

Fábrica Secil-Outão

Avaliação de Compatibilidade de Localização



AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE DE LOCALIZAÇÃO

ANEXO

Fábrica Secil-Outão

Projeto Waste Heat Recovery

Outão, Setúbal



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Índice

1.	Caracterização do Estabelecimento ou da alteração	1
1.1	Informação Sobre as “Substâncias Perigosas” Presentes no Estabelecimento	1
1.1.1	Características das Substâncias Perigosas	4
1.2	Descrição das atividades	5
1.2.1	Subprojecto 4 – Sun2Dry	6
1.3	Medidas de prevenção e mitigação	10
1.3.1	Medidas de Proteção e Intervenção para Limitar as Consequências de um Acidente	13
1.4	Medidas de contenção de derrames	14
1.4.1	Tratamento de Efluentes	15
1.4.2	Meios Absorventes	16
1.4.3	Planta da rede de drenagem de águas residuais, pluviais e/ou contaminadas	16
1.5	Planta geral do estabelecimento	17
2.	Identificação, seleção e análise dos possíveis cenários de acidente	18
2.1	Análise preliminar de perigos	19
2.1.1	Identificação de Fontes de Perigo Internas	19
2.1.2	Fontes de Risco Externas	23
2.2	Identificação dos potenciais cenários de acidente	25
2.3	Estimativa da frequência de ocorrência dos cenários de acidente identificados	27
2.4	Seleção de cenários de acidente	33
2.4.1	Árvores de Acontecimentos	34
2.5	Avaliação de Consequências	48
2.5.1	Introdução	48
2.5.2	Valores Limite - Definição de Zonas de Implantação	48
2.5.3	Critérios Gerais Empregues	49
2.5.4	Resultados dos cenários selecionados – modelizações no PHAST	50
2.6	Substâncias Perigosas para os Organismos Aquáticos	59
3.	Determinação das Zonas de Perigosidade	59
4.	Caracterização da vulnerabilidade da envolvente	60
4.1	Elementos construídos	60
4.2	Receptores ambientalmente sensíveis	61
4.2.1	Habitats	63
4.3	Uso, Classificações e Qualificações do solo	63
4.3.1	Plano Diretor Municipal de Setúbal	63
4.4	Carta da envolvente	64
5.	Conclusão	65



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

1. Caracterização do Estabelecimento ou da alteração

A Fábrica Secil-Outão, dedica-se à produção de cimento e situa-se em Setúbal, junto ao Rio Sado, em propriedade própria de 440 ha inserida no Parque Natural da Arrábida, na União de freguesias de Setúbal (resultante da união das antigas freguesias de Nossa Senhora da Anunciada, de Santa Maria da Graça e de São Julião) e concelho de Setúbal.

O projeto de alteração na SECIL Outão, designado por Projeto CCL - Clean Cement Line, o qual mereceu o estatuto de Projeto de Interesse Nacional (PIN com o nº 250-SECIL), agrega quatro subprojectos que vão implicar algumas alterações de instalações e equipamentos essencialmente ao nível da fase clínquerização do Forno 9, da Fábrica Secil-Outão. Parte deste projeto compreende a instalação de um sistema de WHR (Waste Heat Recovery).

O sistema WHR está destinado à produção de energia elétrica através de uma turbina que funciona por “ciclo de *rankine*”, mediante a circulação em circuito fechado de um fluido orgânico, o ciclopentano. Assim, devido à colocação deste fluido orgânico no sistema, o ciclopentano (CAS Nº 287-92-3, registo reach Nº01-2119463053-47), que segundo a legislação portuguesa é considerado uma substância perigosa, implica uma alteração das quantidades presentes no estabelecimento da fábrica da Secil Outão pelo que o projeto está sujeito ao regime de Avaliação de Compatibilidade de Localização (ACL), de acordo com a Diretiva Seveso. Com esta alteração o estabelecimento manter-se-á abrangido pelo regime de prevenção de acidentes graves, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de agosto, e enquadrado no nível inferior de perigosidade (NIP), ie sem alteração.

1.1 Informação Sobre as “Substâncias Perigosas” Presentes no Estabelecimento

No subprojeto do Energreen, umas das matérias-primas subsidiárias a utilizar, como solvente e catalisador, serão dois solventes Di-etileno glicol e 2-etil-hexnol e um ácido forte catalisador (por exemplo ácido alquil-sulfónico), os quais não apresentam características de perigosidade enquadradas na diretiva Seveso. Desse subprojeto Energren vai resultar um produto biofuel liquefeito (“Energreen”), que é um produto não perigoso, o qual não se enquadrando também na diretiva Seveso.

O óleo térmico Therminol 66 presente nos permutadores de calor para alimentação ao novo sistema WHR é uma substância não perigosa conforme informação da respetiva ficha de dados de segurança.

Assim, a única substância perigosa envolvida no projeto de alteração em análise é o ciclopentano, a utilizar como fluido de expansão na turbina de geração de eletricidade.

No Apêndice 2 inclui-se a Ficha de Dado de Segurança (FDS) da substância perigosa no âmbito da presente ACL, onde se encontram descritas todas as suas características relevantes.

A localização da substância perigosa encontra-se em planta no Apêndice 1 (cartografia).

Na tabela seguinte apresenta-se a identificação das substâncias perigosas presentes na fábrica SECIL Outão e o respetivo inventário:



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Tabela 1: CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAGEM DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS

Equipamento	Identificação em planta	Condições	Substância Perigosa	Categoria / Substância designada	Cap. Total (ton)
5 Reservatórios cilíndricos horizontais		Pressão 8 bar Temp. ambiente	Propano	Gases de Petróleo Liquefeitos Flam. Gas 1, H220 Press. Gas H280	35.39
Garrafas		Pressão 8 bar Temp. ambiente	Propano	Gases de Petróleo Liquefeitos Flam. Gas 1, H220 Press. Gas H280	0.2
Garrafas		Pressão 18 bar 15 °C	Acetileno	Acetileno Flam. Gas 1, H220	0.74
Garrafas		Pressão 200 bar 15 °C	Oxigénio gasoso	Oxigénio Ox. Gas 1, H270	1.56
Tanques de Armazenagem		Pressão atmosférica Temp. ambiente	Gasóleo	Produtos petrolíferos Flam.Liq.3, H226 Aquatic chronic 2, H411	50
Tanques de Armazenagem		Pressão atmosférica Temp. ambiente	Fuelóleo	Produtos petrolíferos Aquatic Chronic 1, H410	6120
Caixas		Pressão atmosférica Temp. ambiente	Senatel Ultrex	Expl. 1.1, H201	0.2
Caixas		Pressão atmosférica Temp. ambiente	Senatel Powerpac	Expl. 1.1, H201	0.4
Embalagens		Pressão atmosférica Temp. ambiente	Hipoclorito	Aquatic Acute 1, H400	0.7
Embalagens		Pressão atmosférica Temp. ambiente	Petroparts	Flam. Liq. 3:H226	0.47
Tanques de Armazenagem		Pressão atmosférica Temp. ambiente	RIP	Aquatic Chronic 1, H410	111



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Equipamento	Identificação em planta	Condições	Substância Perigosa	Categoria / Substância designada	Cap. Total (ton)
Tanque Auxiliar ¹	E6	Capacidade do Tanque: P = atm T = amb.	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	17,2 (capacidade física máxima)
		Carregamento inicial: P = atm T = amb.	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	13,1 (carregamento inicial)
		Durante operação normal: P = atm – 1,7 bar (max) T = amb.	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	1,2 (durante operação normal)
Total no Circuito fechado do WHR:	E	P = 1,697 – 34.5 bar T = amb. – 221 °C	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	11,9
Entrada no Módulo de Baixa Temperatura – 301 ⁽³⁾	E7	P = 32,971 bar T = 106 °C	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	5,5 ²
Entrada no Módulo de Alta Temperatura – 302 ³⁾	E7	P = 32,4 bar T = 221 °C	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	5,5 ²
Módulo de Alta Temperatura envio para Turbina - 303 ⁽³⁾	E2	P = 32,371 bar T = 221 °C	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	5,5 ²

¹ Este tanque apenas serve para carregar o sistema no início com as 13,1 tons de ciclopentano, e para poder em caso de manutenção invasiva fazer retornar/drenar o ciclopentano do sistema para o tanque. Durante o funcionamento normal do Sistema de Waste Heat Recovery, este tanque conterá apenas 1,2 tons de ciclopentano, e este fluido estará offline, completamente estanque do resto do circuito de funcionamento do sistema do grupo turbo-gerador.

² Como o grupo turbogerador está dividido em 2 secções (secção de alta-pressão e secção de baixa-pressão), a quantidade máxima de ciclopentano que poderia estar presente no circuito de alta-pressão é de de 5,5 tons e de 6,4 tons no circuito de baixa-pressão. Assim, esta é a quantidade máxima que poderia escapar neste equipamento/parte do circuito num qualquer evento de catástrofe objeto do estudo.

³ Estes valores P e T correspondem aos valores normais de operação naquela parte do circuito.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Equipamento	Identificação em planta	Condições	Substância Perigosa	Categoria / Substância designada	Cap. Total (ton)
Saída dos aerocondensadores e entrada no grupo de bombagem – 304 ⁽³⁾	E3-E4	P = 1,697 bar T = 62 °C	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	6,4 ²
Saída do grupo de bombagem – 305 ⁽³⁾	E4-E3	P = 34,5 bar T = 64 °C	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	5,5 ²
Saída Turbina para Entrada dos aerocondensadores – 307 ⁽³⁾	E5	P = 1,736 bar T = 74 -128 °C	Ciclopentano	Flam. Liq. 2:H225	6,4 ²

Fonte: fornecedor do sistema turbo-gerador e ORC Turboden/Mitsubishi.

1.1.1 Características das Substâncias Perigosas

As substâncias do ponto de vista da regulamentação relativa a Prevenção de Acidentes Graves (Directiva Seveso), relevantes do ponto de vista do projeto de alteração é o Ciclopentano, que não é tóxico, mas por ser um hidrocarboneto está classificado com categoria de perigo de líquidos inflamáveis.

As substâncias inflamáveis são aquelas que apresentam um ponto de inflamação acima da temperatura à qual se encontram. A ignição só se poderá produzir, quando a mistura comburente-combustível se encontre numa determinada gama de concentração, e na presença de uma fonte de ignição. A gama de concentração é delimitada pelo Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) e pelo Limite Superior de Inflamabilidade (LSI).

O ciclopentano é um líquido incolor à pressão e temperatura ambiente, e que devido a ser um hidrocarboneto tem um odor semelhante a gasolina. Trata-se de um líquido estável, não comburente, com densidade de 745 kg/m³ (densidade de valor 2.42 vezes a densidade do ar). O seu ponto de ebulição é de 50 °C e o ponto de inflamação de -7 °C. A sua temperatura de auto-ignição é de 361 °C. A sua solubilidade em água é muito baixa e de 156 mg/l a 25 °C. O seu tempo de vida no ar é muito baixo, pois tem um tempo de meia vida (DT50) de 2,18h.

Os limites de inflamabilidade do ciclopentano variam com concentração entre 1.5% e 8.7%, no ar à temperatura ambiente, sendo esta gama um pouco mais apertada, no ponto de ebulição.

O Ciclopentano surgiu há cerca de 20 anos devido às suas propriedades de amigo da camada do ozono e veio substituir o uso de hidro-fluorcarbonetos (HFCs) na fabricação de isolamentos térmicos para frigoríficos e congeladores.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização



Figura ## - Frigorífico com Ciclopentano à venda numa loja de eletrodomésticos no Centro Comercial Colombo em Lisboa

Atualmente, para além desse uso, é usado como fluido orgânico para turbinas de geração elétrica, também é usado na fabricação de resinas, isolamentos, fertilizantes e indústria farmacêutica.

O ciclopentano não é letal para a vida humana a menos que seja ingerido. Neste caso, não haverá exposição de trabalhadores ao fluido pois a sua utilização será em circuito hermético e fechado. Para além disso, no interior do edifício do grupo turbogerador, haverá sensores de controlo a 10% do limite inferior de exposição (LIE), que em caso de deteção, acionam o alarme, maximizam a ventilação e promovem uma paragem de emergência em segurança do sistema.

1.2 Descrição das atividades

Estando no âmbito do presente estudo a instalação de um sistema de WHR (*Waste Heat Recovery*) a descrição apresentada neste capítulo focar-se-á no projeto de alteração referido que leva à alteração de inventário.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

O sistema de WHR (*Waste Heat Recovery*) está associado a uma componente do Subprojeto 4 –Sun2Dry:

- Instalação de sistema de captação e filtragem dos gases quentes da torre de ciclones e do novo arrefecedor de grelha, e instalação de permutadores de calor (de óleo térmico) para alimentação ao novo sistema WHR (*Waste Heat Recovery*) destinado à produção de energia elétrica através de turbina que funciona por “ciclo de rankine”.

1.2.1 Subprojecto 4 – Sun2Dry

O projeto consiste na instalação de sistema de captação do calor contido nos gases quentes da torre de pré-aquecimento e do novo arrefecedor de grelha para produção de energia elétrica através de um novo sistema WHR (*Waste Heat Recovery*).

Refira-se mais uma vez que todas as tecnologias que permitam recuperar o calor excedente dos fornos, em especial das zonas de arrefecimento (ar quente) ou da torre de pré-aquecimento, são referenciadas no BREF CLM do setor como MTD para reduzir/minimizar o consumo de energia térmica primária.

1.2.1.1 *Waste Heat Recovery (WHR)*

Este sistema de aproveitamento de calor para produção de energia elétrica prevê a captação do gases de exaustão do processo, na torre de pré-aquecimento e ar quente no arrefecedor de clínquer, a captar para 2 permutadores de calor que transferirão a energia térmica do processo de fabrico de cimento, para um óleo térmico (Therminol 66) que circula num circuito fechado entre estes e uma unidade de geração de energia elétrica, o “*Turbogerador ORC*” (*ORC, vulgo Organic Rankine Cycle, ou seja, Ciclo Orgânico de Rankine*).



