Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas *	114	355,7
Florestas de azinheira *	45	55,1
Florestas de pinheiro manso	9	103,4
Linhas de água e vegetação ripícola	52	---
Matos	16	29,7
Montado *	530	2 188,9
Olivais de regadio	1	9,8
Olivais de sequeiro	10	
Povoamento de quercíneas *	4	24,4
Total	55,246	3 062,9

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 110,8 kg CO₂ eq pela utilização de gasóleo,
- 3 062,9 t CO₂ eq de perda de biomassa,

a ação de “Desmatamento e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas” será responsável pela emissão de 3 173,7 t CO₂ eq.

2.2.3.2 Infraestruturas de Regadio

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE relacionados com as atividades de desmatamento e decapagem dos terrenos, e tendo por base o conhecimento de empreitadas de construção de dimensão e características semelhantes, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com:

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de $10,8 \times 10^3$ litros de gasóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do **consumo de gasóleo** na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*).

O cálculo do consumo de gasóleo foi realizado considerando uma área de trabalho de 180 ha, com uma máquina com capacidade de processar 2 ha/dia (8 horas por dia), e um consumo de gasóleo de 15 l/h. Assim, foi estimado o valor de gasóleo consumido em $10,8 \times 10^3$ l.

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação apresentam-se no **Quadro 2.20**, totalizando 29 t CO₂, e cerca de 2 kg CH₄ e 11 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de $10,8 \times 10^3$ l.

Quadro 2.20 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatção e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.

Consumo de combustível (l)	Emissões de CO ₂ (t)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de N ₂ O (t)
10 800	29	$1,6 \times 10^{-3}$	$1,12 \times 10^{-2}$

Utilizando o *Global Warming Potential (GWP)* de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que as emissões de GEE associadas à utilização de combustível e emissões diretas da ação em estudo 31,9 t CO_{2 eq}/ano, o que, somado aos 18 meses preconizados de mobilização do solo, perfaz um total de 47,9 t CO_{2 eq}.

Componente natural

A componente natural, nesta ação, tem associada uma afetação do sumidouro de carbono, resultante da desmatção e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução de valas [para a colocação da tubagem de rega e implantação das infraestruturas pontuais (estação elevatória e reservatório)], foi assumida uma área de afetação de 3 m em torno das condutas e as áreas de implantação da estação elevatória e do reservatório. Esta afetação poderá ser considerada como temporária, dado que, após o recobrimento da vala, será possível o restabelecimento de alguns usos do solo (tendo sido considerado que os usos do solo arborizados poderão convertidos em culturas anuais de sequeiro, regadio e/ou pastagens).

Para estes cálculos utilizaram-se as taxas de crescimento anual presentes no *National Inventory Report*. As compatibilizações entre classes (levantadas no EIA no âmbito do fator ambiental “Usos do Solo” e as classes presentes no NIR) encontram-se apresentadas de seguida no **Quadro 2.21**. Estes valores foram depois multiplicados pelas respetivas áreas de afetação, sendo possível obter os resultados do **Quadro 2.22**.

Quadro 2.21 – Compatibilização das classes de uso do solo e as classes existentes no NIR.

	Classes Usos do Solo	Classes NIR	Crescimento anual t C/(ha.ano)
Crops	Culturas anuais de regadio	CL2 <i>Irrigated annual crops</i>	0,58
	Culturas anuais de sequeiro e pastagens	33% - CL1 <i>Rainfed and annual crops</i>	0,58
		66% - 2/3 <i>Grasslands</i>	1,92
	Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas	75% - CL1 <i>Rainfed and annual crops</i>	0,58
		25% - FL7 <i>Quercus spp</i>	1,66
	Olivais de regadio	CL5 <i>olive groves</i>	0,24
	Olivais de sequeiro		
Vinhas	CL4 <i>vineyards</i>	0,27	
Forest	Florestas de azinheira	FL6 <i>Quercus rotundifolia</i>	0,33
	Florestas de eucalipto	FL4 <i>Eucalyptus</i>	3,59
	Montado	FL6 1/2 <i>Quercus rotundifolia</i>	0,33
		GL1 1/2 <i>Grassland</i>	1,92
	Povoamento de quercíneas	FL 7 <i>Quercus spp</i>	1,66
	Matos	GL2 <i>shrubland</i>	0,51
	Frutos secos	<i>Other permanent crops</i>	0,27

No caso dos "Usos do Solo" que incluem quercíneas (assinalados no **Quadro 2.22** com um “*”) a referida afetação será compensada fora da área de estudo do RECAPE do AHFM do Crato, considerando o adensamento de povoamentos já existentes. Tendo por base o estipulado no Documento Técnico específico (**DT07 E29 Plano de Compensação das Quercíneas**), o adensamento será efetuado num compasso de 18,5x18,5 m, o que resulta num acréscimo de ≈30 quercíneas/ha aos povoamentos existentes (que apresentam um valor médio de 200 árvores/ha), gerando conseqüentemente um incremento de 15% na capacidade de absorção de carbono. No entanto, considerando o tempo de desenvolvimento destas árvores, esta compensação só poderá ser contabilizada na Fase de Exploração do projeto.

Quadro 2.22 – Perdas de biomassa devido desmatagem e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução das valas para a colocação da tubagem de rega e implantação das infraestruturas pontuais (estação elevatória e reservatório).

Classe de Uso do Solo	Área Afetação (ha)	Carbono médio perdido t CO ₂ eq
Áreas artificializadas	0,259	---
Culturas anuais de regadio	4,637	10,53

Classe de Uso do Solo	Área Afetação (ha)	Carbono médio perdido t CO ₂ eq
Culturas anuais de sequeiro e pastagens	20,920	90,93
Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas *	9,484	483,55
Florestas de azinheira *	0,003	0,17
Florestas de eucalipto	0,099	8,06
Linhas de água e vegetação ripícola	0,616	---
Matos	0,053	2,644
Montado *	6,716	199,71
Olivais de regadio	0,712	415,03
Olivais de sequeiro	11,872	
Planos de água	0,047	---
Povoamento de quercíneas *	1,828	137,70
Vinhas	0,223	2,64
Total	55,246	1 353,4

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 47,86 kg CO₂ eq pela utilização de gasóleo,
- 1 353,4 t CO₂ eq de perda de biomassa,

a ação de “Desmatação e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas” será responsável pela emissão de 1 401,25 t CO₂ eq.

2.2.3.3 Aproveitamento Fotovoltaico

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE relacionados com as atividades de desmatação e decapagem dos terrenos, e tendo por base o conhecimento de empreitadas de construção de dimensão e características semelhantes, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com:

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 8 500 litros de gasóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do **consumo de gasóleo** na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*).

O cálculo do consumo de gasóleo foi realizado considerando a área de trabalho e que uma máquina tem capacidade de processar 2 ha/dia (8 horas por dia), e um consumo de gasóleo de 15 l/h. Assim, foi estimado o valor de gasóleo consumido em 8 500 l.

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação apresentam-se no **Quadro 2.20**, totalizando 23 t CO₂, e cerca de 1 kg CH₄ e 9 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 8 500 l.

Quadro 2.23 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatção e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
8 500	22,8	1,3	8,8

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que as emissões de GEE associadas à utilização de combustível e emissões diretas da ação em estudo 25,1 t CO₂ eq/ano, o que, durante 3 meses preconizados de mobilização do solo, perfaz um total de 6,3 t CO₂ eq.

Componente natural

A componente natural, nesta ação, tem associada uma afetação do sumidouro de carbono, resultante da desmatção e/ou decapagem da área delimitada para a central fotovoltaica terrestre. Esta afetação poderá ser considerada como temporária, dado que, após instalação dos painéis, e tal como preconizado no **Plano de Integração Paisagística da CSF Terrestre (DT 04 do presente RECAPE)** o recobrimento do solo será possível recorrendo a herbáceas e não deixando o solo a descoberto (tendo sido considerado que a classe de uso do solo equiparável é “pastagens”). Nas restantes áreas afetadas (associadas à instalação da subestação, do edifício dos inversores e os apoios da linha de muito alta tensão)

Para estes cálculos utilizaram-se as taxas de crescimento anual presentes no *National Inventory Report*. As compatibilizações entre classes (levantadas no EIA no âmbito do fator ambiental “Usos do Solo” e as classes presentes no NIR) encontram-se apresentadas de seguida no **Quadro 2.21**. Estes valores foram depois multiplicados pelas respetivas áreas de afetação, sendo possível obter os resultados do **Quadro 2.22**.

Quadro 2.24 – Compatibilização das classes de uso do solo e as classes existentes no NIR.

Classes Usos do Solo	Classes NIR	Crescimento anual t C/(ha.ano)
Culturas anuais de sequeiro e pastagens	70% - <i>Rainfed and annual crops</i>	0,58
	30% - <i>All grasslands</i>	1,92
Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas	60% - <i>Rainfed and annual crops</i>	0,58
	40% - <i>Quercus spp.</i>	1,66
Olivais de sequeiro	<i>Olive groves</i>	0,24
Florestas de eucalipto	<i>Eucalyptus spp.</i>	3,59
Montado*	<i>Quercus rotundifolia</i>	1,07

No caso dos "Usos do Solo" que incluem quercíneas (assinalados no **Quadro 2.22** com um "**") a referida afetação será compensada fora da área de estudo do RECAPE do AHFM do Crato, considerando o adensamento de povoamentos já existentes. Tendo por base o estipulado no Documento Técnico específico (**DT01** do presente **RECAPE**), que apresenta o **Plano de Compensação das Quercíneas**, o adensamento será efetuado num compasso de 18,5x18,5 m, o que resulta num acréscimo de ≈30 quercíneas/ha aos povoamentos existentes (que apresentam um valor médio de 200 árvores/ha), gerando conseqüentemente um incremento de 15% na capacidade de absorção de carbono. No entanto, considerando o tempo de desenvolvimento destas árvores, esta compensação só poderá ser contabilizada na Fase de Exploração do projeto.

Quadro 2.25 – Perdas de biomassa devido desmatamento e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução das infraestruturas.

Classe de Uso do Solo	Área Afetação (ha)	Carbono médio perdido t CO ₂ eq/ano
Culturas anuais de sequeiro e pastagens	76,38	102,23
Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas	71,6	89,90
Olivais de sequeiro	8,57	0,33
Florestas de eucalipto	0,2	0,83
Montado *	0,25	0,29
Total	156,99	193,58

Considerando que o solo deverá ficar desprovido de qualquer vegetação ao longo de toda a fase de construção (24 meses), a perda de sequestro de carbono atinge os 354,9 t CO₂ eq.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 6,28 kg CO₂ eq pela utilização de gasóleo,

– 354,90 t CO₂ eq de perda de biomassa,

a ação de “Desmatamento e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas” será responsável pela emissão de 361,18 t CO₂ eq.

2.2.4 Execução da barragem do Pisão e respetivos órgãos hidráulicos anexos (incluindo central hidroelétrica) e exploração de áreas de empréstimo e depósito de materiais sobrantes

2.2.4.1 Infraestruturas Primárias

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE na fase de construção, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e valores estimados para cada tipologia de intervenção.

As emissões de GEE foram determinadas, sempre que possível, utilizando os fatores de cálculo e as metodologias de cálculo constantes no NIR (APA, 2021⁸).

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 480 000 litros de gasóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.4**, acima apresentado.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.9**, totalizando 1 285 t CO₂, 73 kg CH₄ e 0,001 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 480 000 l.

Quadro 2.26 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
480 000	1 284,7	72,8	0,001

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 1 286,8 t CO₂ eq/ano, o

que corresponde à emissão de um total de 25 595,4 t CO₂ eq ao longo dos 23 meses de construção destas infraestruturas.

Consumo de energia elétrica

Relativamente às emissões indiretas da produção de eletricidade consumida na fase de construção, foi assumido o fator de emissão de GEE de 0,151 t CO₂ eq./MWh, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021 (APA, 2023⁹). Para o período de duração de 23 meses, e estando previsto um consumo mensal de 375 MWh de eletricidade, o consumo total de energia atingirá os 4 500 MWh, sendo a estimativa de emissões indiretas de GEE associadas à eletricidade consumida de 15 628,5 t CO₂ eq.

Consumo de matérias de construção civil (aço e betão)

Emissões indiretas associadas à produção de materiais utilizados na obra, com um consumo estimado de 41 190 m³ de betão e de 3 689 t de aço.

- Consumo de betão

Para o betão utilizado na obra, foram contabilizadas as emissões associadas à produção de cimento. Perante a ausência de indicações específicas no projeto, foi considerado um betão com classe de exposição XC1/XC2 na avaliação de impactes, por ser este adequado a ambiente permanentemente húmido ou húmido. Face às aplicações de betão armado necessárias ao projeto (e.g., APEB, 2022¹⁷), foi assumido um cimento CEM I ou CEM II/A, com aproximadamente 240 kg/m³.

A produção de cimento em Portugal é realizada em seis instalações, todas dedicadas à produção de cimento Portland segundo método seco. As emissões de CO₂ associados ao uso do betão são contabilizadas tendo em conta:

- A produção de clínquer, mais especificamente ao processo de decarbonização através do qual os carbonatos de cálcio e magnésio presentes no calcário são convertidos em óxido de cálcio e óxido de magnésio (APA, 2021⁸).
- O consumo de energia utilizado na sua produção.

Ainda que o NIR mencione uma estimativa de emissões de CO₂ da produção de clínquer baseada no consumo de matérias-primas e em fatores de emissão específicos das instalações (abordagem *Tier 3*), a informação necessária a tal cálculo não é aí apresentada por motivos de confidencialidade (APA, 2021⁸).

¹⁷ APEB (2022). *Guia do Betão*. Documento preparado pela Comissão Técnica da Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto. Abril de 2022.