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

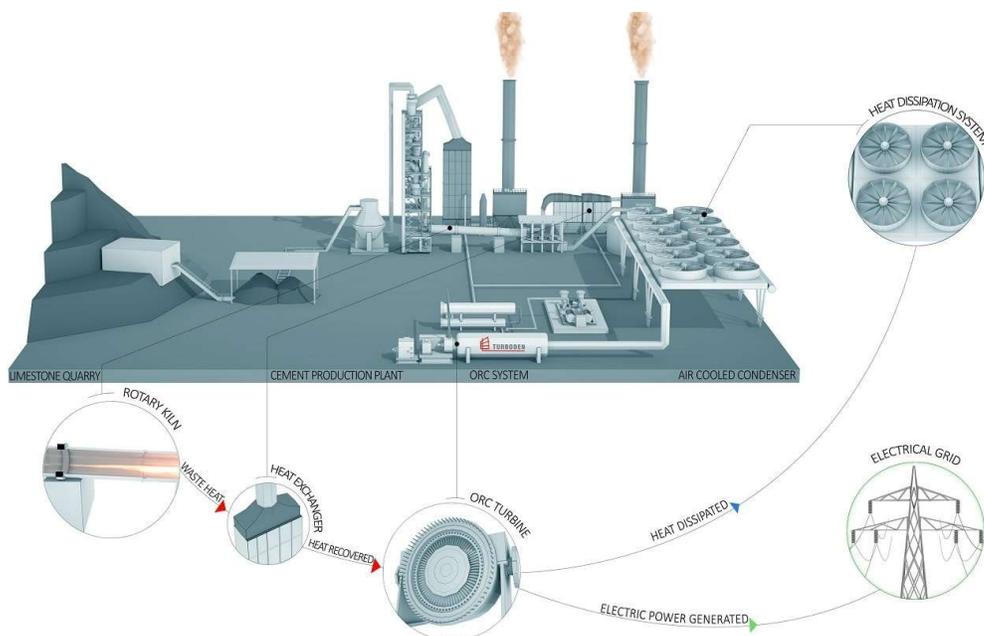


Figura ## - Integração de um sistema WHR com tecnologia ORC numa fábrica de cimento (Fonte: Site Turboden <https://www.turboden.com/solutions/1053/waste-heat-recovery>, consultado a 10.12.2021)

Para a interação entre o sistema WHR e a linha de fabrico de cimento, será necessário criar circuitos (e válvulas on/off para poder funcionar com e sem o sistema WHR) de captação do calor do processo, na torre de ciclones e no novo arrefecedor, e encaminhamento por tubagem para os permutadores de calor, antes da sua exaustão para a atmosfera através da chaminé.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

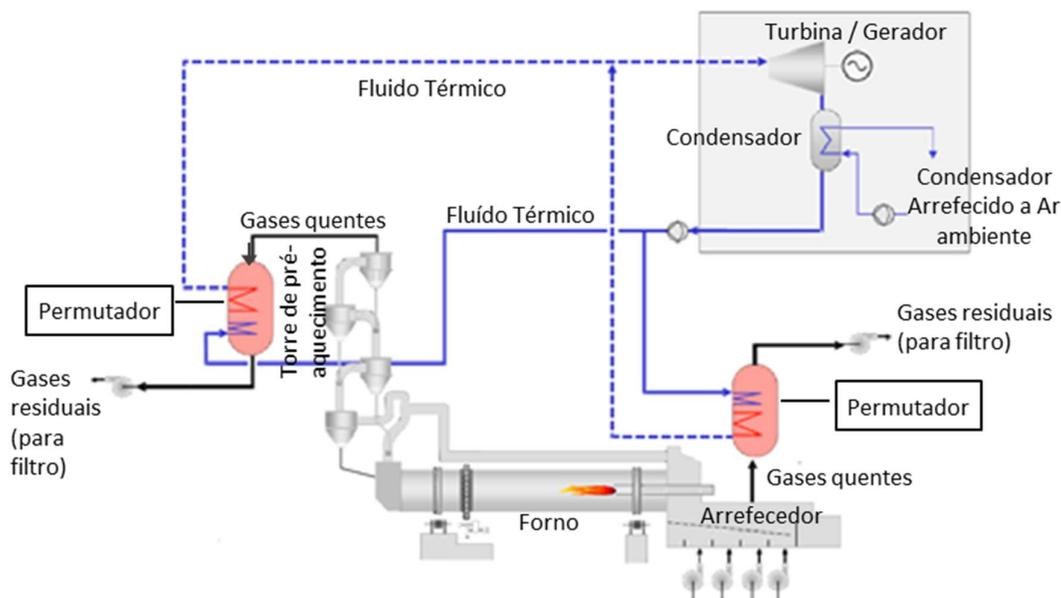


Figura ## - Esquema de funcionamento do WHR e interação com o processo de fabrico de cimento

O sistema não consome qualquer combustível, apenas aproveita o calor remanescente que de outra forma seria perdido nos gases que vão para a chaminé. Os permutadores de calor são retangulares e funcionam recebendo os gases quentes que são direcionados para entrar em contacto com um sistema de serpentinas por onde circula em circuito fechado um fluido térmico. O fluido térmico (óleo térmico Therminol 66), é primeiro aquecido no permutador de calor associado ao arrefecedor e no permutador de calor associado ao campo solar, sendo encaminhado de seguida para o permutador associado à torre de ciclones, funcionando sempre em circuito fechado. Da torre de pré-aquecimento, o fluido térmico é transportado para fornecer calor ao Turbogenerador ORC.

De referir que o óleo térmico Therminol 66 é uma mistura não classificada como perigosa. Prevê-se uma quantidade de óleo térmico no sistema de 161,5 m³, sendo que existirá um depósito metálico para o seu acondicionamento instalado em bacia de retenção adequada.

Os gases que saírem do permutador associado ao sistema da torre de pré-aquecimento serão encaminhados por tubagens para o sistema de despoeiramento, de volta ao circuito já existente do filtro de processo. O permutador de calor associado ao novo arrefecedor funciona de forma similar, sendo que os gases do arrefecedor, após passarem no permutador de calor associado ao arrefecedor, são encaminhados para um novo filtro de mangas associado ao arrefecedor, e depois deste filtro de mangas, são encaminhados para a nova chaminé associada ao arrefecedor.

Na interface com o circuito do Turbogenerador ORC (Ciclo Orgânico de Rankine), o óleo térmico entrará quente (~300° C) e sairá mais frio (~100° C), sendo encaminhado nas tubagens de retorno de volta aos permutadores de calor com os gases de exaustão do processo de



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

cimento. O óleo térmico quente irá permutar calor com o circuito fechado da turbina, que por sua vez acionará o gerador produzindo energia elétrica.

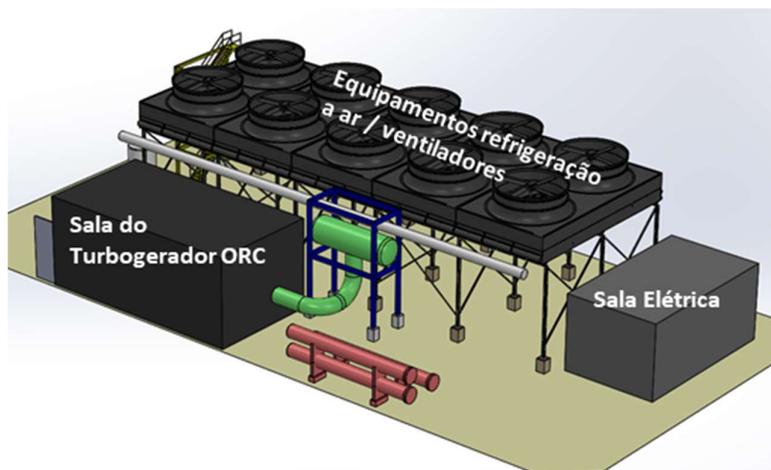


Figura 1 - Perspetiva do Turbogenerador ORC a instalar

O Sistema do **Turbogenerador ORC** consistirá num equipamento compacto que funcionará por ciclo termodinâmico chamado de “ciclo de Rankine” convertendo calor em energia mecânica usando em circuito hermético e fechado no seu interior um fluido específico. A **turbina do sistema ORC funciona em ciclo hermético e fechado com um fluido orgânico de expansão (ciclopentano)**, estando definido o enchimento inicial com $17,6 \text{ m}^3$ (ver tabela do quadro 1, ou seja, de 13.1 t , considerando a sua densidade específica de $0,745 \text{ g/cm}^3$). Por isso o sistema do **Turbogenerador ORC** prevê também a instalação de um condensador com arrefecimento a ar ambiente (“Aero-condensador”), sem consumo de água, que permitirá a condensação do fluido orgânico; uma bomba para pressurização do fluido orgânico já na fase líquida e um permutador de calor entre o óleo térmico e o fluido orgânico, que irá evaporar este último por ação do calor recebido, enviando-o por sua vez à turbina, completando-se assim o ciclo de Rankine.

Prevê-se que a turbina produza anualmente cerca de 50 GWh, tendo em conta que o objetivo deste sistema é garantir a geração em cerca de 30% das necessidades de energia elétrica da linha de produção de clínquer.

1.2.1.2 Tanque Auxiliar

O sistema do **Turbogenerador ORC** dispõe de um sistema auxiliar de drenagem/armazenagem de fluido de trabalho (ciclopentano), que consiste em:

- Tanque auxiliar de Ciclopentano horizontal de $28,5 \text{ m}^3$;
- Bomba de carga de fluido de trabalho (ciclopentano);
- Linha de tubagem de ligação do Tanque auxiliar ao circuito fechado do turbo-gerador;
- Válvulas de operação e enchimento;



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

- Instrumentação e Dispositivos de segurança.

O Tanque auxiliar de ciclopentano tem como função receber o fluido de trabalho para o carregamento inicial do sistema (ou para operações de reenchimento), e em caso de manutenção invasiva à turbina, que requeira o esvaziamento do sistema, se poder fazer retornar o fluido ao tanque. Pelo que em operação normal, o tanque se encontra vazio ou com um inventário baixo, e que neste caso será de 1,2 tons.

1.3 Medidas de prevenção e mitigação

Os princípios gerais que se aplicaram para as fases de projeto e construção das instalações O sistema de WHR na Secil Outão foram:

- - Módulos de Baixa e Alta Temperatura: Permutadores de Calor Tubulares em Aço Carbono, desenhados de acordo com a norma EN13445_2014 e TEMA Class “C”, e corpo de Aço Carbono de Caldeira P 355 NH EN 10028-3 conforme a Norma EN 13445 + PED 2014/68/EU com isolamento térmico a instalar no exterior.
- - Regenerador: Permutadores de Calor Tubulares em Cobre ou Alumínio e tubuladuras em liga Cobre/Níquel 90-10, desenhados de acordo com a norma ASME VIII div. 1, e corpo de Aço Carbono de Caldeira P 355 NH EN 10028-3 conforme a Norma EN 13445 + PED 2014/68/EU com isolamento térmico a instalar no exterior.
- - Condensador: Aerocondensadores, constituídos por tubulares em Aço Carbono e palhetas em alumínio sob ventiladores, desenhados de acordo com a norma ASME BPVC Section VIII Div. 1. A estrutura de suporte dos Aerocondensadores será em Aço Carbono e serão construídos no exterior.
- - Turbina: Turbomáquina axial de multi-etapas com um único involucro. O design, desenvolvimento, fabricação, testes e certificação deste grupo turbogerador foi realizado em conformidade e cumprimento de todas as diretivas comunitárias aplicáveis, incluindo o código anti-sísmico para Portugal (local de instalação em Setúbal). O equipamento conta com proteção de excesso de velocidade e vibrações (ISSO 10816-3). Será instalado num edifício de estrutura de vigas metálicas e paredes em painéis metálicos com isolamento térmico e acústico.
- - Tanque Auxiliar: Com 28,5 m³ de capacidade, construído em aço carbono, de acordo com a norma EN-13445 e instalado no interior de uma bacia de retenção em betão com 30 m³ de capacidade, no exterior da instalação.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

- U E ainda, utilização de normas e recomendações específicas para este tipo de instalações de geração elétrica assim como regulamentos locais e outras especificações aplicados a equipamentos e tubagens estanques ou sobre pressão:

Âmbito de Aplicação	Norma
<i>Tubagem metálica (processo)</i>	Aço carbono para altas pressões EN 13480, ou ASME B31.3 ; Directiva 2014/68/EU
<i>Materiais</i>	EN 10204 + EN 13445-2 or EN 13480-2 ou ASME BPVC secção II
<i>Tubos</i>	Aço carbono para altas pressões conforme norma ASME B31.3 ; Directiva 2014/68/EU.
<i>Acessórios</i>	ASME B16.9
<i>Flanges</i>	Aço carbono para altas pressões ASME B16.5 ; EN 10241
<i>Soldadura de equipamento pressurizado</i>	ISO 9606-1 + EN 15607 ou ASME BPVC secção IX
<i>Soldadura de estruturas em aço</i>	ISO 9606-1 + EN 15607
<i>Qualificação de operadores NDE</i>	ISO 9712 ou ASNT SNT-TC-1A
<i>Atmosferas Explosivas</i>	IEC EN 60079-10-1 IEC EN 60079-14
<i>Critérios gerais de protecção contra sobre-pressão</i>	EN 764
<i>Anomalias de processo</i>	API 521 / ISO 23251
<i>Dimensionamento de dispositivos de segurança de pressão</i>	ISO 4126
<i>Avaliação e redução de risco de maquinaria</i>	ISO 12100 + ISO 14121-2
<i>Segurança funcional</i>	IEC EN 61511 IEC EN 62061
<i>Componentes de sistemas de controlo relacionados com segurança</i>	ISO 13849
<i>Requisitos gerais para o dimensionamento e construção de protectores móveis</i>	EN 953
<i>Meios de acesso a maquinaria permanentes</i>	ISO 14122
<i>Bombas</i>	EN ISO 5199
<i>Avaliação de vibrações de máquinas</i>	ISO 10816-3
<i>Trabalho de fluido hidráulico</i>	EN 4413
<i>Classificação de condições ambientais</i>	IEC EN 60721-3-3 IEC EN 60721-3-4
<i>Ruído</i>	EN ISO 11201 EN ISO 3746 EN ISO 9614-2
<i>Corrosion protection of steel structures by protective paint systems</i>	EN ISO 12944-2
<i>Electro-magnetic compatibility</i>	IEC EN 31000-2-12 IEC EN 61000-6-2 IEC EN 61000-6-4

- Os Circuitos elétricos protegidos com grau IP55, segundo a norma EN-60529;

Como soluções específicas de segurança do sistema estão instaladas, entre outras:

- Todo o sistema de WHR bem como o grupo turbogerador funcionam em operação automática, e são continuamente monitorizados por operadores e um Sistema de Controlo Centralizado, sem necessidade de intervenção direta de operadores;



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

- Sistemas automáticos de Paragem de Emergência da Turbogeração por meio de PLC de segurança, independente do Sistema de Controlo, que param a bomba de alimentação, equilibram / aliviam a pressão, param e isolam a Turbina e os circuitos de circulação do Ciclopentano.
- Gerador de emergência, destinado a garantir as necessidades de eletricidade ao sistema do WHR quando há uma paragem de emergência ou há uma paragem do gerador.
- Sensores de medição da temperatura do ar exterior do grupo turbogeração, já que o sistema apenas funciona no intervalo de temperaturas do ar ambiente entre 0°C e 40 °C; fora deste intervalo, o sistema entra em modo de segurança e procede ao seu desligamento seguro de forma automática (Paragem de Emergência);
- Sensor de monitorização em contínuo do nível de pressão e quantidade de ciclopentano no sistema (sensor situado à entrada da bomba de alimentação de ciclopentano). Este sensor é fundamental para o funcionamento e segurança de todo o sistema, já que ele também está parametrizado para detetar variações de 1,2 t no nível de ciclopentano; assim no caso hipotético de acidente com rompimento ou rotura de uma qualquer tubagem /componente do grupo turbogeração, este sensor provoca a paragem do sistema, e no máximo em até 15 segundos ocorreria uma Paragem de Emergência do Sistema.
- Sensores de temperatura e válvulas de segurança nos circuitos de alta pressão do sistema WHR, calibradas segundo ou abaixo, da pressão de desenho dos mesmos, nomeadamente à saída do evaporador e sobreaquecedor, na entrada do regenerador (secção de baixa pressão), no topo do tanque auxiliar de ciclopentano;
- O edifício do grupo turbogeração tem sistema de ventilação com controlo de temperatura e pressão que mantém o edifício dentro do intervalo dos parâmetros de segurança definidos. No caso da temperatura / pressão dentro do edifício saírem fora do intervalo de segurança, o sistema entra em alarme e promove uma Paragem de Emergência do Sistema.
- O Turbogeração ORC (Turbina e Gerador elétrico) será instalado no interior de um edifício construída para o efeito; este edifício tem Sistema de deteção de fluido orgânico, com deteção a 10% do LIE, que aciona o alarme, promove a maximização da ventilação e efetua a Paragem de Emergência do sistema WHR;
- Bomba de circulação do Ciclopentano e turbogeração, protegidos com duplo selo mecânico;
- Instalação com um Sistema de vácuo para remoção de ar e gases não condensados, que possa entrar nos circuitos de circulação do Ciclopentano;
- Sistemas de enclausuramento das flanges do circuito de Ciclopentano classificados de acordo com a norma Europeia EN1127-1 como estanqueidade durável, de modo a reduzir possíveis fugas de produto;
- Sistemas fixos de injeção de Azoto no interior do tanque de auxiliar, para neutralizar quaisquer fugas de Ciclopentano.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

1.3.1 Medidas de Proteção e Intervenção para Limitar as Consequências de um Acidente

A Planta de Gestão da Emergência da Secil Outão n.º J-1494-3 contém a localização dos equipamentos de combate a incêndio fixos incluindo a rede de incêndio armada e que é incluído no Anexo 1 o plano FSO.016.F.000266-PGE_Equipamentos e Dispositivos SCIE Exteriores.