Perante esta omissão, são realizadas estimativas indiretas das emissões de CO₂ decorrentes do uso de cimento pelo projeto (abordagem *Tier 1*), consideram a percentagem de clínquer incorporada apresentada pelas empresas produtoras de cimento, assim como o fator de emissão de CO₂ específico do clínquer, apresentado por IPCC (2006)¹⁸, e apresentado no **Quadro 2.10**.

Quadro 2.27 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE de processo da produção de betão (adaptado de APA, 2021⁸, APEB, 2022¹², CIMPOR, 2023¹⁹ e SECIL, 2022²⁰).

Material	Conteúdo em cimento (kg/m ³)	Incorporação de clínquer no cimento (%)	Fator de emissão de CO ₂ (t/t clínquer)
Betão	240	95	0,52

Assumindo os valores acima apresentados, as emissões indiretas de GEE resultantes do processo da produção de betão são apresentadas no **Quadro 2.11**, totalizando 4 327 t CO₂, para uma estimativa de consumo de betão de 50 960 m³.

Quadro 2.28 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas o processo da produção de betão.

Consumo de betão (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
50 960	60,4

Para as emissões resultantes do consumo de energia na produção de cimento em Portugal, estas decorrem do uso de coque de petróleo e combustíveis alternativos, incluindo pneus, resíduos industriais e biomassa. Por questões de confidencialidade, o NIR não apresenta fatores de emissão neste contexto (APA, 2021⁹). Assim, os dados utilizados nesta contabilização tiveram origem em informação disponibilizada pelas principais empresas produtoras de cimento (e.g., CIMPOR, 2023¹⁴; SECIL, 2022¹⁵), de onde foram obtidos fatores de emissão para a estimativa das emissões totais (diretas) geradas na produção de cimento, usando uma abordagem de produção *Tier 1* (**Quadro 2.12**).

Quadro 2.29 – Informação utilizada no cálculo de emissões indiretas de GEE totais da produção de betão na fase de construção, associada ao consumo de energia (adaptado de APEB, 2022¹², CIMPOR, 2023¹⁴ e SECIL, 2022¹⁵).

Material	Conteúdo em cimento (kg/m ³)	Incorporação de clínquer no cimento (%)	Fator de emissão de CO ₂ eq (t/t clínquer)
Betão	240	95	0,855

¹⁸ IPCC (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

¹⁹ CIMPOR (2023). disponível em <https://www.cimpor.com/-/cem-ii-b-l-32-5-n> e consultado em dezembro de 2023

²⁰ SECIL (2022) *Sólidos na evolução - relatório de sustentabilidade*.

Assim, as emissões indiretas de GEE totais associadas ao consumo de energia na produção de betão são apresentadas no **Quadro 2.13**, totalizando 7 115 t CO₂ eq., para uma estimativa de consumo de betão de 50 960 m³.

Quadro 2.30 – Consumo e emissões indiretas de GEE calculadas para o consumo de energia na produção de betão.

Consumo de betão (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
50 960	99,3

- Consumo de aço

As emissões de GEE resultantes da produção de aço foram estimadas para a sua produção, tendo sido multiplicado o consumo de aço por um fator de emissão (*Tier 1*). Embora o NIR preconize a abordagem de balanço de carbono para a estimativa das emissões do processo de produção de aço, a informação de quantidades de matérias-primas utilizadas por unidade de produto não se encontra disponível. Importa também referir que não são apresentadas consumos de energia por unidade de produto.

O processo de produção de aço em Portugal é, desde 2002, o do Forno de Arco Elétrico (FAE), utilizando como matérias-primas principais sucata de aço e chapas metálicas, que contabilizaram aproximadamente 92% em 2021 (MEGASA, 2021²¹). Este método utiliza como principal fonte de energia a energia elétrica e, em fração minoritária, combustíveis gasosos. As emissões do processo de produção de aço em FAE resultam principalmente de aditivos de carbono como elétrodos de grafite, antracite e do consumo de coque (APA, 2021⁸).

Desta forma, para a estimativa das emissões associadas à produção do aço utilizado no projeto foi utilizada a informação apresentada no **Quadro 2.14**.

Quadro 2.31 – Informação para o cálculo de emissões indiretas de GEE de produção de aço (fator de emissão implícito considerando a abordagem de balanço de carbono).

Material	Processo	Fator de emissão de CO ₂ (t/t aço)
Aço	FAE	0,84

As emissões indiretas de GEE totais associadas à produção de aço na fase de construção são apresentadas no **Quadro 2.15**, totalizando 5 712 tCO₂, para uma estimativa de consumo de aço de 6 800 t.

²¹ MEGASA (2021). Grupo MEGASA: Relatório de sustentabilidade - ano de 2021.

Quadro 2.32 – Consumo de aço e emissões indiretas de GEE estimadas para a produção de aço na fase de construção.

Consumo de aço (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
3 689	3 098,9

Não se preconiza que as atividades associadas às ações de construção civil para instalação das infraestruturas hidráulicas (rede de rega, estação elevatória e reservatório) afetem a componente natural, logo, assume-se que capacidade de sumidouro de carbono se mantém intacta.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 1 286,8 t CO₂ eq pela utilização de gasóleo,
- 679,5 t CO₂ eq pela utilização de energia elétrica,
- 159,8 t CO₂ eq pela utilização de betão,
- 3 098,8 t CO₂ eq pela utilização de aço,

a ação de “Execução da barragem do Pisão e respetivos órgãos anexos” será assim responsável pela emissão de 5 224,8 t CO₂ eq.

2.2.5 Escavação e aterro para instalação das centrais solares fotovoltaicas em terra

2.2.5.1 Aproveitamento Fotovoltaico

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE relacionados com as atividades de desmatagem e decapagem dos terrenos, e tendo por base o conhecimento de empreitadas de construção de dimensão e características semelhantes, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com:

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 8 500 litros de gasóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do **consumo de gasóleo** na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*).

O cálculo do consumo de gasóleo foi realizado considerando a área de trabalho e que uma máquina tem capacidade de processar 2 ha/dia (8 horas por dia), e um consumo de gasóleo de 15 l/h. Assim, foi estimado o valor de gasóleo consumido em 8 500 l.

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação apresentam-se no **Quadro 2.20**, totalizando 23 t CO₂, e cerca de 1 kg CH₄ e 9 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 8 500 l.

Quadro 2.33 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatção e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
8 500	22,8	1,3	8,8

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que as emissões de GEE associadas à utilização de combustível e emissões diretas da ação em estudo 25,1 t CO_{2 eq}/ano, o que, durante 8 meses preconizados para o desenvolvimento dessa ação, perfaz um total de 16,7 t CO_{2 eq}.

2.2.6 Instalação da linha elétrica de interligação

2.2.6.1 Aproveitamento Fotovoltaico

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE relacionados com as atividades de desmatção e decapagem dos terrenos, e tendo por base o conhecimento de empreitadas de construção de dimensão e características semelhantes, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com:

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 1 300 litros de gasóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*).