1.3.1.1 Rede de incêndio armada (RIA)

A localização do sistema do ORC (circuito do ciclopentano) já foi escolhida afastada do resto das edificações industriais. A instalação possui um conjunto de bocas-de-incêndio do tipo carretel devidamente sinalizadas, encontrando-se o seu manípulo de manobra a altura não superior a 1,50m. Os carretéis existentes são do tipo de rodar e encastrados em armário. As restantes bocas-de-incêndio são do tipo teatro possuindo todas elas materiais de apoio (mangueiras e agulhetas) para combate a incêndios. O fornecimento de água é permanente, e efetuado através de grupo de bombagem próprio alimentado por um tanque dedicado. O grupo de bombagem é composto por uma bomba jockey, um motor elétrico e um motor diesel, construído conforme as normas CEPREVEN.

1.3.1.2 Hidrantes e bocas-de-incêndio

Os hidrantes encontram-se salientes em relação ao solo ou fixos á estrutura onde se encontram e possuem vulgarmente três tomadas de água. Uma na frente com acoplamento do tipo storz e diâmetro de junção DN 70mm, e duas laterais com acoplamento do tipo storz, com diâmetro de junção DN 52mm.

As bocas-de-incêndio existentes são na sua maioria do tipo BIA, possuem acoplamento do tipo storz, com diâmetro de junção DN 52mm. Algumas delas são de mangueira flexível enroladas em carretel, outras possuem um armário com material contra incêndio na sua proximidade. Nas plataformas dos fornos existem duas bocas-de-incêndio com acoplamento do tipo storz e diâmetro de junção DN 52mm.

Os carretéis de calibre reduzido encontram-se no interior de armários apropriados. Todos eles têm uma mangueira com 25m de comprimento, diâmetro de 25mm, e agulheta de débito regulável acoplada.

Está previsto instalar uma boca de incêndio de 70mm de diâmetro nas imediações do Edifício da Turbina, bem como a instalação de sprinklers no topo do edifício da Turbina, sendo que o próprio edifício tem uma resistência ao fogo REI 60, e sistema de ventilação desenhado para manter a temperatura e pressão no interior do edifício num intervalo de segurança. Este sistema de sprinklers é do tipo Pré-Ação, podendo o acionamento do sistema ser via PLC, automático eléctrico (ou deteção por infravermelhos) ou manual. Este sistema automático tem a versatilidade para utilização em caso de incêndio, ou em caso de acidente com libertação de ciclopentano em vapor, já que a ação dos sprinklers provocaria a deposição no solo do gas evitando a sua dispersão para a atmosfera. Este sistema de Acção-Prévia justifica-se e é utilizado normalmente para instalações onde os danos causados pela água (ou fluido para extinção), por roturas ou fugas nas tubagens, possam causar tantas ou mais perdas que o



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

próprio fogo. Nas proximidades do local do projeto existem hidrantes da rede de incêndios da Fábrica da Secil Outão.



Não menos importante, será a instalação dentro do edificio da turbina de extintores de espuma e CO2 (dadas as características elétricas dos equipamentos).

1.4 Medidas de contenção de derrames

O risco de perda de contenção de Ciclopentano será reduzido uma vez que esta substância será acondicionadas em sistemas de contenção próprios e estanques. O ciclopentano é o fluido de trabalho da turbina, pelo que circula apenas dentro do equipamento e nas tubagens estanques dentro da área designada de ORC (ver planta FSO.GEN.C.000691 e documento anexo 2 - ORC Circuito Ciclopentano).

A turbina (e o ciclopentano) têm uma vida útil de cerca de 25 anos, pelo que não há substituição de ciclopentano durante a sua vida útil.

No caso de alguma avaria grave à turbina, e que seja necessario realizar alguma manutenção invasiva à turbina, o ciclopentano é enviado para o tanque auxiliar do ciclopentano. O



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

tanque/reservatório auxiliar que pode servir para armazenamento nestas circunstâncias pontuais é completamente estanque. Para além de ser estanque contém também uma bacia de retenção.

A localização do sistema do ORC (circuito do ciclopentano) já foi escolhida afastada do resto das edificações industriais (~50 m). Todo o perímetro da zona do ORC (circuito do ciclopentano), incluindo a zona de descarga de Ciclopentano encontra-se impermeabilizada com piso em betão:

- e todo este perímetro de 1200 m² (incluindo os 150 m² do edifício da turbina) tem uma lãncil de 20 cm / caleira coberta com grelha metálica destinada a conter e encaminhar qualquer derrame para um tanque de retenção (ver anexo 2 – ORC Circuito do Ciclopentano) com capacidade para 30 m³.
- O tanque auxiliar contém também uma bacia de retenção própria com capacidade para 30 m³.
- No caso da secção da Turbina e sua tubagem de interligação ao Módulo de Alta Temperatura e ao Regenerador, uma vez que será instalada no interior de um edifício, o próprio edifício conterà o derrame.
- No edifício da turbina /nesta zona estão também disponíveis baldes metálicos (~20 litros/kg) com areia destinados a reter/absorver uma eventual perda do tipo goteira.
- Na fábrica estão também disponíveis, bidons metálicos com areia com capacidade de absorção de até ~500 kg/litros.
- A Secil dispõe também nas suas instalações do Outão caixas metálicas com areia, com 2 m³ de capacidade para conter/absorver o produto.
- Se necessário a Secil também poderá recorrer a veículos pesados com areia, para descarga no local de um eventual derrame, com capacidade para absorver todo o produto (por exemplo os 28,5 m³ da capacidade do tanque).

Realça-se mais uma vez a natureza do ciclopentano, pois tem um tempo de meia vida (DT50) de 2,18h, em que um derrame se evaporará, dificultando a sua recolha.

No final o produto poderá ser bombeado para o interior de cisternas móveis, de modo a ser encaminhado para um gestor de resíduos.

Em nenhuma circunstância, o ciclopentano será encaminhado para a rede de efluentes da fábrica.

1.4.1 Tratamento de Efluentes

A Fábrica SECIL-Outão dispõe de três redes distintas de águas residuais:

- a) Rede separativa de águas residuais domésticas;
- b) Rede unitária, de águas residuais domésticas e pluviais;
- c) Rede de descarga de águas de refrigeração (captação superficial).



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

As águas residuais domésticas lançadas na rede a) são conduzidas a diversos sistemas de tratamento, constituídos por fossas sépticas seguidas de poços absorventes e mini-ETAR's, sendo a descarga final efetuada no solo.

A descarga final das águas residuais lançadas na rede b) é efetuada em sete pontos distintos (Ribeira da Fonte Cercada, Ribeira da Melra e Estuário do Sado). As águas residuais domésticas tratadas em fossas sépticas e mini-ETAR são posteriormente lançadas nas sub-redes de drenagem designadas em função do ponto de descarga. (Dois meios recetores diretos: meio hídrico (Estuário do Rio Sado e Ribeira da Melra) e solo).

Em nenhuma circunstância, o ciclopentano será encaminhado para a rede de efluentes da fábrica.

1.4.2 Meios Absorventes

A fábrica da SECIL Outão dispõe de Absorventes Industriais, formados por elementos do tipo almofada, toalhete e rolos, armazenados nos locais de concentração.

Existem ainda absorventes de hidrocarbonetos em meio líquido do tipo rolos.

A bacia de retenção de líquidos dos reservatórios de fuelóleo e gasóleo, possui no seu interior dois bidões com areia para fazer a contenção de pequenos derrames de líquidos que aqui possam ocorrer. Todos os recipientes com areia possuem uma pá para proceder ao seu espalhamento se necessário.

Relativamente ao ORC, e conforme já referido no ponto 1.4 acima. No edifício da turbina /nesta zona estão também disponíveis baldes metálicos (~20 litros/kg) com areia destinados a reter/absorver uma eventual perda do tipo goteira.

- Na fábrica estão também disponíveis, bidons metálicos com areia com capacidade de absorção de até ~500 kg/litros.
- A Secil dispõe também nas suas instalações do Outão caixas metálicas com areia, com 2 m³ de capacidade para conter/absorver o produto.
- Se necessário a Secil também poderá recorrer a veículos pesados com areia, para descarga no local de um eventual derrame, com capacidade para absorver todo o produto (por exemplo os 28,5 m³ da capacidade do tanque).

Realça-se mais uma vez a natureza do ciclopentano, pois tem um tempo de meia vida (DT50) de 2,18h, em que um derrame se evaporará, dificultando a sua absorção/recolha.

No final o produto poderá ser bombeado para o interior de cisternas móveis, de modo a ser encaminhado para um gestor de resíduos.

1.4.3 Planta da rede de drenagem de águas residuais, pluviais e/ou contaminadas

No Anexo 1 deste documento apresenta-se a Planta de Gestão Ambiental Des. nº J-1606, (Plano FSO.016.F.000266-PGE_Plano de gestão emergência ambiental) que indica a



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

localização dos seguintes Sistemas de Distribuição e Tratamento de águas e Efluentes da fábrica da SECIL Outão:

- Rede de Água Potável
- Rede de Água Industrial
- Estação de Tratamento de Águas (ETA)
- Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR)
- Pontos de Descarga
- Em nenhuma circunstância, o ciclopentano será encaminhado para a rede de efluentes da fábrica.

1.5 Planta geral do estabelecimento

No Anexo 1 deste documento apresenta-se o desenho nº FSO.GEN.C.00691, com a Planta Geral do estabelecimento e a Implantação do novo Equipamento do projeto CCL – Clean Cement Line, onde se enquadra o sistema WHR.

Apresenta-se ainda neste anexo o Layout geral do Sistema WHR, no documento “ORC Circuito Ciclopentano”



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

2. Identificação, seleção e análise dos possíveis cenários de acidente

O processo de Identificação, seleção e análise dos possíveis cenários de acidente do projeto de WHR na fábrica SECIL Outão realiza-se através da seguinte metodologia:

1. Análise Preliminar de perigos, na qual se realiza uma análise dos acontecimentos e condições que podem ocasionar um acidente grave, identificando as medidas de prevenção existentes para dar resposta às circunstâncias identificadas. Esta análise compreende as seguintes metodologias:

1.1 **Identificação de Fontes de Perigo Internas:** Neste ponto realiza-se uma identificação geral dos perigos internos, que podem conduzir a acidentes graves com origem no projeto WHR da fábrica SECIL Outão;

1.2 **Identificação de Fontes de Perigo externas:** Identificam-se as fontes de perigo externas, quer naturais, quer tecnológicas, etc. que podem, a priori, produzir acidentes considerados graves;

2. Identificação dos potenciais cenários de acidentes, a partir da materialização de um acontecimento acidental, onde se analisa a evolução de uma fuga de produto. Nesta análise estabelecem-se as condições base para a estimativa das consequências dos acidentes. Para além disso, os acidentes são avaliados em termos de probabilidade de ocorrência dos mesmos e das suas possibilidades de evolução. Neste ponto desenvolve-se:

3. Estimativa da frequência de ocorrência dos cenários de acidente identificados, de acordo com a frequência esperada e a probabilidade de ocorrência de cada acidente e sua evolução previsível.

4. Seleção de cenários mais representativos de ocorrer, face à perigosidade das substâncias perigosas, à quantidade presente e à frequência de ocorrência, analisada anteriormente. Esta fase inclui:

4.1 Análise dos **Cenários com atuação de medidas de prevenção/mitigação**, onde se analisam as medidas previstas no estabelecimento para fazer face às ocorrências indesejadas;

5. Análise de consequências de acidentes. Cada um dos acidentes é analisado com o objetivo de determinar a gravidade e extensão das suas consequências, para as pessoas e os equipamentos, e realizar uma avaliação do impacto no meio ambiente. Os cenários são descritos quanto ao equipamento onde ocorre a perda de contenção, a quantidade libertada, os acontecimentos críticos passíveis de ocorrer com base na análise e seleção dos acidentes, as condições meteorológicas, etc. Para esta fase é utilizado o programa PHAST de conhecido prestígio internacional, para a simulação de resultados.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

2.1 Análise preliminar de perigos

2.1.1 Identificação de Fontes de Perigo Internas

Neste capítulo realizar-se-á uma identificação dos perigos relacionados com os equipamentos que se encontram no sistema de WHR na fábrica SECIL Outão. Estas causas genéricas foram obtidas a partir de fontes internacionais e bases de dados de acidentes⁴.

Assim, descrevem-se as diferentes causas que podem conduzir a acidentes. A análise efetuada é baseada, fundamentalmente, em perigos genéricos que podem ocorrer em infraestruturas, equipamentos e substâncias que se encontram nas instalações.

Nem todas as fontes de perigo têm a capacidade de gerar, diretamente, acidentes industriais graves. Admite-se, no entanto, que algumas dessas fontes tenham o potencial para, indiretamente, virem a afetar pontos sensíveis da instalação, podendo daí ocorrer um Acidente Grave.

A única causa possível para a ocorrência de um Acidente na área do sistema de WHR na fábrica SECIL Outão, é a perda de contenção de ciclopentano, resultando em fuga ou derrame do mesmo.

A quantidade, substância perigosa armazenada e/ou em circulação nesta instalação bem como o tipo de armazenamento, não são exclusivas desta instalação. Em Portugal existem já duas centrais geotérmicas licenciadas denominada de Pico Vermelho (São Miguel) e Pico Alto na Ilha Terceira, assim como, o mesmo fluído de trabalho é utilizado em outras instalações a nível internacional. Desta forma, os acidentes ocorridos em instalações similares representam uma base de informação que permite, por um lado validar alguns dos resultados obtidos na simulação de acidentes (apresentados em capítulo próprio deste documento) e, por outro, sempre que possível, retirar lições desses acidentes no sentido de melhorar o nível de segurança da instalação.

Como referência para a análise histórica de acidentes, foi consultada a base de dados:

MARS Database Search, site na internet que serve para troca de experiências e informação no âmbito da diretiva Seveso:

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/>

Não foi identificado um acidente envolvendo libertação de ciclopentano, numa operação de aplicação de um ciclo orgânico de Rankine numa instalação de Waste Heat Recovery.

Seguidamente analisam-se as fontes de perigo identificadas.

2.1.1.1 Armazenagem

O tanque auxiliar utilizado para o carregamento inicial do ciclopentano no sistema, para armazenagem de ciclopentano, ou para drenar o ciclopentano em caso de necessidade de manutenção invasiva à turbina, é um reservatório cilíndrico com capacidade máxima de

⁴ Lees, Loss Prevention in the process industries

J.M. Storch de Gracia. Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

28,5 m³ e com uma bacia de retenção impermeabilizada em betão de 30 m³. O carregamento inicial deste tanque será com 13,1 tons, e como o sistema precisa de 11,9 tons para funcionar, vão sobrar 1,2 tons neste tanque. Estas 1,2 tons vão estar isoladas do resto do circuito já que esse funciona de forma estanque e completamente independente deste tanque auxiliar.

As falhas dos reservatórios deste tipo, que podem desencadear acidentes graves podem ser provocados pelas seguintes causas:

- Falhas de material por defeito mecânico ou metalúrgico, seja por corrosão ou por fadiga.
- Rotura por impacto de um veículo com suficiente energia.
- Explosão interna provocada por impacto de raios.
- Roturas por sobrepressão ou vácuo no interior do reservatório.
- Risco de transbordo de produto.
- Sabotagens.

2.1.1.2 Linhas de Transporte

A perda de contenção de substâncias perigosas em linhas de transporte (rede de tubagens), tais como os circuitos entre o tanque auxiliar e o circuito fechado que liga a bomba de circulação de ciclopentano ao evaporador e deste à turbina e, na secção de saída desta, até ao regenerador, seguindo para os condensadores e de novo para a bomba de circulação, podem surgir como consequência dos seguintes efeitos:

- Rotura violenta, por colisão de equipamentos (movimentação de equipamentos e materiais durante a manutenção, queda de objetos pesados desde o cimo de reservatórios, guas, etc.) no interior da instalação próximos das tubagens.
- Rotura por colisão de veículos que se desloquem no interior da instalação, próximos das tubagens. – [pouco provável, dado a construção e não haver circulação de viaturas naquele recinto]
- Corrosão interna, relacionada com as características químicas das substâncias transportadas, características do material da tubagem, etc.
- Corrosão externa, relacionada com as condições atmosféricas do local.
- Falhas por fadiga ou por defeito do material.
- Rotura ou deformação devido a tensões térmicas.
- Rotura das uniões soldadas, devido a defeitos na própria soldadura ou falta de inspeções periódicas.
- Roturas por sobrepressões provocadas por fecho rápido de válvulas (“hammer blow”).
- Rotura de juntas que se encontram nas uniões entre as tubagens e equipamentos.
- Fuga de produto ao transportá-lo por uma tubagem aberta (sem conexão, falta de flange cega, etc.).



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

- Mau aperto de flanges.
- Falhas operacionais, manutenção, etc.

Estes equipamentos constituem uma das maiores fontes de risco, já que representam uma elevada probabilidade de perda de contenção de substâncias perigosas.

No caso do projeto do ORC a maioria das linhas de tubagem mais finas, onde o ciclopentano se encontra com maior temperatura e pressão, encontram-se no interior da sala do turbogerador. As linhas expostas no exterior são as que interligam o regenerador ao condensador e deste à bomba de circulação de Ciclopentano. As flanges estão protegidas com sistema classificado de acordo com a norma Europeia EN1127-1 como estanqueidade. O sistema possui ainda sistema automático e autónomo em caso de emergência que desligaria a produção elétrica, para a bomba de alimentação e fecharia as válvulas de segurança entre o tanque e a bomba, ie entraria em modo de Paragem de Emergência.

2.1.1.3 OPERAÇÕES DE CARGA E DESCARGA DE PRODUTOS PERIGOSOS

Antes do arranque inicial do sistema ORC será necessário carregar a turbina com o Ciclopentano, a qual é feita pela bomba automática que faz abrir as válvulas e circular o ciclopentano do interior do tanque auxiliar de armazenamento de ciclopentano para o circuito do grupo turbogerador. Previamente à operação, o sistema foi inertizado com azoto, e só depois é que se procede ao enchimento do tanque auxiliar com a quantidade necessária com o ciclopentano.

O camião que vai transportar o ciclopentano para o carregamento inicial do sistema tem uma capacidade de 15 tons. Note-se que o ciclopentano é um fluído muito caro e será cheio apenas com a quantidade que é necessária e que foi comprada que são 13,1 tons; será essa e apenas essa a quantidade que será colocada no tanque auxiliar durante a sua carga inicial.

A carga do tanque auxiliar é feito a partir do isotank transportado por camião de empresa de transporte especializada/certificada e por operadores habilitados para esse efeito. Durante esta operação de carga inicial do tanque auxiliar:

- Não só estão presentes os 2 operadores habilitados da empresa de transporte, que seguem um check-list com o procedimento da operação de carga; em caso de rotura ou fuga na mangueira de carga, o camião tem uma válvula que pode ser acionada (bem como os 2 operadores estão devidamente habilitados) e assim interromper qualquer derrame que porventura pudesse acontecer;
- Como estão presentes técnicos do fornecedor da turbina (Turboden – Grupo Mitsubishi) e da empresa de montagem e comissionamento do equipamento (e assim garantir que todos os procedimentos são seguidos);
- Bem como, técnicos da SECIL.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização



Operações de reenchimento de ciclopentano, que obriguem a nova descarga de ciclopentano são muito raras durante os primeiros 15 anos de operação (isto porque os 1,2 tons que ficam no tanque auxiliar servem para repor alguma eventual necessidade), e anuais a partir daí (sendo que se prevê a necessidade anual de repor cerca de 120 kg de ciclopentano), mas em qualquer caso levam ao mesmo procedimento descrito acima e inclusivé sempre com a presença de técnicos especializados do fornecedor da turbina.

As principais causas que podem dar origem a fugas ou derrames de produtos são as seguintes:

- Deficiências nas mangueiras utilizadas para a carga/descarga de produtos devido a causas análogas às indicadas nas linhas de transporte; pouco provável já que viatura é inspecionada antes de sair da fábrica para fazer a entrega;
- Fugas por falhas na operação (má ligação, abertura equivocada de válvulas, etc.); pouco provável, dado o check-list procedimental da empresa de transporte certificada e dado o número de técnicos que estarão a acompanhar a operação;
- Colisão de veículos ou movimento dos mesmos estando em operações de carga/descarga com rotura de mangueira ou por formação de orifício em cisternas; pouco provável já que a zona do ORC, é uma zona específica interdita à circulação de viaturas;
- Derrames por transbordo de produtos; não aplicável neste caso.

No entanto, a entrada dos veículos na instalação e a descarga destes produtos, estão condicionadas ao cumprimento de determinados requisitos prévios, que asseguram o conhecimento dos responsáveis de sector sobre a chegada e descarga de um veículo.

A descarga é ainda acompanhada por um operador da SECIL Outão, com formação adequada e que assegura o cumprimento de todos os requisitos de segurança estabelecidos, nomeadamente um ponto earthrightplus para eliminação de eletricidade estatica da viatura de descarga.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Assim, não excluindo a possibilidade de alguma fuga ou derrame durante as operações de descarga de produtos perigosos, assegura-se um controlo da operação e uma eventual intervenção de controlo da situação utilizando os meios disponíveis na instalação.

Acresce que a SECIL Outão exige ainda dos fornecedores, a formação dos motoristas no transporte de mercadorias perigosas, permitindo-lhes reagir de imediato com os meios disponíveis nos veículos.

Assim, considerando a probabilidade de ocorrência de um acidente nas operações de descarga de ciclopentano e a frequência com que ocorre na instalação do Sistema WHR, considera-se que estas operações constituem uma fonte de perigo muito baixo.

2.1.2 Fontes de Risco Externas

Na envolvente da fábrica da SECIL Outão existem diversas infraestruturas que, de algum modo, poderão, em caso de acidente, vir a afetar as instalações da SECIL Outão.

2.1.2.1 RODOVIAS

A fábrica da SECIL Outão é acedida pela EN 10-4. Esta estrada serve toda a zona industrial do Outão a Setúbal e a serra da Arrábida, existindo circulação frequente de veículos ligeiros e pesados de mercadorias. No interior da fábrica existem diversas rodovias onde circulam veículos ligeiros e pesados.

É de admitir a possibilidade de um destes veículos poder sofrer um acidente que resulte em consequências graves. No entanto, dada a localização do projeto do sistema ORC afastadas das principais vias interiores não se prevê que uma situação destas possa constituir uma fonte de risco grave.

2.1.2.2 AERÓDROMOS

O aeródromo existente na instalação da SAPEC, é de utilização esporádica e limitado a operações de aeronaves ligeiras (ultra leves).

Dadas as características das aeronaves que utilizam este espaço e a sua utilização ser muito esporádica, admite-se que o risco associado a esta infraestrutura é muito baixo.

Por outro lado, apesar de se admitir que possa ocorrer um acidente com uma destas aeronaves, com queda sobre as instalações da SECIL Outão, estima-se que os danos daí resultantes não sejam relevantes para a segurança das instalações.

2.1.2.3 Riscos naturais

2.1.2.4 INUNDAÇÕES

No que diz respeito a inundações provocadas por um nível de pluviosidade anormalmente elevado, a rede de esgotos (ver Anexo 1), tem capacidade de escoamento.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Embora a fábrica da SECIL Outão se desenvolva numa extensão com declives acentuados, não é de admitir que possa haver acumulação de água no pavimento, até níveis que possam fazer perigar partes da instalação já que também o piso da envolvente tem um declive para que a água circule para fora desta zona do grupo turbogerador.

Considera-se assim que o risco existente associado à inundação por causas naturais é um risco baixo.

2.1.2.5 SISMOS

As instalações encontram-se numa área sísmica de categoria “A”, de acordo com o “Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas, Edifícios e Pontes” (RSAEEP).

Os sismos podem provocar a rotura dos diferentes equipamentos que constituem as instalações, com a consequente fuga do produto contido.

O projeto do Sistema WHR e os respetivos equipamentos foram projetados de acordo com o RSAEEP.

2.1.2.6 VENTOS

Ainda que incluído aqui como uma possível fonte de risco a considerar, não é de admitir que a ocorrência de ventos fortes seja uma ameaça para a instalação.

2.1.2.7 RAIOS

Em caso de tempestades com fortes descargas elétricas, os reservatórios de armazenagem seriam os equipamentos mais vulneráveis. Por um lado poder-se-ia produzir o incêndio no tanque auxiliar. No entanto, este está protegido com um sistema de inertização, o que reduz significativamente o risco de ignição de vapores.

Para minimizar este tipo de risco, a fábrica da SECIL Outão dispõe de uma rede de para-raios instalada em locais estratégicos.

2.1.2.8 Intrusão ou vandalismo

As instalações encontram-se limitadas por uma rede de arame em toda a periferia.

O acesso à zona fabril, só é possível, em condições normais, pelas entradas de veículos para a fábrica.

As entradas de viaturas e de acesso às zonas administrativas são vigiadas em permanência pelos vigilantes. Outras portas de acesso são mantidas fechadas e vigiadas por circuito fechado de televisão.

Adicionalmente, dispõe-se de um serviço de vigilância em períodos não laborais composto por um sistema de rondas periódicas de vigilância por toda a instalação.

Tudo o que foi dito anteriormente faz com que o risco por sabotagem ou atentado terrorista no interior da instalação ainda que exista, seja reduzido.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

2.2 Identificação dos potenciais cenários de acidente

Uma vez identificadas as atividades, os equipamentos implicados, bem como as causas que podem conduzir a perdas de contenção de produtos perigosos selecionaram-se os acontecimentos iniciadores de acidentes mais significativos. Tiveram-se em conta as conclusões de cada um dos pontos dos anteriores (Fontes de Perigo Internas e Externas).

Os eventos basearam-se na tipologia de consequências identificadas na Identificação Inicial de Perigos, e nos critérios definidos no *Formulário de Avaliação de Compatibilidade de Localização* da APA (Dezembro 2016) e no *Guia de elaboração das Zonas de Perigosidade* (roturas totais, fugas de 10 mm e 100 mm em tanques, rotura total e fugas em tubagens e de mangueiras de descarga de cisternas).

Na tabela seguinte incluem-se os potenciais cenários iniciadores de acidentes.

Tabela 1: Potenciais Cenários de Acidente

Nº Evento	Evento
01	Rotura catastrófica de tanque auxiliar
02	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar
03	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar
4a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")
4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")
4c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")
5b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")
5c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")
6a	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")
6b	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")
6c	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")
6d	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (6")
6e	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")
6f	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

7a	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")
7b	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")
7c	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")
7d	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (6")
7e	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")
7f	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")
8a	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (30")
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (24")
8c	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (8")
9a	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (30")
9b	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (24")
9c	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (8")
10a	Rotura da linha de saída do condensador (14")
10b	Rotura da linha de saída do condensador (12")
10c	Rotura da linha de saída do condensador (10")
10d	Rotura da linha de saída do condensador (8")
10e	Rotura da linha de saída do condensador (6")
10f	Rotura da linha de saída do condensador (4")
11a	Fuga na linha de saída do condensador (14")
11b	Fuga na linha de saída do condensador (12")
11c	Fuga na linha de saída do condensador (10")
11d	Fuga na linha de saída do condensador (8")
11e	Fuga na linha de saída do condensador (6")
11f	Fuga na linha de saída do condensador (4")
12	Rotura catastrófica de cisterna de Ciclopentano
13	Rotura de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano
15a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")
15b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")
15c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")
16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")
16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")
16c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura (10")
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")

2.3 Estimativa da frequência de ocorrência dos cenários de acidente identificados

Para cada uma dos potenciais cenários de acidente descritos anteriormente foram estimadas as frequências de ocorrência, obtidos da bibliografia e das bases de dados de referência⁵, para falhas de tubagens, reservatórios, flanges, que podem resultar em roturas ou fugas. Estes estão apresentados na tabela seguinte:

Tabela 2: FREQUÊNCIA DO ACONTECIMENTO INICIADOR

Tipo Evento	Frequência unitária	Unidade base	Referência Bibliográfica
Rotura catastrófica tanque atmosférico*	5,00E-06	ano	BEVI, 2009 Tabela 17 – pág. 37
Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico*	1,20E-05	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 9, Note 4
Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico*	1,00E-04	ano	BEVI, 2009 Tabela 17 – pág. 37

⁵ Referências:

- Loss prevention in the process industries. Hazard identification, Assessment and control. Frank P. Lees, 2nd edition, 1996, Great Britain.
- Guidelines for quantitative risk assessment "Purple Book", report CPR 18E, Committee for the Prevention of Disasters, 1999, Netherlands.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Tipo Evento	Frequência unitária	Unidade base	Referência Bibliográfica
Rotura tubagem diâmetro < 75mm	1,00E-06	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Rotura tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	3,00E-07	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Fuga tubagem diâmetro < 75mm	5,00E-06	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Fuga tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	2,00E-06	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	m*ano	BEVI, 2009 Tabela 27 – pág. 42
Rotura total mangueira de cisterna	4,00E-06	h*ano	BEVI, 2009 Tabela 50 – pág. 59
Fuga mangueira de cisterna	4,00E-05	h*ano	BEVI, 2009 Tabela 50 – pág. 59
Rotura de cisterna	1,00E-05	ano	BEVI, 2009 Tabela 42 – pág. 55

* operacionalmente o tanque está ligeiramente pressurizado, devido ao sistema de inertização com azoto (0,5 bar rel).

A cada acontecimento iniciador atribui-se uma probabilidade base de ocorrência obtida das referências apresentadas na tabela anterior. Para cada acontecimento este dado é calculado e personalizado em função do número de equipamentos e, nos metros de tubagem presentes no interior do estabelecimento.

Tendo em conta que as linhas do circuito fechado de Ciclopentano possuem diâmetros que variam ao longo do troço, entre equipamentos e, que podem ter valores abaixo de 75mm, acima de 150mm e valores intermédios, apresentamos os eventos divididos por tipologias de diâmetro de tubagem, de modo a verificar quais os troços de tubagem com frequência inicial e frequência de cada fenómeno perigoso igual ou superior a 10^{-6} .