O cálculo do consumo de gasóleo foi realizado considerando a área de trabalho e que uma máquina tem capacidade de processar 2 ha/dia (8 horas por dia), e um consumo de gasóleo de 15 l/h. Assim, foi estimado o valor de gasóleo consumido em 1 300 l.

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação apresentam-se no **Quadro 2.20**, totalizando 23 t CO₂, e cerca de 0,2 kg CH₄ e 1,3 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 1 300 l.

Quadro 2.34 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatção e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
1 300	3,5	0,2	1,3

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que as emissões de GEE associadas à utilização de combustível e emissões diretas da ação em estudo 3,8 t CO₂ eq/ano, o que, durante 6 meses e meio preconizados para o desenvolvimento dessa ação, perfaz um total de 2,1 t CO₂ eq.

2.2.7 Escavação, aterro de valas e colocação de condutas

2.2.7.1 Infraestruturas de Regadio

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE na fase de construção, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e valores estimados para cada tipologia de intervenção.

As emissões de GEE foram determinadas, sempre que possível, utilizando os fatores de cálculo e as metodologias de cálculo constantes no NIR (APA, 2021⁸).

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 2 x 10⁶ litros de gasóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.4**, acima apresentado.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.9**, totalizando 5 353 t CO₂, 0,3 t CH₄ e 2,1 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 2 x 10⁶ l.

Quadro 2.35 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (t/ano)	Emissões de N ₂ O (t/ano)
2 000 000	5 353	0,3	2,1

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 5 909 t CO_{2 eq}/ano, o que corresponde à emissão de um total de 11 326 t CO_{2 eq} ao longo dos 23 meses de construção destas infraestruturas.

Consumo de energia elétrica

Relativamente às emissões indiretas da produção de eletricidade consumida na fase de construção, foi assumido o fator de emissão de GEE de 0,151 t CO_{2 eq}./MWh, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021 (APA, 2023⁹). Para o período de duração de 23 meses, e estando previsto um consumo mensal de 1,32 MWh de eletricidade, o consumo total de energia atingirá os 30 MWh, sendo a estimativa de emissões indiretas de GEE associadas à eletricidade consumida de 58,2 t CO_{2 eq}.

Consumo de matérias de construção civil (aço e betão)

Emissões indiretas associadas à produção de materiais utilizados na obra, com um consumo estimado de 41 190 m³ de betão e de 6 684 t de aço.

- Consumo de betão

Para o betão utilizado na obra, foram contabilizadas as emissões associadas à produção de cimento. Perante a ausência de indicações específicas no projeto, foi considerado um betão com classe de exposição XC1/XC2 na avaliação de impactes, por ser este adequado a ambiente permanentemente húmido ou húmido. Face às aplicações de betão armado necessárias ao projeto (e.g., APEB, 2022²²), foi assumido um cimento CEM I ou CEM II/A, com aproximadamente 240 kg/m³.

²² APEB (2022). *Guia do Betão*. Documento preparado pela Comissão Técnica da Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto. Abril de 2022.

A produção de cimento em Portugal é realizada em seis instalações, todas dedicadas à produção de cimento Portland segundo método seco. As emissões de CO₂ associados ao uso do betão são contabilizadas tendo em conta:

- A produção de clínquer, mais especificamente ao processo de descarbonização através do qual os carbonatos de cálcio e magnésio presentes no calcário são convertidos em óxido de cálcio e óxido de magnésio (APA, 2021⁸).
- O consumo de energia utilizado na sua produção.

Ainda que o NIR mencione uma estimativa de emissões de CO₂ da produção de clínquer baseada no consumo de matérias-primas e em fatores de emissão específicos das instalações (abordagem *Tier 3*), a informação necessária a tal cálculo não é aí apresentada por motivos de confidencialidade (APA, 2021⁸).

Perante esta omissão, são realizadas estimativas indiretas das emissões de CO₂ decorrentes do uso de cimento pelo projeto (abordagem *Tier 1*), consideram a percentagem de clínquer incorporada apresentada pelas empresas produtoras de cimento, assim como o fator de emissão de CO₂ específico do clínquer, apresentado por IPCC (2006)²³, e apresentado no **Quadro 2.10**.

Quadro 2.36 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE de processo da produção de betão (adaptado de APA, 2021⁸, APEB, 2022¹², CIMPOR, 2023²⁴ e SECIL, 2022²⁵).

Material	Conteúdo em cimento (kg/m ³)	Incorporação de clínquer no cimento (%)	Fator de emissão de CO ₂ (t/t clínquer)
Betão	240	95	0,52

Assumindo os valores acima apresentados, as emissões indiretas de GEE resultantes do processo da produção de betão são apresentadas no **Quadro 2.11**, totalizando 4 327 t CO₂, para uma estimativa de consumo de betão de 36 500 m³.

Quadro 2.37 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas o processo da produção de betão.

Consumo de betão (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
36 500	4 327

No que respeita às emissões resultantes do consumo de energia na produção de cimento em Portugal, estas decorrem do uso de coque de petróleo e combustíveis alternativos, incluindo

²³ IPCC (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

²⁴ CIMPOR (2023). disponível em <https://www.cimpor.com/-/cem-ii-b-l-32-5-n> e consultado em dezembro de 2023

²⁵ SECIL (2022) *Sólidos na evolução - relatório de sustentabilidade*.

pneus, resíduos industriais e biomassa. Por questões de confidencialidade, o NIR não apresenta fatores de emissão neste contexto (APA, 2021⁹). Assim, os dados utilizados nesta contabilização tiveram origem em informação disponibilizada pelas principais empresas produtoras de cimento (e.g., CIMPOR, 2023¹⁴; SECIL, 2022¹⁵), de onde foram obtidos fatores de emissão para a estimativa das emissões totais (diretas) geradas na produção de cimento, usando uma abordagem de produção *Tier 1* (**Quadro 2.12**).

Quadro 2.38 – Informação utilizada no cálculo de emissões indiretas de GEE totais da produção de betão na fase de construção, associada ao consumo de energia (adaptado de APEB, 2022¹², CIMPOR, 2023¹⁴ e SECIL, 2022¹⁵).

Material	Conteúdo em cimento (kg/m ³)	Incorporação de clínquer no cimento (%)	Fator de emissão de CO ₂ eq (t/t clínquer)
Betão	240	95	0,855

Assim, as emissões indiretas de GEE totais associadas ao consumo de energia na produção de betão são apresentadas no **Quadro 2.13**, totalizando 7 115 t CO₂ eq., para uma estimativa de consumo de betão de 36,5 x 10³ m³.

Quadro 2.39 – Consumo e emissões indiretas de GEE calculadas para o consumo de energia na produção de betão.

Consumo de betão (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
36 500	7 115

- Consumo de aço

As emissões de GEE resultantes da produção de aço foram estimadas para a sua produção, tendo sido multiplicado o consumo de aço por um fator de emissão (*Tier 1*). Embora o NIR preconize a abordagem de balanço de carbono para a estimativa das emissões do processo de produção de aço, a informação de quantidades de matérias-primas utilizadas por unidade de produto não se encontra disponível. Importa também referir que não são apresentadas consumos de energia por unidade de produto.