Tabela 3: ESTIMATIVA DA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DOS EVENTOS CRÍTICOS

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
01	Rotura catastrófica de tanque auxiliar	Rotura catastrófica tanque atmosférico	5,00E-06	1	ano	5,00E-06



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
02	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar	Fuga de 100 mm. de tanque atmosférico	1,20E-05	1	ano	1,20E-05
03	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	Fuga de 10 mm. de tanque atmosférico	1,00E-04	1	ano	1,00E-04
4a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	27	m*ano	2,70E-06
4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	46	m*ano	4,60E-06
4c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")	Rotura tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	3,00E-07	2	m*ano	6,00E-07
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	27	m*ano	1,35E-05
5b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	46	m*ano	2,30E-05
5c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")	Fuga tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	2,00E-06	2	m*ano	4,00E-06
6a	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	12	m*ano	1,20E-06
6b	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	1	m*ano	1,00E-07
6c	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	9	m*ano	9,00E-07
6d	Rotura da linha de saída do módulo de	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	4,5	m*ano	4,50E-07



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
	evaporação para a turbina (6")					
6e	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")	Rotura tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	3,00E-07	3	m*ano	9,00E-07
6f	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	Rotura tubagem diâmetro < 75mm	1,00E-06	5,35	m*ano	5,35E-06
7a	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	12	m*ano	6,00E-06
7b	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	1	m*ano	5,00E-07
7c	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	9	m*ano	4,50E-06
7d	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (6")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	4,5	m*ano	2,25E-06
7e	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")	Fuga tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	2,00E-06	3	m*ano	6,00E-06
7f	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	Fuga tubagem diâmetro < 75mm	5,00E-06	5,35	m*ano	2,68E-05
8a	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (30")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	39	m*ano	3,90E-06
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (24")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	2,5	m*ano	2,50E-07
8c	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (8")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	48	m*ano	4,80E-06



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento accidental
9a	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (30")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	39	m*ano	1,95E-05
9b	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (24")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	2,5	m*ano	1,25E-06
9c	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (8")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	48	m*ano	2,40E-05
10a	Rotura da linha de saída do condensador (14")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	39	m*ano	3,90E-06
10b	Rotura da linha de saída do condensador (12")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	17	m*ano	1,70E-06
10c	Rotura da linha de saída do condensador (10")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	2,25	m*ano	2,25E-07
10d	Rotura da linha de saída do condensador (8")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	36	m*ano	3,60E-06
10e	Rotura da linha de saída do condensador (6")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	84	m*ano	8,40E-06
10f	Rotura da linha de saída do condensador (4")	Rotura tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	3,00E-07	54	m*ano	1,62E-05
11a	Fuga na linha de saída do condensador (14")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	39	m*ano	1,95E-05
11b	Fuga na linha de saída do condensador (12")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	17	m*ano	8,50E-06
11c	Fuga na linha de saída do condensador (10")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	2,25	m*ano	1,13E-06
11d	Fuga na linha de saída do condensador (8")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	36	m*ano	1,80E-05
11e	Fuga na linha de saída do condensador (6")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	84	m*ano	4,20E-05
11f	Fuga na linha de saída do condensador (4")	Fuga tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	2,00E-06	54	m*ano	1,08E-04
12	Rotura catastrófica de cisterna de Ciclopentano	Rotura de cisterna	1,00E-05	2,28E-05	ano	2,28E-10



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento acidental
13	Rotura de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano	Rotura total mangueira de cisterna	4,00E-06	0,2	h*ano	8,00E-07
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano	Fuga mangueira de cisterna	4,00E-05	0,2	h*ano	8,00E-06
15a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	22,75	m*ano	2,28E-06
15b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	6,6	m*ano	6,60E-07
15c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")	Rotura tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	3,00E-07	1,5	m*ano	4,50E-07
16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	22,75	m*ano	1,14E-05
16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	6,6	m*ano	3,30E-06
16c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")	Fuga tubagem diâmetro entre 75mm e 150 mm	2,00E-06	1,5	m*ano	3,00E-06
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura (10")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	0,5	m*ano	5,00E-08
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	0,5	m*ano	2,50E-07



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nota: Para o número de unidades nas operações de descarga de cisterna com ciclopentano considerou-se a ocorrência de uma operação de descarga a cada 5 anos, com uma duração máxima de uma hora, ou seja 0.2 h/ano. A presença da cisterna corresponde a 0.2 horas divididas pelas 8760 horas do ano.

2.4 Seleção de cenários de acidente

De acordo com a análise da tabela anterior, verifica-se que, à exceção da Rotura catastrófica de cisterna de Ciclopentano (evento Nº 12) e da Rotura de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano (evento Nº 13) e algumas perdas de contenção nos seguintes troços:

Nº Evento	Evento
4c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")
6b	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")
6c	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")
6d	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (6")
6e	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")
7b	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (24")
10c	Rotura da linha de saída do condensador (10")
15b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")
15c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura (10")
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")

todos os potenciais cenários de acidente possuem uma frequência superior ou igual a 1×10^{-6} , pelo que serão considerados na fase de Avaliação de Consequências, como eventos críticos relevantes.

Os cenários – fenómeno perigoso (pool fire, jet fire, LFL/2, explosão) serão avaliados em função da sua frequência.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Os fenómenos perigosos / cenários que tiverem frequência menor que 10^{-6} , não serão modelizados no PHAST 8.6, logo não serão considerados para a determinação das zonas de perigosidade (ponto 3 deste estudo), logo não serão incluídos nas conclusões finais da ACL.

Para cada um dos Cenários dos eventos críticos relevantes far-se-á uma identificação da evolução previsível do Acontecimento acidental inicial, nos distintos eventos acidentais para posteriormente tendo em conta as Medidas de Prevenção / Mitigação.

Com base nesta análise, far-se-á a Avaliação das respectivas Consequências.

2.4.1 Árvores de Acontecimentos

A Árvore de Acontecimentos ou Análise de Sequências de Acontecimentos é um método indutivo que descreve a evolução de um acontecimento iniciador sobre a base de resposta de sistemas tecnológicos ou condições externas, portanto, a sua finalidade é identificar as diferentes possibilidades de evolução a partir do acontecimento inicial.

Posteriormente é necessário identificar a ocorrência (*sim / não*) de cada um deles. Colocam-se em cada uma das Árvores n condições identificadas como cabeçalhos e partindo do acontecimento inicial desenvolvem-se sistematicamente, para cada uma delas, duas possibilidades: na parte superior reflete-se a evolução no sentido de que sim se dá a condição; na parte inferior reflete-se que não se apresenta tal condição. A disposição horizontal dos cabeçalhos efetua-se por ordem cronológica da evolução do acidente, se bem que, este critério pode não ser de aplicável nalguns casos.

Com a Análise através de Árvores de Acontecimentos pretende-se determinar as possíveis evoluções das perdas de contenção de equipamentos, com emissão de substâncias perigosas. Partindo de um acontecimento iniciador obter-se-á uma série de acidentes em função dos acontecimentos que podem ocorrer a partir desse instante (presença de pontos de ignição, proximidade de equipamentos, corte de fuga, etc.). Estas árvores de acontecimentos serão apenas para produtos inflamáveis.

Comportamento das Fugas:

Como se indicou anteriormente, as fugas devem-se a perdas de contenção de equipamentos, a partir de uma ou várias causas. Dependendo do tipo de produto e das condições em que se encontra, assim como do tipo de fuga, a evolução das mesmas será diferente. A seguir efetua-se uma análise do comportamento das fugas.

A própria natureza das substâncias manuseadas (inflamáveis, tóxicas), as características dos processos simples (receção / armazenagens / expedição de produtos em condições ptn), assim como o maior / menor volume de produtos, determinam a existência de riscos com um potencial de perdas em caso de acidentes graves. Dependendo das substâncias e condições iniciais a que estão submetidas obtêm-se diferentes comportamentos devido às suas fugas.

Em primeiro lugar é importante distinguir entre uma fuga instantânea, que corresponderia ao colapso do recipiente ou ao esvaziamento rápido do mesmo pela formação de um orifício de consideráveis dimensões, vs uma fuga semicontínua, produto da perfuração ou fissura suficientemente pequena para que a duração do processo de descarga seja significativa.

No caso de uma fuga instantânea supõe-se que todo o fluido está imediatamente disponível para a dispersão na atmosfera quando se trata de gases, ou para a extensão sobre o terreno e evaporação, no caso de uma fuga de um líquido. No caso de uma fuga semicontínua, de um modo geral, as condições irão alterando-se ao longo do tempo.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Na descarga por rotura catastrófica de um recipiente, parte do líquido ao estar submetido a temperatura e pressão ambiente pode sofrer uma evaporação flash, o que aumentaria consideravelmente a proporção de vapor formado.

Incêndios:

Se a fuga for de um líquido inflamável produzir-se-á um charco que se poderá inflamar, dando origem ao “*pool-fire*”. As dimensões do charco dependem de bacia de retenção, da orografia do terreno e da quantidade de produto libertado. A temperatura das chamas pode alcançar os 1100 °C e altura de 2,5 a 3 vezes o diâmetro. A radiação térmica gerada pode propiciar a afectação de outras áreas.

No caso de fugas com pressão poderá formar-se um jacto de fogo (*jet-flame*) se ocorrer uma ignição imediata, e caso existam condições.

Neste caso, o ciclopentano é um líquido não comburentes com ponto de auto-ignição na ordem dos 361 °C.

Atendendo às condições de armazenagem, o fenómeno de BLEVE não deverá ser expectável.

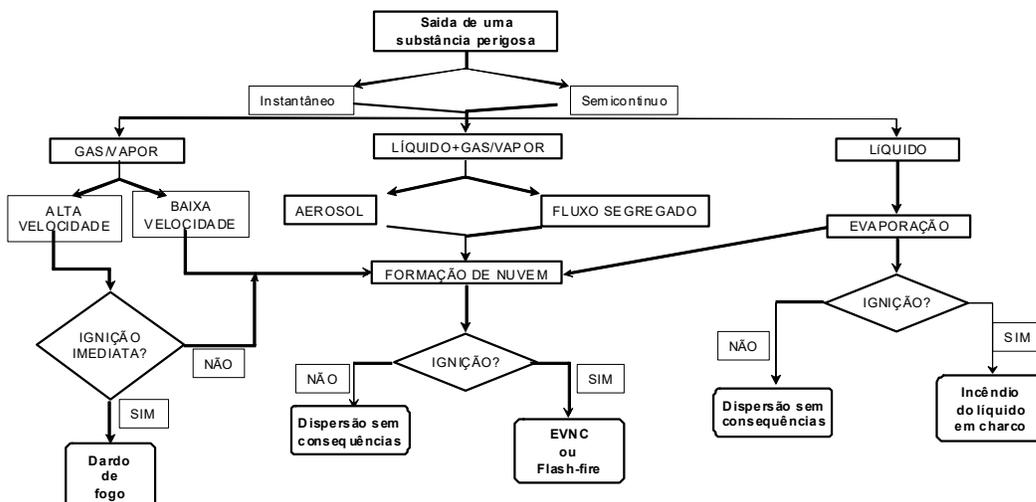
Explosões:

As explosões produzem-se quando a velocidade de produto queimado supera valores estabelecidos, chegando a velocidades supersónicas, ocorrendo o fenómeno de UVCE (unconfined vapor cloud explosion). Outro fator importante é o grau de confinamento. Quando este aumenta a probabilidade de explosões também o faz, de tal forma que é mais provável uma explosão em zonas com grande quantidade de equipamentos (unidades de processo), do que em zonas onde não há quase equipamentos (zonas de armazenagem).

Dispersões:

Se os gases e os vapores de líquidos voláteis não encontram um ponto de ignição, a nuvem por eles formada dispersar-se-á até níveis de concentração não perigosos.

de um





FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Partindo de diferentes tipologias de acontecimentos iniciadores, desenvolveram-se árvores de acontecimentos para analisar os distintos comportamentos das fugas.

Nas páginas seguintes apresentam-se as diferentes Árvores de Acontecimentos (só para inflamáveis), que conduzem aos acidentes considerados, da seguinte maneira, de acordo com a “*Reference Manual BEVI Risk Assessment*”- the Netherlands”, 2009):

- Árvore nº 1: Fuga instantânea de Líquido Inflamável.
- Árvore nº 2: Fuga contínua de Líquido Inflamável.



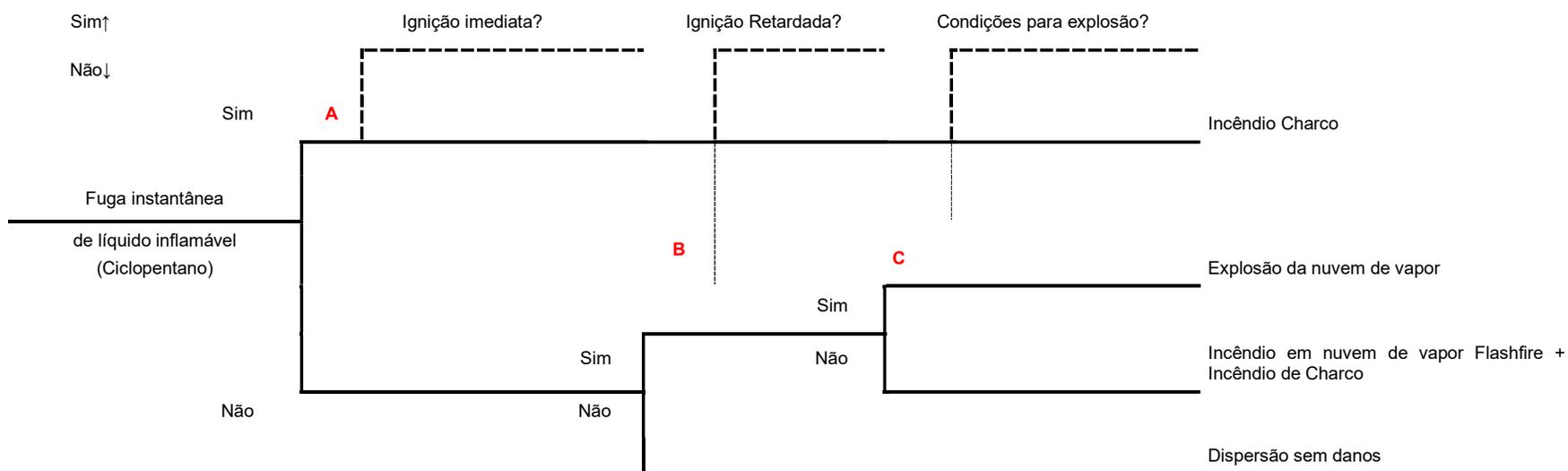
FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

ÁRVORE DE ACONTECIMENTOS 1

TIPO DE ACIDENTE: FUGA INSTANTÂNEA DE LÍQUIDO INFLAMÁVEL





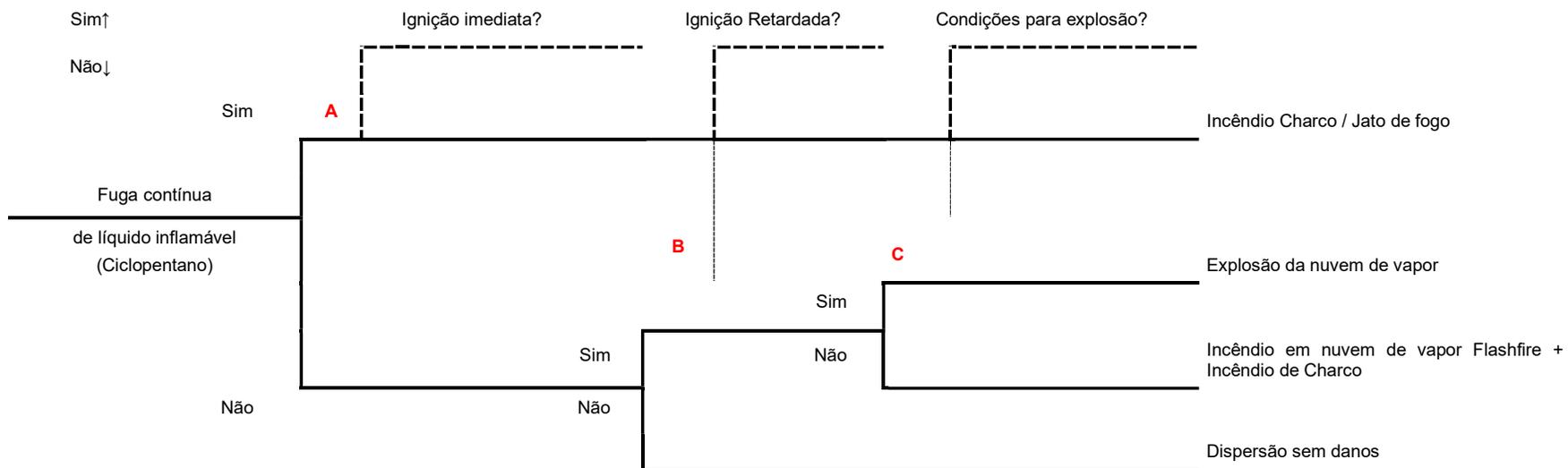
FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

ÁRVORE DE ACONTECIMENTOS 2

TIPO DE ACIDENTE: FUGA CONTÍNUA DE LÍQUIDO INFLAMÁVEL





FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Seguidamente apresentam-se as árvores de acontecimentos aplicável a cada acidente.