O processo de produção de aço em Portugal é, desde 2002, o do Forno de Arco Elétrico (FAE), utilizando como matérias-primas principais sucata de aço e chapas metálicas, que contabilizaram aproximadamente 92% em 2021 (MEGASA, 2021²⁶). Este método utiliza como principal fonte de energia a energia elétrica e, em fração minoritária, combustíveis gasosos. As emissões do processo de produção de aço em FAE resultam principalmente de aditivos de carbono como elétrodos de grafite, antracite e do consumo de coque (APA, 2021⁸).

²⁶ MEGASA (2021). Grupo MEGASA: Relatório de sustentabilidade - ano de 2021.

Desta forma, para a estimativa das emissões associadas à produção do aço utilizado no projeto foi utilizada a informação apresentada no **Quadro 2.14**.

Quadro 2.40 – Informação para o cálculo de emissões indiretas de GEE de produção de aço (fator de emissão implícito considerando a abordagem de balanço de carbono).

Material	Processo	Fator de emissão de CO ₂ (t/t aço)
Aço	FAE	0,84

As emissões indiretas de GEE totais associadas à produção de aço na fase de construção são apresentadas no **Quadro 2.15**, totalizando 5 712 tCO₂, para uma estimativa de consumo de aço de 6 800 t.

Quadro 2.41 – Consumo de aço e emissões indiretas de GEE estimadas para a produção de aço na fase de construção.

Consumo de aço (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
6 800	5 712

Não se preconiza que as atividades associadas às ações de construção civil para instalação das infraestruturas hidráulicas (rede de rega, estação elevatória e reservatório) afetem a componente natural, logo, assume-se que capacidade de sumidouro de carbono se mantém intacta.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 11 325,6 t CO_{2 eq} pela utilização de gasóleo,
- 58,2 t CO_{2 eq} pela utilização de energia elétrica,
- 11 442 t CO_{2 eq} pela utilização de betão,
- 5 712 t CO_{2 eq} pela utilização de aço,

a ação de “Escavação, aterro e execução de valas para colocação da rede de rega, execução das infraestruturas hidráulicas pontuais (estação elevatório e reservatório) e utilização de acessos provisórios para a realização dos trabalhos de construção e beneficiação/reposição de acessos existentes” será assim responsável pela emissão de 28 537,8 t CO_{2 eq}.

2.3 FASE DE EXPLORAÇÃO

2.3.1 Presença, exploração e manutenção da barragem do Pisão e órgãos anexos, incluindo central hidroelétrica

Consumo de gasóleo, eletricidade

2.3.1.1 Infraestruturas Primárias

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE para as atividades de manutenção das infraestruturas, o impacte deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos:

Consumo de gasóleo

Para as emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo para a ação referente às ações de manutenção a realizar, foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), constando do **Quadro 2.4** (acima apresentado) a informação de base para o cálculo das emissões.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.1**, totalizando 5,4 t CO₂, 0,3 kg CH₄ e 2,1 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 2 000 l.

Quadro 2.42 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
2 000	5,4	0,3	2,1

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de exploração será responsável pela emissão direta de GEE de 5,9 t CO_{2 eq}/ano, algo que, ao longo dos 25 anos de vida útil do Projeto, se repercute em 295,4 t CO_{2 eq}.

Produção de energia renovável

Do funcionamento da central mini-hídrica será possível produzir um total de 570 MWh/ano. Tomando o valor de 0,151 t CO_{2 eq}/MWh como fator de emissão de GEE, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021 (APA, 2023⁹), foi estimado que se evitem indiretamente 86,1 t CO_{2 eq}/ano. Considerando o tempo de vida útil dos painéis (25 anos), é expectável que se evitem 4 304 t CO_{2 eq}.

2.3.2 Alteração do regime de caudais na ribeira de Seda

2.3.2.1 Infraestruturas Primárias

As emissões de CH₄ resultam, sobretudo, das condições anóxicas no sedimento. As emissões de metano são geralmente maiores em massas de água com elevada carga de matéria orgânica, e/ou alta produção interna de biomassa e baixa concentração de oxigénio. As emissões de CH₄ podem, assim, ser consideradas uma consequência direta da criação de massas de água paradas, variando espacialmente e no tempo.

De uma forma geral, as áreas inundadas são fontes naturais de CH₄, com estimativas²⁷ de emissões de 55-150 Tg CH₄ ano⁻¹. De acordo com o *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Capítulo 7 – *Wetlands*, estas emissões variam de acordo com o tipo de clima e área inundada. Para um clima temperado quente e seco (característico da área de estudo) estimam-se, a partir de diversos estudos²⁸, emissões diárias de CH₄ que rondem os 0,044 kg CH₄ ha⁻¹.

De acordo com este mesmo documento, Capítulo 7 – *Wetlands*, no cálculo das emissões anuais de CH₄ para reservatórios com até 20 anos de operação, em áreas que são posteriormente inundados, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$F_{CH_4 tot} = F_{CH_4 res} + F_{CH_4 downstream},$$

onde $F_{CH_4 res}$ representa as emissões anuais superficiais de CH₄ do reservatório a construir (kg CH₄ ano⁻¹) e $F_{CH_4 downstream}$ representa as emissões de CH₄ emitidas a jusante do reservatório (kg CH₄ ano⁻¹). Para lidar com a falta de dados, o cálculo dessas componentes foi realizado utilizando a metodologia Tier 1, que considera:

$$F_{CH_4 res} = EF_{CH_4 age < 20, j} * A_{tot j, i} \text{ e}$$

$$F_{CH_4 downstream} = F_{CH_4 res} * R_{d, i}.$$

O fator de emissão $EF_{CH_4 age < 20, j}$ considera diferentes zonas climáticas (j) que, no caso, foi igualado a 195,6 kg CH₄ ha⁻¹ year⁻¹. O fator $A_{tot j, i}$ representa a área superficial total ocupada pela albufeira, em hectares, e o número de reservatórios a considerar (i). Por fim, o fator $R_{d, i}$

²⁷ Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. and Dokken D.J. (Eds.) (2000). Special Report of the IPCC on Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Cambridge University Press, UK. pp 375.

²⁸ Therrien, J., Tremblay, A. and Jacques, R. (2005). CO₂ Emissions from Semi-arid Reservoirs and Natural Aquatic Ecosystems. In Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm et M. Garneau (Eds.). Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 233-250.

Therrien, J. (2004). Flux de gaz à effet de serre en milieux aquatiques - Suivi 2003. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. présenté à Hydro-Québec. 52 p. et annexes.

Soumis, N., Duchemin, É., Canuel, R. and Lucotte, M. (2004). Greenhouse gas emissions from reservoirs of the western United States, *Global Biogeochem. Cycles*, 18, GB3022, doi:10.1029/2003GB002197.

foi considerado constante (dada a abordagem apresentada na *Tier 1*) e igual a 0,09, representa o rácio de CH₄ da emissão total a jusante da barragem quando comparado com o fluxo total de CH₄ da superfície do reservatório.

Assim, estima-se que para a albufeira deste projeto, as emissões anuais de CH₄ se possam aproximar de 154,6 t CH₄/ano. Considerando o tempo de vida útil do Projeto, que é de 50 anos, é possível contabilizar a emissão total de 7 728,3 t CH₄ que é equivalente a 216 393,7 t CO₂ eq.

2.3.3 Presença, utilização e manutenção da rede viária

2.3.3.1 Infraestruturas Primárias

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE para as atividades de manutenção das infraestruturas, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos:

Consumo de gasóleo

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), constando do **Quadro 2.4** (acima apresentado) a informação de base para o cálculo das emissões.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.1**, totalizando 5 t CO₂, 0,3 kg CH₄ e 2,1 kg N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 2 x 10³ l.

Quadro 2.43 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.

Consumo de combustível (l)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
2 000	5,4	0,3	2,1

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de exploração será responsável pela emissão direta de GEE de 5,9 t CO₂ eq/ano, algo que, ao longo dos 50 anos de vida útil do Projeto, se repercute em 295,4 t CO₂ eq.

2.3.3.2 Infraestruturas de Regadio

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE para as atividades de manutenção das infraestruturas, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos:

Consumo de gásóleo

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gásóleo foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), constando do **Quadro 2.4** (acima apresentado) a informação de base para o cálculo das emissões.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.1**, totalizando 5 t CO₂, 0,3 kg CH₄ e 2,1 kg N₂O, para um consumo de gásóleo estimado de 2 x 10³ l.

Quadro 2.44 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.

Consumo de combustível (l)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
2 000	5,4	0,3	2,1

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gásóleo nesta ação da fase de exploração será responsável pela emissão direta de GEE de 5,9 t CO₂ eq/ano, algo que, ao longo dos 50 anos de vida útil do Projeto, se repercute em 295,4 t CO₂ eq.

2.3.3.3 Aproveitamento Fotovoltaico

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE para as atividades de manutenção das infraestruturas, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos:

Consumo de gásóleo

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gásóleo foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE

(abordagem de referência *Tier 1*), constando do **Quadro 2.4** (acima apresentado) a informação de base para o cálculo das emissões.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.1**, totalizando 0,3 t CO₂, 0,02 kg CH₄ e 0,12 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 120 l.

Quadro 2.45 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
120	0,3	0,02	0,12

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de exploração será responsável pela emissão direta de GEE de 0,4 t CO₂ eq/ano, algo que, ao longo dos 25 anos de vida útil do Projeto, se repercute em 8,9 t CO₂ eq.

2.3.4 Presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório e rede de rega

2.3.4.1 Infraestruturas de Regadio

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE para as atividades de manutenção das infraestruturas, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e valores estimados para cada:

Consumo de energia elétrica

Foi previsto que a operação da estação elevatória implique um consumo anual de 4 453 MWh. Tomando o valor de 0,151 t CO₂ eq/MWh como fator de emissão de GEE, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021 (APA, 2023⁹), foi estimado que as emissões indiretas de GEE associadas à eletricidade consumida contabilizem 672,4 t CO₂ eq/ano. Considerando um tempo de vida útil do AHFM de 50 anos, perfaz-se um total de 33 620 t CO₂ eq.

Componente natural

A área onde se implantará a estação elevatória é atualmente responsável pelo sequestro anual de 2,76 t CO₂ eq (**Quadro 2.46**). Considerando a compensação de quercíneas a realizar, de acordo com o explicitado acima [ver 1.1.2 Ação: *Desmatagem e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas (rede rega, estação elevatória, reservatório)*], haverá um acréscimo na capacidade de sumidouro a rondar as 0,06 t CO₂ eq/ano.

Relativamente à rede de rega (*i.e.*, condutas) a instalar, foi assumido (**Quadro 2.46**) que os Usos do Solo arborizados irão ser transformados – de forma a não comprometer a integridade das infraestruturas – em matos²⁹, culturas anuais de regadio, culturas anuais de sequeiro e pastagens. Desta forma, verifica-se uma redução da captação de carbono de 63,85 t CO₂eq/ano; (172,95 vs 109,10 t CO₂eq/ano) no entanto, ao considerar a compensação a realizar para as quercíneas, foi estimado um acréscimo anual de sumidouro na ordem das 2,76 t CO₂eq/ano; a estimativa final de balanço total será de redução da captação de carbono em 61,09 t CO₂eq/ano.

Quadro 2.46 – Evolução do sumidouro anual de C por uso do solo nas infraestruturas de rega.

Classes Usos do Solo	Classes NIR adotadas	Crescimento anual tCO ₂ eq/(ha.ano)	Área ocupada pela Estação elevatória		Área ocupada pelas Condutas	
			(atual)	(futuro)	(atual)	(futuro)
			Sequestro C t CO ₂ eq/ano		Sequestro C t CO ₂ eq/ano	
Culturas anuais de regadio	CL2 <i>Irrigated annual crops</i>	2,14	---	---	9,90	35,15
Culturas anuais de sequeiro e pastagens	CL1 <i>Rainfed and annual crops (1/3 da área)</i>	2,14	---	---	102,18	5,51
	GL1 <i>Grasslands (2/3 da área)</i>	7,03				
Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas	CL1 <i>Rainfed and annual crops (3/4 da área)</i>	2,14	---	---	18,10	---
	FL7 <i>Quercus spp</i> ³⁰ (1/4 da área)	1,23				
Olivais de regadio	CL5 <i>Olive groves</i>	0,89	---	---	11,18	---
Olivais de sequeiro						
Vinhas	CL4 <i>Vineyards</i>	0,99	---	---	0,22	---
Florestas de azinheira	FL6 <i>Quercus rotundifolia</i>	1,23	---	---		---
Florestas de eucalipto	FL4 <i>Eucalyptus</i>	13,15	---	---	1,30	---
Montado	FL6 <i>Quercus rotundifolia (1/2 da área)</i>	1,23	2,76	---	27,74	---
	GL1 <i>Grassland (1/2 da área)</i>	7,03				
Povoamento de quercíneas	FL 7 <i>Quercus spp</i> ³⁰	1,23	---	---	2,24	---
Matos	GL2 <i>shrubland</i>	1,86	---	---	0,10	68,44
TOTAL			2,76	---	172,95	109,10

²⁹ A opção de assumir a conversão em matos, decorre deste uso de solo ser, entre os considerados, o mais semelhante a um terreno baldio, já que durante a exploração do AHFM do Crato a áreas de implantação das condutas não poderá ter nenhuma utilização com estrato arbóreo.

³⁰ Assumindo que são exclusivamente sobreiro (*Q. suber*) e/ou azinheira (*Q. rotundifolia*).