Tabela 1: Árvores de acontecimentos para cada evento crítico.

Nº	Evento crítico	Nº da Árvore de acontecimentos
1	Rotura catastrófica de tanque auxiliar	1
2	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar	2
3	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	2
4	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano	2
5	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano	2
6	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina	2
7	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina	2
8	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador	2
9	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador	2
10	Rotura da linha de saída do condensador	2
11	Fuga na linha de saída do condensador	2
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano	2
15	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador	2
16	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador	2
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura	2
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura	2

2.4.1.1 Probabilidade – Cenários Acidentais – Categorias de Inflamabilidade

O cálculo da probabilidade dos cenários acidentais (incêndio de jacto, charco incendiado, flash-fire, explosão,), associados à árvore de acontecimentos é baseado na bibliografia de referência (Manual BEVI).

Para aplicar os valores de probabilidade de ignição de nuvem inflamável é necessário agrupar os produtos usados nas modelizações em categorias de substâncias inflamáveis:



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Tabela 2: Categorias de inflamabilidade de substâncias perigosas (Manual BEVI).

Categoria Inflamabilidade		Descrição
Categoria 0	Extremamente Inflamáveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação inferior a 0 °C e um ponto de ebulição inferior ou igual a 35°C.
Categoria 1	Facilmente Inflamáveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação inferior a 21 °C, mas que não são extremamente inflamáveis
Categoria 2	Inflamáveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação superior ou igual a 21 °C e inferior a 55 °C
Categoria 3	Combustíveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação superior ou igual a 55 °C e inferior a 100 °C
Categoria 4	Combustíveis	Substâncias ou preparações líquidas com ponto de inflamação superior a 100 °C

Os valores de probabilidades de ignição imediata (P_{II}), de ignição retardada (P_{IR}), P_{BLEVE} , P_{Jet} , P_{PF} , $P_{Flashfire}$, P_{Exp} , são os seguintes:

- **A:** Probabilidade de ignição imediata (P_{II}) → teve-se em conta a classificação e os dados das referências bibliográficas⁶ para líquidos inflamáveis, gases pouco reactivos e gases de reactividade média ou alta.
- **B:** Probabilidade de ignição retardada (P_{IR}) → teve-se em conta um valor de 0.5 apresentado nas referências, para probabilidade da presença de muitas fontes de ignição (instalações de processo adjacentes). Assim a probabilidade de ignição retardada é igual a $P_{IR} = (1-P_{II}) * 0.5$.
- **C:** Segundo as referências, na ignição de uma nuvem de vapor inflamável não confinada, esta pode resultar em explosão ou Flashfire. O cálculo de probabilidades destes eventos considera estes dois fenómenos como complementares, sendo a distribuição das probabilidades de 40% para Explosão e de 60% para Flashfire⁷. Assim, a probabilidade destes cenários será $P_{Flashfire} = P_{IR} * 0.6$ e $P_{Exp} = P_{IR} * 0.4$.
- No caso de fuga instantânea de líquido inflamável, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a um incêndio de charco, cuja probabilidade é P_{II} . Se ocorrer uma ignição

⁶ Reference Manual BEVI Risk Assessment- the Netherlands, 2009

⁷ Purple Book, Pag. 100



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

retardada sem explosão, o resultado da ignição será um Flashfire, seguido de incêndio do charco. Assim, $P_{PF} = P_{II} + P_{IR} \cdot 0.6 = P_{II} + (1 - P_{II}) \cdot 0.5 \cdot 0.6$.

- No caso de libertação de líquido inflamável com vaporização rápida do mesmo, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a uma BLEVE, cuja probabilidade está dividida numa fração de 70% para a ocorrência de Bola de Fogo (*Fireball*), ou seja, $P_{BL} = 0.7 \cdot P_{II}$. Neste caso 30% dará lugar a Explosão/Sobreprensão ou *Flashfire*, com as mesmas proporções que a ignição retardada, ou seja: $F_{flash_{fire}} = (0.3 \cdot P_{II} + P_{IR}) \cdot 0.6$ e $F_{sobre_p} = (0.3 \cdot P_{II} + P_{IR}) \cdot 0.4$;
- No caso de fuga contínua de líquido inflamável, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a um incêndio de jacto, cuja probabilidade é P_{II} , ou seja $P_{Jet} = P_{ii}$. Se ocorrer uma ignição retardada sem explosão, o resultado da ignição será um Flashfire, seguido de incêndio de charco. Assim, $P_{PF} = P_{IR} \cdot 0.6 = (1 - P_{II}) \cdot 0.5 \cdot 0.6$.
- No caso de fuga contínua de líquido inflamável com alto ponto de inflamação, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a um incêndio de jacto, cuja probabilidade é P_{II} , ou seja $P_{Jet} = P_{ii}$. Se ocorrer uma ignição retardada, o resultado da ignição será um incêndio de charco. Assim, $P_{PF} = P_{IR} = (1 - P_{II}) \cdot 0.5$.

Nas duas tabelas seguintes, resumem-se:

- Os dados e critérios de probabilidade de ignição imediata, para cada categoria de inflamabilidade (em função do tipo de fuga e do caudal da mesma fuga). O caudal instantâneo será o retirado da modelização no PHAST.
- As categorias de inflamabilidade adoptadas para as substâncias.

Tabela 3: Probabilidade de ignição de substâncias inflamáveis em função do caudal de descarga.

Categoria de Inflamabilidade	Fuga Inst. (kg)	Fuga Cont. (kg/s)	Pii
Categoria 0, reatividade média/alta	< 1000	< 10	0,2
	1000 a 10000	10 a 100	0,5
	> 10000	> 100	0,7



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Categoria de Inflamabilidade	Fuga Inst. (kg)	Fuga Cont. (kg/s)	Pii
Categoria 0, reatividade baixa	< 1000	< 10	0,02
	1000 a 10000	10 a 100	0,04
	> 10000	> 100	0,09
Categoria 1	Todas as quantidades	Todos os caudais	0,065
Categoria 2	Todas as quantidades	Todos os caudais	0,01
Categoria 3 ⁸	Todas as quantidades	Todos os caudais	0,0065
Categoria 4	Todas as quantidades	Todos os caudais	0

Tabela 4: Classificação das substâncias presentes de acordo com a sua inflamabilidade.

Produto	Categoria de Inflamabilidade	Notas
Ciclopentano	Categoria 1	H225 na FDS (Pinf = -7°C e Peb=50°C)

2.4.1.2 Frequências dos cenários acidentais

Para determinar as frequências de cada cenário acidental final (jet fire, pool fire, flash-fire, explosão), é necessário saber a probabilidade de ocorrência do acontecimento iniciador base.

Também é necessário conhecer a probabilidade de cada um dos acontecimentos acidentais / cenários que podem dar origem (jet fire, pool fire, flash-fire, explosão).

As próximas tabelas resumem:

- as Frequências iniciais de cada cenário, com valor igual ou superior a 10^{-6} .
- Probabilidades de Ignição imediata (Pii); e Ignição retardada (Pir);
- a Estimativa de Probabilidades de ocorrência de acidentes;

Desta forma podem-se determinar as frequências finais de cada cenário de acidente:

- Fjet final;

⁸ Valor estimado para a categoria 3. As substâncias ou preparações consideradas de Categoria 4 têm probabilidade de ignição imediata igual a 0.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

- F charco final;
- F flashfire final (inflamabilidade);
- F exp final (explosão ou sobrepressão).

Tabela 5: Probabilidades intermédias de cada cenário do evento (ignição imediata e retardada, radiação térmica, LFL, explosão).

Nº Evento	Evento	Frequência acontecimento accidental	Pii	Pir	Pbleve	Pjet	Pcharco	Pflashfire	Psobrepressão
01	Rotura catastrófica de tanque auxiliar	5,00E-06	0,065	0,468	0,000	0,000	0,346	0,281	0,187
02	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar	1,20E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
03	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	1,00E-04	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
4a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")	2,70E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	4,60E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
4c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")	6,00E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")	1,35E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
5b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	2,30E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
5c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")	4,00E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
6a	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	1,20E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
6b	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")	1,00E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

6c	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")	9,00E-07	0,065	0,000	0,000	0,065	0,000	0,000	0,000
6d	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (6")	4,50E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
6e	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")	9,00E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
6f	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	5,35E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
7a	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	6,00E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
7b	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")	5,00E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
7c	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")	4,50E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
7d	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (6")	2,25E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
7e	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")	6,00E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
7f	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	2,68E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
8a	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (30")	3,90E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (24")	2,50E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
8c	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (8")	4,80E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
9a	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (30")	1,95E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
9b	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (24")	1,25E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

9c	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (8")	2,40E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
10a	Rotura da linha de saída do condensador (14")	3,90E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
10b	Rotura da linha de saída do condensador (12")	1,70E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
10c	Rotura da linha de saída do condensador (10")	2,25E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
10d	Rotura da linha de saída do condensador (8")	3,60E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
10e	Rotura da linha de saída do condensador (6")	8,40E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
10f	Rotura da linha de saída do condensador (4")	1,62E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
11a	Fuga na linha de saída do condensador (14")	1,95E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
11b	Fuga na linha de saída do condensador (12")	8,50E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
11c	Fuga na linha de saída do condensador (10")	1,13E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
11d	Fuga na linha de saída do condensador (8")	1,80E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
11e	Fuga na linha de saída do condensador (6")	4,20E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
11f	Fuga na linha de saída do condensador (4")	1,08E-04	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
12	Rotura catastrófica de cisterna de Ciclopentano	2,28E-10	0,065	0,468	0,000	0,000	0,346	0,281	0,187
13	Rotura de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano	8,00E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano	8,00E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
15a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")	2,28E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
15b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de	6,60E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

	Ciclopentano, após o regenerador (6")								
15c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")	4,50E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")	1,14E-05	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")	3,30E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
16c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")	3,00E-06	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura (10")	5,00E-08	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")	2,50E-07	0,065	0,468	0,000	0,065	0,281	0,281	0,187

Tabela 6: Frequências finais de cada cenário de acidente (radiação térmica, flash-fire, explosão).

Nº Evento	Evento	Frequência acontecimento acidental	Pjet final	Pcharco final	Pflashfire final	Psobrepressão final
01	Rotura catastrófica de tanque auxiliar	5,00E-06	0,00E+00	1,73E-06	1,40E-06	9,35E-07
02	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar	1,20E-05	7,80E-07	3,37E-06	3,37E-06	2,24E-06
03	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	1,00E-04	6,50E-06	2,81E-05	2,81E-05	1,87E-05
4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	4,60E-06	2,99E-07	1,29E-06	1,29E-06	8,60E-07
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")	1,35E-05	8,78E-07	3,79E-06	3,79E-06	2,52E-06
5b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	2,30E-05	1,50E-06	6,45E-06	6,45E-06	4,30E-06
5c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")	4,00E-06	2,60E-07	1,12E-06	1,12E-06	7,48E-07



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

6f	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	5,35E-06	3,48E-07	1,50E-06	1,50E-06	1,00E-06
7a	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	6,00E-06	3,90E-07	1,68E-06	1,68E-06	1,12E-06
7c	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")	4,50E-06	2,93E-07	1,26E-06	1,26E-06	8,42E-07
7e	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")	6,00E-06	3,90E-07	1,68E-06	1,68E-06	1,12E-06
7f	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	2,68E-05	1,74E-06	7,50E-06	7,50E-06	5,00E-06
8a	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (30")	3,90E-06	2,54E-07	1,09E-06	1,09E-06	7,29E-07
8c	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (8")	4,80E-06	3,12E-07	1,35E-06	1,35E-06	8,98E-07
9a	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (30")	1,95E-05	1,27E-06	5,47E-06	5,47E-06	3,65E-06
9c	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (8")	2,40E-05	1,56E-06	6,73E-06	6,73E-06	4,49E-06
10a	Rotura da linha de saída do condensador (14")	3,90E-06	2,54E-07	1,09E-06	1,09E-06	7,29E-07
10d	Rotura da linha de saída do condensador (8")	3,60E-06	2,34E-07	1,01E-06	1,01E-06	6,73E-07
10e	Rotura da linha de saída do condensador (6")	8,40E-06	5,46E-07	2,36E-06	2,36E-06	1,57E-06
10f	Rotura da linha de saída do condensador (4")	1,62E-05	1,05E-06	4,54E-06	4,54E-06	3,03E-06
11a	Fuga na linha de saída do condensador (14")	1,95E-05	1,27E-06	5,47E-06	5,47E-06	3,65E-06
11b	Fuga na linha de saída do condensador (12")	8,50E-06	5,53E-07	2,38E-06	2,38E-06	1,59E-06
11d	Fuga na linha de saída do condensador (8")	1,80E-05	1,17E-06	5,05E-06	5,05E-06	3,37E-06
11e	Fuga na linha de saída do condensador (6")	4,20E-05	2,73E-06	1,18E-05	1,18E-05	7,85E-06
11f	Fuga na linha de saída do condensador (4")	1,08E-04	7,02E-06	3,03E-05	3,03E-05	2,02E-05
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano	8,00E-06	5,20E-07	2,24E-06	2,24E-06	1,50E-06
16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")	1,14E-05	7,39E-07	3,19E-06	3,19E-06	2,13E-06
16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")	3,30E-06	2,15E-07	9,26E-07	9,26E-07	6,17E-07
16c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")	3,00E-06	1,95E-07	8,42E-07	8,42E-07	5,61E-07



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura (10")	5,00E-08	3,25E-09	1,40E-08	1,40E-08	9,35E-09
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")	2,50E-07	1,63E-08	7,01E-08	7,01E-08	4,68E-08

Nota: (*) : cenários com frequências inferiores a 10^{-6} , logo a não considerar para as conclusões finais.

2.5 Avaliação de Consequências

2.5.1 Introdução

O controlo e a planificação perante o risco de um acidente grave fundamenta-se na avaliação das consequências sobre elementos vulneráveis (pessoas, ambiente e bens materiais) dos fenómenos perigosos que podem produzir os acidentes graves. Os diferentes tipos de acidentes a considerar podem produzir os seguintes fenómenos perigosos para as pessoas, os bens e o meio ambiente:

- De tipo mecânico (sobrepresão);
- De tipo térmico;

Estes fenómenos podem ocorrer, isolada, simultânea ou sequencialmente.

2.5.2 Valores Limite - Definição de Zonas de Implantação

Para cada um dos fenómenos perigosos estabelecem-se variáveis físicas cujas magnitudes se possam considerar suficientemente representativas para a avaliação do alcance do fenómeno perigoso considerado. As zonas potencialmente afetadas pelos fenómenos perigosos que derivem dos acidentes que possam ocorrer nas instalações, determinam-se com base nas distâncias a que determinadas variáveis físicas representativas alcançam os valores limite, recomendados no **Formulário de Avaliação de Compatibilidade de Localização – APA (Dezembro 2016)**.

Estas zonas são definidas para o controlo e planificação face ao risco de acidentes graves, nos quais intervêm substâncias perigosas.

- **Zona 1**, limiar da possibilidade de ocorrência de letalidade, no interior da qual são esperados danos graves para praticamente a totalidade de pessoas não protegidas.
- **Zona 2**, limiar da possibilidade de ocorrência de efeitos irreversíveis na saúde humana.

Na tabela seguinte apresenta-se a definição das zonas:



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Tabela 7: Definição das zonas de perigosidade da ACL e Zonas de Perigosidade

Definição das zonas de perigosidade - ACL		Distância 1	Distância 2
Radiação Térmica	(kW/m ²)	7	5
Sobrepresão	(bar)	0.14	0.05
Flash-fire	(%)	LFL/2	---

2.5.3 Critérios Gerais Empregues

Para determinar as condições de cálculo dos acidentes considerados, empregaram-se os seguintes critérios, considerados como “conservadores” ou “pessimistas”, de forma a estabelecer um limite superior dos alcances das zonas objeto de planificação:

- Os cálculos realizados para os acidentes foram realizados com o programa informático PHAST v. 8.6. O PHAST encadeia os modelos em função das características do produto, da descarga e condições ambientais, dando resultados para as evoluções possíveis. As modelizações foram efetuadas apenas para os acidentes com consequências para a segurança.
- Para fugas de flexíveis, considerou-se a rotura total e a parcial (10% do diâmetro total).
- Em relação à direção das fugas, considerou-se a direção horizontal.
- Os tempos de fuga de produto nos cenários de acidentes graves, dependem da localização da fuga (se o ponto de fuga pode ser isolado por válvulas da fonte), dos meios técnicos de identificação existentes e dos meios de isolamento. Os tempos de fuga já foram indicados.
- Os cálculos efectuados obtiveram-se mediante a utilização dos seguintes modelos:
 - Dispersão tóxica (dose); Fuga de líquido;
 - Incêndio de jacto (Jet Fire); Incêndio de charco (Pool Fire);
 - Nuvem inflamável; Deflagração, UVCE;
- As condições meteorológicas utilizadas nos cálculos efectuados, foram as mais frequentes.

Condições Meteorológicas		
Estabilidade atmosférica	Velocidade do vento (m/s)	Temperatura (°C)
D	1,8	20



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Estação de Setúbal (170). Latitude: 38° 31' N ; Longitude: 08° 54' W ; Altitude: 35m
Velocidade do vento e temperatura: Ficha Climatológica - dados do Instituto de Meteorologia (1971 a 2000).

2.5.4 Resultados dos cenários selecionados – modelizações no PHAST

Para avaliar as consequências derivadas dos acontecimentos acidentais aplicam-se diferentes modelos matemáticos que permitem calcular:

- Magnitude e duração da fuga ou derrame;
- Duração e intensidade da radiação térmica, em função da distância;
- Sobrepressão devida a uma explosão, em função da distância.

Em seguida incluem-se em tabelas os resultados de todos os acidentes que têm probabilidades superior ou igual a 10^{-6} .

Nos Anexos incluem-se:

- Anexo 5 - os resultados dos acidentes modelizados, obtidos nas simulações (outputs do software PHAST).
- Anexo 4 – a representação gráfica das duas zonas de perigosidade correspondente aos maiores alcances, que tenham frequências $\geq 10^{-6}$, planta à escala (folha formato A3).
- Anexo 3 – a representação gráfica (plantas à escala) dos alcances dos danos provocados pela radiação térmica (níveis para 5,0 kW/m² e 7,0 kW/m²), flash-fire (LFL/2), explosão (níveis para 140 mbar e 50 mbar). Todos os cenários de acidentes, com probabilidade superior ou igual a 10^{-6} serão representados. Folhas formato A4.

Os alcances nos cenários, representam-se para a condição meteorológica que é a mais frequente.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Tabela 8: Dados de Entrada no PHAST 8.6

Nº Evento	Evento	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Quantidades correspondente ao circuito high/low pressure	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
01	Rotura catastrófica de tanque auxiliar	Ciclopentano	0,7	21	-	-	13 100	1 200	30	3600
02	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar	Ciclopentano	0,7	21	-	100	13 100	1 200	30	3600
03	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	Ciclopentano	0,7	21	-	10	13 100	1 200	30	3600
4a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")	Ciclopentano	33,5	64	203,2	203,2	11 900	5 500	1020	120
4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	Ciclopentano	33,5	64	152,4	152,4	11 900	5 500	1020	120
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")	Ciclopentano	33,5	64	203,2	20,32	11 900	5 500	1020	120
5b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	Ciclopentano	33,5	64	152,4	15	11 900	5 500	1020	120
5c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")	Ciclopentano	33,5	64	101,6	10,16	11 900	5 500	1020	120
6a	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	Ciclopentano	31,4	221	304,8	304,8	11 900	5 500	1020	120



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Quantidades correspondente ao circuito high/low pressure	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
6f	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	Ciclopentano	31,4	221	38,1	38,1	11 900	5 500	1020	120
7a	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	Ciclopentano	31,4	221	304,8	30,48	11 900	5 500	1020	120
7c	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")	Ciclopentano	31,4	221	203,2	20,32	11 900	5 500	1020	120
7d	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (6")	Ciclopentano	31,4	221	152,4	15,24	11 900	5 500	1020	120
7e	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")	Ciclopentano	31,4	221	101,6	10,16	11 900	5 500	1020	120
7f	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	Ciclopentano	31,4	221	38,1	3,81	11 900	5 500	1020	120
8a	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (30")	Ciclopentano	0,8	128,0	762	762	11 900	5 500	1020	120
8c	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (8")	Ciclopentano	0,8	74,0	203,2	203,2	11 900	5 500	1020	120
9a	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (30")	Ciclopentano	0,8	128,0	762	76,2	11 900	5 500	1020	120
9b	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (24")	Ciclopentano	0,8	128,0	609,6	60,96	11 900	5 500	1020	120



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Quantidades correspondente ao circuito high/low pressure	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
9c	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (8")	Ciclopentano	0,8	74,0	203,2	20,32	11 900	5 500	1020	120
10a	Rotura da linha de saída do condensador (14")	Ciclopentano	0,7	62,0	355,6	355,6	11 900	5 500	1020	120
10b	Rotura da linha de saída do condensador (12")	Ciclopentano	0,7	62,0	304,8	304,8	11 900	5 500	1020	120
10d	Rotura da linha de saída do condensador (8")	Ciclopentano	0,7	62,0	203,2	203,2	11 900	5 500	1020	120
10e	Rotura da linha de saída do condensador (6")	Ciclopentano	0,7	62,0	152,4	152,4	11 900	6 400	1020	120
10f	Rotura da linha de saída do condensador (4")	Ciclopentano	0,7	62,0	101,6	101,6	11 900	6 400	1020	120
11a	Fuga na linha de saída do condensador (14")	Ciclopentano	0,7	62,0	355,6	35,56	11 900	6 400	1020	120
11b	Fuga na linha de saída do condensador (12")	Ciclopentano	0,7	62,0	304,8	30,48	11 900	6 400	1020	120
11c	Fuga na linha de saída do condensador (10")	Ciclopentano	0,7	62,0	254	25,4	11 900	6 400	1020	120
11d	Fuga na linha de saída do condensador (8")	Ciclopentano	0,7	62,0	203,2	20,32	11 900	6 400	1020	120



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento	Evento	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Quantidades correspondente ao circuito high/low pressure	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
11e	Fuga na linha de saída do condensador (6")	Ciclopentano	0,7	62,0	152,4	15,24	11 900	6 400	1020	120
11f	Fuga na linha de saída do condensador (4")	Ciclopentano	0,7	62,0	101,6	10,16	11 900	6 400	1020	120
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano	Ciclopentano	atm	21	50,8	5,08	15 000	6 400	1020	120
15a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")	Ciclopentano	31,9	106	203,2	203,2	11 900	6 400	1020	120
16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")	Ciclopentano	31,9	106	203,2	20,32	11 900	6 400	1020	120
16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")	Ciclopentano	31,9	106	152,4	15	11 900	6 400	1020	120
16c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")	Ciclopentano	31,9	106	101,6	10,16	11 900	6 400	1020	120



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Tabela 9: Resultados da modelação no PHAST 8.6 (alcances em metros).

Nº Evento Crítico	Evento Crítico	Bleve 7 kW/m ²	Bleve 5 kW/m ²	Jet 7 kW/m ²	Jet 5 kW/m ²	Charco 7 kW/m ²	Charco 5 kW/m ²	LIE/2	Sobrepres. 140 mbar	Sobrepres. 50 mbar
1	Rotura catastrófica de tanque auxiliar	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	20	24	10	N.S.	N.S.
2	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	20	24	24	0	41
3	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	0	0	17	19	20	24	9	0	0
4a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	105	122	84	N.S.	N.S.
4c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	60	68	67	0	110
5b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (6")	0	0	59	64	42	48	54	0	90
5c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (4")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	23	26	39	N.S.	N.S.
6a	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
6b	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento Crítico	Evento Crítico	Bleve 7 kW/m2	Bleve 5 kW/m2	Jet 7 kW/m2	Jet 5 kW/m2	Charco 7 kW/m2	Charco 5 kW/m2	LIE/2	Sobrepres. 140 mbar	Sobrepres. 50 mbar
6c	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
6d	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (6")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
6e	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
6f	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0	0	55	0	99
7a	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0	0	58	0	97
7b	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (10")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
7c	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (8")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0	0	36	N.S.	N.S.
7d	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (6")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
7e	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (4")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0	0	18	0	23
7f	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (1.5")	0	0	5	6	0	0	7	0	0
8a	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (30")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0	0	185	N.S.	N.S.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento Crítico	Evento Crítico	Bleve 7 kW/m ²	Bleve 5 kW/m ²	Jet 7 kW/m ²	Jet 5 kW/m ²	Charco 7 kW/m ²	Charco 5 kW/m ²	LIE/2	Sobrepres. 140 mbar	Sobrepres. 50 mbar
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (24")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
8c	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (8")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0	0	N.S.	N.S.	N.S.
9a	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (30")	N.S.	N.S.	15	19	0	0	N.S.	0	17
9b	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (24")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
9c	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador (8")	0	0	N.S.	N.S.	0	0	N.S.	0	0
10a	Rotura da linha de saída do condensador (14")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	91	105	192	N.S.	N.S.
10b	Rotura da linha de saída do condensador (12")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
10c	Rotura da linha de saída do condensador (10")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
10d	Rotura da linha de saída do condensador (8")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0	0	224	N.S.	N.S.
10e	Rotura da linha de saída do condensador (6")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0	0	226	0	327
10f	Rotura da linha de saída do condensador (4")	N.S.	N.S.	170	185	0	0	218	0	317
11a	Fuga na linha de saída do condensador (14")	N.S.	N.S.	53	58	0	0	41	0	59
11b	Fuga na linha de saída do condensador (12")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0	0	29	0	37
11c	Fuga na linha de saída do condensador (10")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
11d	Fuga na linha de saída do condensador (8")	N.S.	N.S.	31	34	0	0	N.S.	0	19
11e	Fuga na linha de saída do condensador (6")	0	0	23	26	0	0	N.S.	0	18



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Nº Evento Crítico	Evento Crítico	Bleve 7 kW/m ²	Bleve 5 kW/m ²	Jet 7 kW/m ²	Jet 5 kW/m ²	Charco 7 kW/m ²	Charco 5 kW/m ²	LIE/2	Sobrepres. 140 mbar	Sobrepres. 50 mbar
11f	Fuga na linha de saída do condensador (4")	0	0	14	16	0	0	N.S.	0	0
12	Rotura catastrófica de cisterna de Ciclopentano	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
13	Rotura de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de Ciclopentano	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	3	4	4	0	0
15a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
15b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
15c	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	41	47	79	0	127
16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (6")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
16c	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (4")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura (10")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Nota: N.S. representa os cenários de acidente Não Significativos, isto é, aqueles cuja frequência de ocorrência é inferior a 10⁻⁶.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

2.6 Substâncias Perigosas para os Organismos Aquáticos

O ciclopentano não está classificado como substâncias perigosas para os organismos aquáticos (não possui frases de perigo H400 / H410 / H411). Apenas existe uma frase de perigo H412, Toxicidade crónica para o ambiente aquático, categoria 3, pelo que não será analisada a perigosidade desta substância.

3. Determinação das Zonas de Perigosidade

Os cenários de acidente que tiveram frequência (F) menor que 10^{-6} , não foram considerados para determinação das zonas de perigosidade e também para efeitos da avaliação final das consequências. Assim estes cenários não serão avaliados.

Para a definição das zonas de perigosidade foi efetuada uma Representação Gráfica dos alcances de cada um dos fenómenos perigosos obtidos na modelação dos cenários, nomeadamente para os valores correspondentes ao limiar da possibilidade de ocorrência de letalidade e o limiar da possibilidade de ocorrência de efeitos irreversíveis na saúde humana, apresentadas no Anexo 3.

De acordo com os resultados da modelação dos cenários selecionados e os limiares definidos pela APA, identificam-se as zonas de perigosidade, obtidas a partir da estimativa dos maiores alcances dos efeitos dos cenários de acidente estudados, apresentadas nas Representações Gráficas do Anexo 4. Estas representam o conjunto das representações gráficas de cada uma das distâncias de segurança, de modo a identificar as áreas vulneráveis e elementos sensíveis potencialmente atingidos pelos limiares da possibilidade de ocorrência de letalidade e de ocorrência de efeitos irreversíveis na saúde humana.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

4. Caracterização da vulnerabilidade da envolvente

A Fábrica Secil-Outão, onde se insere o projeto do Sistema WHR alvo do presente estudo de Avaliação de Compatibilidade de Localização é uma instalação industrial consolidada com uma área de perímetro fabril licenciada de 320.000m². A área total coberta (dentro do perímetro industrial licenciado) é de 123.530m² sendo destes 91.165m² impermeabilizados.

No que respeita à envolvente, a Fábrica Secil-Outão insere-se em terrenos da propriedade da SECIL com cerca de 440 ha na Serra da Arrábida (Parque Natural) sendo a área fabril delimitada a Norte pela estrada nacional EN10-4, a Oeste pela estrada nacional EN379-1 e a Este/Sul por estrada local que contorna a costa marítima com o Estuário do Sado.

O projeto do Sistema ORC encontra-se instalado no interior da fábrica da Secil Outão, numa parcela de terreno não visível do exterior, isolado e protegido pelo relevo do terreno.

Os receptores sensíveis encontram-se todos a distâncias consideráveis do ORC, pelo que atendendo ao relevo do terreno distam:

- Aldeia de Vale da Rasca: 1500 m;
- Ecoparque do Outão/Parque de Campismo do Outão: 1050 m;
- Hospital Ortopédico do Outão: 1850.

4.1 Elementos construídos

A fábrica da SECIL Outão situa-se no estuário do Sado frente à península de Tróia, na freguesia de N^a Sra. da Anunciada, a Sudoeste da cidade de Setúbal, na margem Norte do Rio Sado, estando inserida no Parque natural da Arrábida.

De acordo com a planta com a definição das Zonas de Perigosas, apresentada no Anexo 4, não existem elementos da envolvente do SECIL Outão, presentes numa distância igual ou inferior a 327 metros da área de implantação do projeto WHR, passíveis de serem afetados por um acidente grave. Os cenários não ultrapassam o perímetro da SECIL Outão.

Igualmente, no interior das Zonas de Perigosidade não se encontram elementos sensíveis, tais como habitações, estabelecimentos comerciais, edifícios que recebam público, escolas, lares, hospitais, etc.