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 33 620 t CO_{2 eq} pela utilização de energia elétrica ao longo de um tempo de vida útil estimado de 50 anos do AHFM,
- a redução do sumidouro de carbono de 61,09 t CO_{2 eq}/ano (que, considerando o tempo de vida útil do Projeto de 50 anos, perfaz um total de 3 054 t CO_{2 eq}),

a ação de “Presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária”, deverá ser responsável pela emissão de 36 674,7 t CO_{2 eq}.

2.3.5 Atividade de regadio

2.3.5.1 Infraestruturas de Regadio

Consumo de gasóleo

As atividades associadas à ação Atividade de Regadio envolvem uma variedade considerável de maquinaria que consome gasóleo (e.g., tratores, pulverizadoras, ceifeiras, motobombas, motosserras e motoroçadoras), pelo que se esperam emissões de GEE decorrentes do seu uso. Assim para as presentes estimativas foi considerado um consumo de gasóleo anual, tendo por base a experiência da equipa de consultores nas principais culturas que estão previstas³¹ serem implementadas no AHFM do Crato.

Uma vez mais, as emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), constando do **Quadro 2.4** (acima apresentado) a informação de base para o cálculo das emissões.

Desta forma, as emissões diretas de GEE associadas à ação Atividade de Regadio no **Quadro 2.47**, totalizando 1 764 t CO₂, 0,1 t CH₄ e 1,8 kg N₂O, para um consumo de gasóleo anual estimado de 659 280 litros para os 5 494 ha.

³¹ Importa referir que em algumas das áreas a beneficiar já são presentemente ocupadas por culturas agrícolas de regadio, não existindo contudo informação sobre consumos de gasóleo.

Quadro 2.47 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para as atividades de regadio.

Consumo de combustível (l)	Emissões de CO ₂ (t)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de N ₂ O (kg)
659 280	1 764	0,1	1,8

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gásóleo nesta ação da fase de exploração será responsável pela emissão direta de GEE de 1 767,8 t CO₂ eq/ano. Considerando um tempo de vida útil do AHFM de 50 anos, perfaz-se um total de 88 392 t CO₂ eq.

Relativamente à atividade de regadio, foi assumido que o uso do solo na área a beneficiar pelos blocos de rega iria ter a evolução descrita no RECAPE do AHFM do Crato, tendo sido estimado que o sumidouro de carbono diminui em 2 810,91 t CO₂ eq/ano (15 404,35 t CO₂ eq/ano na situação atual *versus* 12 594,02 t CO₂ eq/ano – estimado após instalação dos blocos de rega).

Quadro 2.48 – Evolução do sumidouro anual de C por uso do solo nos blocos de rega.

Classes Usos do Solo	Classes NIR adotadas	Crescimento anual tCO ₂ eq/(ha.ano)	Área ocupada pelos Blocos de Rega	
			(atual) Sequestro C t CO ₂ eq/ano	(futuro) Sequestro C t CO ₂ eq/ano
Culturas anuais de regadio	CL2 <i>Irrigated annual crops</i>	2,14	2 554,53	555,05
Culturas anuais de sequeiro e pastagens	CL1 <i>Rainfed and annual crops</i> (1/3 da área)	2,14	10 041,03	8 772,77
	GL1 <i>Grasslands</i> (2/3 da área)	7,03		
Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas	CL1 <i>Rainfed and annual crops</i> (3/4 da área)	2,14	1 203,40	0,00
	FL7 <i>Quercus spp</i> ³⁰ (1/4 da área)	6,09		
Olivais de regadio	CL5 <i>Olive groves</i>	0,89	1 524,58	1 923,66
Olivais de sequeiro				
Vinhas	CL4 <i>Vineyards</i>	0,99	78,80	268,71
Florestas de azinheira	FL6 <i>Quercus rotundifolia</i>	1,23	0,98	0,00
Florestas de eucalipto	FL4 <i>Eucalyptus</i>	13,15	0,72	0,00
Montado	FL6 <i>Quercus rotundifolia</i> (1/2 da área)	1,23	0,62	0,00
	GL1 <i>Grassland</i> (1/2 da área)	7,03		
Povoamento de quercíneas	FL 7 <i>Quercus spp</i> ³⁰	6,09	0,01	0,00
Matos	GL2 <i>shrubland</i>	1,86	0,25	0,00

Classes Usos do Solo	Classes NIR adotadas	Crescimento anual tCO ₂ eq/(ha.ano)	Área ocupada pelos Blocos de Rega	
			(atual)	(futuro)
			Sequestro C t CO ₂ eq/ano	Sequestro C t CO ₂ eq/ano
Frutos secos	<i>Other permanent crops</i>	0,99	0,00	1 073,83
TOTAL			15 404,93	12 594,02

No entanto, ao ser considerada a compensação de quercíneas a realizar com os pressupostos acima identificados [ver 1.1.2 Ação: *Desmatção e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas (rede rega, estação elevatória, reservatório)*], verificar-se-á um aumento da retenção em 144,3 t CO₂eq/ano.

Acrescem ainda as emissões associadas à utilização de fertilizantes nos blocos de rega. Segundo a FAO³², por kg de N-fertilizante, são emitidos cerca de 6,2 kg de CO₂eq, sendo que em Portugal é estimado que sejam utilizados cerca de 49,85 kg N/ha / ano. Desta forma, a sua utilização corresponderá a uma emissão de 309 kg CO₂eq/ha. Considerando que os blocos de rega têm uma área total de 5 494 ha, as emissões decorrentes da sua aplicação serão aproximadamente 170 t CO₂eq/ano.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de

- 88 392,1 t CO₂eq pela utilização de gasóleo ao longo de um tempo de vida útil estimado de 50 anos do AHFM,
- o aumento do sumidouro de carbono de 144,3 t CO₂eq/ano (que, considerando o tempo de vida útil do Projeto de 50 anos, perfaz um total de 7 215 t CO₂eq de carbono captado extra pela compensação de quercíneas a realizar),
- a emissão de 170 t CO₂eq/ano pela utilização de fertilizantes (que, considerando o tempo de vida útil do Projeto de 50 anos, perfaz um total de 8 500 t CO₂eq),

a ação de “*Atividade de regadio*”, deverá ser responsável pela emissão de 89 677,1 t CO₂eq.

2.3.6 Presença, funcionamento e manutenção das centrais solares fotovoltaicas

Consumo de gasóleo (carros+barco), evitar emissões com produção de eletricidade verde

2.3.6.1 Aproveitamento Fotovoltaico

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE para as atividades de manutenção das infraestruturas, o impacte deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos:

^{32 32} Disponível em: <http://faostat.fao.org/>, consultado em setembro de 2023.

Consumo de gasóleo

Para as emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo para a ação referente à CSF Terrestre foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), constando do **Quadro 2.4** (acima apresentado) a informação de base para o cálculo das emissões.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.1**, totalizando 0,5 t CO₂, 0,03 kg CH₄ e 0,21 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 200 l.