Os elementos de uso sensíveis mais próximos da fábrica da Secil Outão são: o *Hospital Ortopédico do Outão (a cerca de 1850m a sul do local de implantação do projeto do Grupo Turbogenerador ORC)* e o *Parque de Campismo do Outão/Eco parque do Outão (a 1050 metros para Este), apresentados no ortofotomapa, apresentado no Anexo 1.*

No interior da fábrica da SECIL Outão, apenas alguns dos edifícios mais próximos são passíveis de ser afetados por um acidente.

A fábrica da SECIL Outão é ocupada por cerca de 250 colaboradores diretos, distribuídos por diversas áreas.

A SECIL Outão possui ainda em regime de fornecedores de serviços externos aproximadamente 300 colaboradores.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Em termos de permanência nas instalações fabris, os colaboradores repartem-se por turnos de acordo como o seguinte horário de trabalho:

- 43 Administrativos – das 09h00 às 17h:30;
- 128 em Horário Fabril – das 08H00 às 17H00 (Sextas feiras até às 16H00);
- 77 em Horário Fabril, em regime de laboração contínua, com cerca de 25 elementos por turno de acordo com as necessidades de serviço.
- 1º Turno das 00H00 às 08H00
- 2º Turno das 08H00 às 16H00
- 3º Turno das 16H00 às 00H00

4.2 Receptores ambientalmente sensíveis

Na envolvente próxima da fábrica, a Oeste encontram-se as pedreiras da SECIL (Vale de Mós A e Vale de Mós B) e a cerca de 1500 metros a Noroeste existe a aldeia do Vale da Rasca, constituindo-se como o aglomerado populacional mais próximo da fábrica.

A restante área terrestre envolvente às instalações fabris e pedreiras caracteriza-se por possuir uma baixa densidade de ocupação humana, estando incluída na área do Parque Natural da Arrábida.

A classificação de Parque Natural introduziu restrições à utilização do uso do solo, visto a área possuir características seminaturais e naturais que se pretendem preservar e conservar, nomeadamente áreas onde a vegetação mantém características mais próximas das originais e que foram classificadas como reservas integrais onde é interdito o acesso para que não seja alterada a evolução natural dos ecossistemas. Estas áreas são, essencialmente, destinadas à observação e ao estudo científico (Mata do Solitário, a Mata do Vidal e a Mata Coberta) (de acordo com informação disponibilizada pelo Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)

No que respeita às áreas sensíveis e ao seu enquadramento em instrumentos de gestão territorial, destacam-se os seguintes instrumentos de gestão territorial, aplicáveis à Fábrica Secil-Outão:

- Parque Natural da Arrábida
- Sítio de Interesse Comunitário PTCON0010 – Arrábida/Espichel (Rede Natura 2000)
- Plano Diretor Municipal de Setúbal

Plano de Ordenamento do Parque Natural da Arrábida

O Parque Natural da Arrábida (PNA) foi criado pelo Decreto-Lei n.º 622/76, de 28 de Julho, com o objetivo de promover a proteção dos valores naturais e o desenvolvimento das atividades económicas, de forma autossustentada, uma vez que a serra da Arrábida constitui uma área verde da região metropolitana de Lisboa-Setúbal, onde cada vez mais se acentua a pressão demográfica e as consequências do crescimento urbano e industrial, transformando-se, por isso, numa zona privilegiada da rede de recreio e cultura a ter em conta



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

no ordenamento físico desta região. O respetivo regulamento foi aprovado pela Portaria n.º 26-F/80, de 9 de Janeiro, tendo sido alterado pelo Decreto Regulamentar n.º 23/98, de 14 de Outubro, diploma que estabeleceu a reclassificação do Parque Natural da Arrábida, com alteração dos seus limites e inclusão de uma área de Parque Marinho, e pelo Decreto Regulamentar n.º 11/2003, de 8 de Maio.

Rede Natura 2000 - Sítio de Interesse Comunitário PTCO0010 – Arrábida/Espichel

A Rede Natura 2000 é uma rede ecológica para o espaço comunitário da União Europeia resultante da aplicação da Diretiva 79/409/CEE do Conselho, de 2 de abril de 1979 (Diretiva Aves) - revogada pela Diretiva 2009/147/CE, de 30 de novembro - e da Diretiva 92/43/CEE (Diretiva Habitats) que tem como finalidade assegurar a conservação a longo prazo das espécies e dos habitats mais ameaçados da Europa, contribuindo para parar a perda de biodiversidade. Constitui o principal instrumento para a conservação da natureza na União Europeia.

Na área de localização da Fábrica Secil-Outão encontra-se definido o Sítio de Interesse Comunitário (SIC) PTCO0010 – Arrábida/Espichel, envolvendo na totalidade o perímetro das instalações fabris, conforme se verifica na figura seguinte.

Este SIC (PTCO0010) veio a ser incluído na primeira fase da Lista Nacional de Sítios, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 142/97, de 28 de Agosto, tendo como objetivo a conservação de habitats e de espécies da flora e da fauna, constantes dos anexos à Diretiva n.º 92/43/CEE, do Conselho, de 21 de Maio.

Este Sítio de Interesse Comunitário ocupa uma área de 20.663 hectares (dos quais 15.131ha de área terrestre e 5.532 ha de área marinha) distribuídos pelos concelhos de Palmela, Sesimbra e Setúbal sendo parcialmente coincidente com o Parque Natural da Arrábida (52% da área terrestre e 27% da área marinha) e incluindo o Monumento Natural da Jazida de Icnofósseis dos Lagosteiros, o Monumento Natural da Pedra da Mua e o Sítio Classificado Gruta do Zambujal.

Para este sítio encontram-se referenciados 40 habitats naturais incluídos no Anexo B-I do Decreto-Lei n.º 49/2005, de 24 de Fevereiro (primeira alteração e republicação do Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de Abril, que procedeu à transposição para a ordem jurídica interna das Directivas Habitats e Aves), dos quais oito são prioritários. Para além dos habitats naturais acima referidos, este SIC apresenta valores importantes também no que respeita a espécies de flora e fauna protegidas pela Directiva Habitats.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 49/2005, as ações, planos ou projetos não diretamente relacionados com a gestão de um sítio de interesse comunitário nem necessários para essa gestão, mas suscetíveis de afetar essa zona de forma significativa, individualmente ou em conjugação com outras ações, planos ou projetos, devem ser objeto de avaliação de incidências ambientais no que se refere aos objetivos de conservação da referida zona.

Contudo este projeto será localizado no interior da área licenciada industrial. Deste modo, não existirão impactes.



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

4.2.1 Habitats

Esta área destaca-se pela sua relevância paisagística. É caracterizada particularmente pela presença de espécies da flora da região macaronésica.

A Serra da Arrábida é um local fundamental para espécies calcícolas e para comunidades vegetais sobre "terra rossa". É ainda um dos dois locais conhecidos para *Chaenorrhinum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum* (endemismo lusitânico, considerado "vulnerável").

O cabo Espichel, caracterizado pela presença de espécies da flora macaronésica, é o único local conhecido para *Convolvus fernandesii* (espécie prioritária, endemismo lusitânico e considerado "em perigo") que caracterizam de forma particular este local.

Em relação à fauna, engloba um abrigo de criação de morcegos muito relevante para o morcego-de-pelucho (espécie classificada "vulnerável"), sendo igualmente importante para outras espécies de quirópteros, durante o resto do ano.

É uma das áreas onde ocorre o lepidóptero *Callimorpha quadripunctaria* (espécie prioritária).

Importante para a nidificação de populações representativas da avifauna rupícola, incluindo algumas espécies listadas no Anexo I da Directiva 79/409/CEE.

A costa Arrábida/Espichel apresenta, em geral, fundos de baixa profundidade e que se encontram bem limitadas pela linha de costa escarpada e pelas grandes profundidades dos canhões de Setúbal e Lisboa.

Localizada num vasto sector da costa portuguesa de fundos arenosos, os fundos rochosos da costa da Arrábida constituem uma excepção de natureza muito particular, já que resultam essencialmente da fragmentação da própria arriba.

A orientação voltada a Sul é única na costa ocidental portuguesa e oferece uma proteção muito eficaz contra os ventos dominantes de Norte.

Este aspeto é responsável pela reduzida ondulação o que favorece o desenvolvimento e reprodução de muitas espécies marinhas. Este carácter único de águas calmas contribui para a existência na Arrábida de um número considerável de espécies raras em Portugal.

A elevadíssima diversidade da fauna e flora marinhas é uma das suas características mais marcantes. São conhecidas mais de 1.000 espécies animais e mais de uma centena de algas.

Contudo este projeto será localizado no interior da área licenciada industrial. Deste modo, não existirão impactes.

4.3 Uso, Classificações e Qualificações do solo

4.3.1 Plano Diretor Municipal de Setúbal

O Plano Director Municipal (PDM) de Setúbal foi inicialmente aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 65/94, de 10 de Agosto⁹, encontrando-se atualmente em revisão tendo já sido apresentada proposta de novo PDM no decorrer de 2019.

⁹ Alterações do PDM de Setúbal: 1.ª Alteração de pormenor aprovada em Assembleia Municipal e publicada em DR n.º 292/99, 2.ª Série, de 17 de Dezembro; 2.ª Alteração de pormenor aprovada em Assembleia Municipal e publicada em DR n.º 47/2000, II Série, de 25 de Fevereiro; 3.ª Alteração ratificada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 32/2001, de 29 de Março (DR n.º 75, I



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

De acordo com a Planta de Ordenamento do PDM de Setúbal vigente (Veja-se extrato incluído no Anexo 1 ao presente documento), a área afeta à Fábrica Secil-Outão (incluindo a pedreira) encontra-se classificada com a classe de Espaço de Indústria Extrativa. O Artigo 52.º do regulamento do PDM refere sobre esta classe que “o licenciamento das atividades industriais fica sujeito ao disposto na legislação específica”. O artigo 53.º estabelece que “A alteração de uso das instalações complementares das indústrias extrativas está sujeita a Plano de Pormenor, sujeito a ratificação nos termos da legislação em vigor”.

Relativamente à área envolvente à Fábrica da Secil Outão, esta é maioritariamente classificada como Espaço Cultural e Natural, integrando as áreas rurais submetidas à jurisdição do Parque Natural da Arrábida e fazendo parte integrante da estrutura verde concelhia.

A Norte-Nordeste da área e implantação da Fábrica Secil-Outão localizam-se as povoações de Vale da Rasca e Picheleiros, cujos núcleos consistem de Espaços Urbanos Consolidados rodeados por áreas classificadas como Espaços Urbanizáveis (Área Urbanizável de Baixa Densidade).

A Sul assinalam-se as seguintes classes de espaços: Espaços de Usos Especiais (Instalações Militares - Bateria do Outão e Área Portuária da SECIL - Outão, sob jurisdição da Administração do Porto de Setúbal) e Equipamento de Serviços Públicos Existentes (Hospital ortopédico do Outão e Parque de Campismo do Outão).

Segundo a Planta de Condicionantes do PDM, na área envolvente à Fábrica Secil-Outão encontram-se assinaladas diversas áreas afetas à Reserva Agrícola Nacional e à Reserva Ecológica Nacional. Relativamente à linha de água denominada de Ribeira da Melra, esta encontra-se assinalada como estando integrada na Reserva Ecológica Nacional.

O projeto do Sistema WHR será implantado totalmente no perímetro fabril licenciado em áreas impermeabilizadas e consolidadas da fábrica da Secil Outão, pelo que não haverá, durante a exploração a intervenção em áreas adjacentes naturais ou complementares. Deste modo, não existirão impactes relacionados com a alteração do solo.

Salienta-se que todas as edificações previstas no projeto do Sistema WHR serão em soluções construtivas metalizadas amovíveis.

4.4 Carta da envolvente

No Anexo 1 encontram-se as cartas de Ordenamento e de Condicionantes de Setúbal, à Escala 1: 10 000.

Série-B); 4.ª Alteração de Regime simplificado aprovada em Assembleia Municipal e publicada em DR n.º 207/2001, II Série, de 06 de Setembro (Declaração n.º 268/2001).



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

5. Conclusão

A Fábrica Secil-Outão, onde se insere o projeto de instalação de um sistema de WHR (Waste Heat Recovery), no âmbito do projeto CCL - Clean Cement Line, dedica-se à produção de cimento e situa-se em Setúbal, junto ao Rio Sado, em propriedade própria inserida no Parque Natural da Arrábida.

A Fábrica Secil-Outão é uma instalação industrial consolidada com uma área de perímetro fabril licenciada de 320.000m². A área total coberta (dentro do perímetro industrial licenciado) é de 123.530m² sendo destes 91.165m² impermeabilizados.

O alcance máximo das Zonas de Perigosidade (distância 2) é de 337 metros e refere-se ao evento 10e (cenário 10 do formulário de Zonas de Perigosidade) relativo à sobrepressão devido ao cenário de Rotura da linha de saída do condensador (6"). De acordo com a planta com a definição das Zonas Perigosas, apresentada no Anexo 4, não existem elementos da envolvente da SECIL Outão, presentes numa distância igual ou inferior a 337 metros da área de implantação do projeto WHR, passíveis de serem afetados por um acidente grave.

Também se verifica um alcance máximo de limiar da possibilidade de ocorrência de letalidade (distância 1), de 226m devido ao fenómeno de inflamabilidade do evento 10e (Rotura da linha de saída do condensador (6").).

Os cenários não ultrapassam o perímetro da SECIL Outão para a Distancia 1. Em qualquer caso, a essa distância e considerando o declive do terreno, o ciclopentano já estaria de tal forma disperso no ar (seguramente inferior a 1 parte ciclopentano / 1 milhão partes ar), que não teria qualquer efeito. Verifica-se também que é uma estrada, com um tráfego inferior a 100 veículos por dia.

No interior da fábrica da SECIL Outão, em geral os acidentes estudados encontram-se localizados junto ao equipamento. Nalguns cenários de muito baixa probabilidade (1/milhão), os edifícios da fábrica são passíveis de ser afetados. Contudo esse impacto existiria apenas pela dispersão atmosférica do ciclopentano diluído no ar, pelo que as pessoas eventualmente notariam um odor.

O ciclopentano não está classificado como substâncias perigosas para os organismos aquáticos (não possui frases de perigo H400 / H410 / H411). Apenas existe uma frase de perigo H412, "Toxicidade crónica para o ambiente aquático", categoria 3, pelo que não se prevê que esta substância venha a provocar danos em organismos aquáticos.

Em relação aos cenários de acidente modelizados verifica-se que na realidade existem várias condicionantes e/ou atenuantes que os modelos matemáticos de cálculo de consequências e propagação de efeitos não conseguem integrar e que reduzem as distâncias calculadas. Refira-se no caso desta localização afastada dos restantes equipamentos fabris, a ortografia do terreno, o conjunto de obstáculos, tais como edifícios e estruturas que limitam a propagação (por exemplo da sobrepressão) ao perímetro fabril. Por outro lado, o ciclopentano se disperso na sua forma gasosa, tem tendência a dispersar misturando-se com o ar, perdendo concentração as suas propriedades perdem-se rapidamente pelo que nem nuvens, ou pontos de ignição, seria capaz de gerar.

Lembramos também que esta modelização e a frequência dos acidentes não tiveram em linha de conta o sistema de flanges do circuito de circulação do Ciclopentano, classificados de



FÁBRICA SECIL – OUTÃO

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

acordo com a norma Europeia EN1127-1 como estanqueidade durável, e as restantes medidas de prevenção mencionadas anteriormente, e que naturalmente garantem toda a segurança e é por isso que estes sistemas de ORC se encontram instalados por todo o mundo inclusivé em Portugal.

Em suma, pode-se afirmar que as consequências (alcances) obtidos pelos modelos de cálculo são sempre muito mais catastrofistas que a realidade e a probabilidade de ocorrência muito inferior ao estimado. Assim, conclui-se que o projeto CCL - Clean Cement Line e, nomeadamente o sistema de WHR, é compatível com a localização do projeto.