Quadro 2.49 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
200	0,5	0,03	0,21

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de exploração será responsável pela emissão direta de GEE de 0,6 t CO_{2 eq}/ano, algo que, ao longo dos 25 anos de vida útil do Projeto, se repercute em 14,8 t CO_{2 eq}.

Para as emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo para a ação referente à CSF Flutuante foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*Water-Borne Navigation*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), constando do **Quadro 2.4** (acima apresentado) a informação de base para o cálculo das emissões.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.1**, totalizando 0,5 t CO₂, 0,05 kg CH₄ e 0,01 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 200 l.

Quadro 2.50 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (t/ano)	Emissões de CH ₄ (kg/ano)	Emissões de N ₂ O (kg/ano)
200	0,5	0,05	0,01

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de exploração será responsável pela emissão direta de GEE de 0,5 t CO_{2 eq}/ano, algo que, ao longo dos 25 anos de vida útil do Projeto, se repercute em 13,5 t CO_{2 eq}.

Produção de energia renovável

Do funcionamento das CSF (Terrestre e Flutuante) será possível produzir um total de 256,4 GWh/ano (15,7 MWh na CSF Flutuante e 256 400 MWh/ano na CSF Terrestre). Tomando o valor de 0,151 t CO_{2 eq}/MWh como fator de emissão de GEE, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021 (APA, 2023⁹), foi estimado que se evitem indiretamente 38 718,77 t CO_{2 eq}/ano. Considerando o tempo de vida útil dos painéis (25 anos), é expectável que se evitem 967 969 t CO_{2 eq}.

Libertação de SF6

Não obstante dos equipamentos elétricos terem gases do tipo fluorados (SF₆), existem tecnologias em alguns dos equipamentos que poderão ser de outro tipo permitindo a redução dos gases mencionados através da tecnologia de isolamento no ar. Esta solução, no entanto, dependerá da escolha do empreiteiro e da tecnologia disponível à data. Os gases em questão têm vindo a ser alvo de alguma legislação da União Europeia, tendo como objetivo minimizar a sua utilização. Assim sendo, existe uma grande evolução por parte da oferta de materiais dos fornecedores de equipamentos.

Relativamente à questão da estimativa solicitada, a quantidade de gás dependerá do equipamento específico a considerar, sendo que seguem abaixo alguns exemplos estimados para os equipamentos principais incluídos neste projeto:

- Disjuntor exterior para tensão de 400 kV: depósito para 40 kg de gás SF₆;
- Cella média tensão interior para tensão de 30 kV: 1 kg de gás SF₆ por cela (existindo 81 no total do aproveitamento fotovoltaico).

De forma a considerar o pior cenário possível, em que todos os gases se libertam dos respetivos equipamentos, é possível contar com a emissão de 2 890 t CO_{2 eq} (considerando que o GWP do SF₆ é de 23 500 kg CO_{2 eq}/kg emitido).

2.3.7 Presença e manutenção da linha elétrica de interligação

2.3.7.1 Aproveitamento Fotovoltaico

Consumo de gasóleo

Tendo como base o conhecimento adquirido ao longo de vários projetos desta natureza, estimam-se emissões diretas provenientes de motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 100 litros de gasóleo.

Para determinação das emissões de GEE são utilizados, sempre que possível, os fatores e as metodologias de cálculo constantes no Relatório Nacional de Inventários (NIR – *National Inventory Report*, ver APA, 2021³³).

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.4**.

Quadro 2.51 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gasóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021⁸).

Combustível	Massa específica (kg/l)	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Fator de emissão de CH ₄ (kg/TJ)	Fator de emissão de N ₂ O (kg/TJ)
Gasóleo	0,84	43	74,1	4,2	28,6

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação estão sintetizadas no **Quadro 2.5**, totalizando 268 kg CO₂, 0,02 t CH₄ e 0,10 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 100 l (**Quadro 2.5**).

Quadro 2.52 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.

Consumo de combustível (l/ano)	Emissões de CO ₂ (kg/ano)	Emissões de CH ₄ (t/ano)	Emissões de N ₂ O (t/ano)
100	267,65	0,02	0,10

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da

³³ APA (2021). *National Inventory Report – Portugal*. Departamento de Alterações Climáticas (DCLIMA) da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 0,3 t CO₂ eq/ano que, considerando o horizonte de projeto de 25 anos, totaliza as emissões em 7,4 t CO₂ eq.

2.4 FASE DE DESATIVAÇÃO

No que respeita à **fase de desativação**, uma vez que o tempo de vida útil deste projeto é de várias décadas, não se afigura possível, nesta fase, gerar um cenário fiável no que diz respeito à fase de desativação deste projeto, que se assume passará pelo **desmantelamento integral e remoção das infraestruturas**, sendo seguidas e as boas práticas ambientais de tratamento de resíduos.

2.5 CONCLUSÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

2.5.1 Fase de construção

Com base no balanço apresentado no **Quadro 2.53**, conclui-se que todas as ações construtivas nas diversas fases de avaliação do AHFM do Crato resultarão na emissão de aproximadamente 31 mil toneladas de CO₂ eq. Conforme esperado, devido à magnitude das infraestruturas envolvidas, a maior parte das emissões de GEE ocorrerá durante a construção das infraestruturas secundárias.

Quadro 2.53 – Balanço da fase de construção para as várias fases de avaliação.

RECAPE	Emissões t CO ₂ eq
Infraestruturas Primárias	13 060,15
Infraestruturas de Regadio	17 438,17
Aproveitamento Fotovoltaico	567,96
Total	31 066,28

2.5.2 Fase de exploração

De acordo com o balanço no **Quadro 2.54**, todas as ações durante a fase de exploração do AHFM do Crato resultarão na captação de cerca de 700 mil toneladas de CO₂ eq. A produção de energias renováveis (256 GWh/ano) permitirá evitar a emissão de GEE indiretamente, devido à implantação das CSF (terrestre e flutuante) previstas.

Quadro 2.54 – Balanço da fase de exploração para as várias fases de avaliação.

RECAPE	Emissões t CO ₂ eq
Infraestruturas Primárias	150 854,31
Infraestruturas de Regadio	123 592,66
Aproveitamento Fotovoltaico	-959 629,47
Total	-685 182,50

2.5.3 Balanço global

Com base nos dados dos **Quadro 2.53** e no **Quadro 2.54**, conclui-se que:

- As emissões previstas para a fase de construção serão compensadas pela fase de exploração do AHFM do Crato, graças à utilização das CSF.
- A implementação do AHFM deverá funcionar como um mecanismo de retenção de CO₂, removendo aproximadamente 650 mil toneladas de CO₂ eq da atmosfera ao longo da exploração das centrais solares fotovoltaicas.



Rua do Mar da China, 1 - Escritório 2.4 • Parque das Nações, 1990-137 Lisboa • Portugal
Telefone (+351) 21 752 01 90 • Fax (+351) 21 752 01 99 • E-mail geral@aqualogus.com
www.aqualogus.com