

Centro de Produção de Alhandra

Avaliação de Compatibilidade de Localização



**AVALIAÇÃO DE COMPATIBILIDADE E
LOCALIZAÇÃO**

ANEXO

Centro de Produção de Alhandra

Projeto Waste Heat Recovery

Alhandra

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.....	5
1.2	Descrição das atividades.....	5
1.2.1	Waste Heat Recovery.....	5
1.3	Medidas de prevenção e mitigação.....	11
1.3.1	Medidas de proteção e intervenção para limitar as consequências de um acidente....	12
1.4	Medidas de contenção de derrames.....	13
1.4.1	Área do ORC.....	13
1.4.2	Zona de descarga de ciclopentano.....	14
1.4.3	Tratamento de efluentes.....	15
1.5	Planta geral do estabelecimento.....	16
2.	Identificação, seleção e análise dos possíveis cenários de acidente.....	16
2.1	Análise preliminar de perigos.....	17
2.1.1	Identificação de fontes de perigo internas.....	17
2.2	Identificação dos potenciais cenários de acidente.....	20
2.3	Estimativa da frequência de ocorrência dos cenários de acidente identificados.....	21
2.4	Seleção de cenários de acidente.....	25
2.4.1	Árvores de acontecimentos.....	26
2.5	Avaliação de consequências.....	38
2.5.1	Introdução.....	38
2.5.2	Valores limite - Definição de zonas de implantação.....	38
2.5.3	Critérios gerais empregues.....	39
2.5.4	Resultados dos cenários selecionados – modelizações no PHAST.....	40
2.6	Substâncias perigosas para os organismos aquáticos.....	43
3.	Determinação das zonas de perigosidade.....	43
4.	Caracterização da vulnerabilidade da envolvente.....	44
4.1	Elementos construídos.....	44
4.2	Recetores ambientalmente sensíveis.....	45
4.3	Uso, classificações e qualificações do solo.....	46
4.4	Carta da envolvente.....	46
5.	Conclusão.....	46

1. Caracterização do estabelecimento ou da alteração

O Centro de Produção de Alhandra (CPA), dedica-se à produção de cimento e situa-se, junto ao Rio Tejo, em propriedade própria inserida na União das Freguesias de Alhandra, São João dos Montes e Calhandriz e concelho de Vila Franca de Xira.

O projeto de alteração no Centro de Produção de Alhandra constitui a instalação de um sistema de recuperação de calor dos gases de exaustão (WHR - *Waste Heat Recovery*) do Forno 7, com base no Ciclo Termodinâmico de Rankine com fluido orgânico (ORC - *Organic Rankine Cycle*) e condensação por ar (ACC).

A solução técnica para o WHR consiste num sistema gerador de vapor com fluido orgânico e condensação por ar, utilizando duas caldeiras de recuperação de calor com fluido térmico. O fluido orgânico utilizado será o ciclopentano. O uso do ciclopentano, classificado como substância perigosa (H225), implica uma alteração substancial das quantidades presentes no estabelecimento do CPA pelo que o projeto está sujeito a um regime de Avaliação de Compatibilidade de Localização (ACL), de acordo com a Diretiva Seveso.

1.1 Informação sobre as “Substâncias Perigosas” presentes no estabelecimento

A localização das substâncias perigosas encontra-se em plantas no Anexo 1.

No Anexo 2 incluem-se as Fichas de Dados de Segurança (FDS) das substâncias perigosas presentes no estabelecimento, onde se encontram descritas todas as suas características relevantes.

Na tabela seguinte apresenta-se a identificação das substâncias perigosas presentes no estabelecimento e o respetivo inventário. A linha relativa à nova substância que virá a estar presente (ciclopentano), está sombreada a cinzento.

Tabela 1: Características dos reservatórios de armazenagem de substâncias perigosas

Equipamento	Identificação em planta	Substância Perigosa	Condições	Categoria / Substância designada	Quantidade máxima (q) (t)
Garrafa	24B	Acetileno	Pressão 18 bar 15 °C	19. Acetileno Flam. Gas 1, H220	0,031
Embalagens	44	Acetona pura	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225	0,01185
Embalagens	44	Ácido Acético glacial	Pressão atmosférica Temp. ambiente	H226 – Flam. Liq. 3	0,013
Embalagens	44	Ácido fluorídrico (40%)	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Acute tox. 2, H310 Acute tox. 1, H330 Acute tox. 1, H300	0,00696
Embalagens	44	Ácido Nítrico	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Ox. Liq. 2,3, H272	0,0279
Embalagens	44	Álcool metílico	Pressão atmosférica Temp. ambiente	STOT SE 1, H370 STOT 2, H225 Flam. Liq. 2, Acute tox. 3, H301	7,90E-04

Equipamento	Identificação em planta	Substância Perigosa	Condições	Categoria / Substância designada	Quantidade máxima (q) (t)
Garrafa	24B	Protóxido de azoto	Pressão 200 bar 15 °C	Ox. Gas 1, H270	0,017
Garrafa	24B	Árgon/metano	Pressão 18 bar 15 °C	Flam. Gas 1, H220	0,2386
Embalagens	44	Azida de sódio	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Acute 1, H400 Acute tox. 2, H300 Aquatic Chronic 1, H410	2,50E-04
Embalagens	44	BP Energrease LS - EP 0	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Chronic 2, H411	0,06
Embalagens	44	Cloreto de Bário di-hidratado	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Acute tox. 3, H301	0,008
Embalagens	44	COLA CEMENT SC-4000 TIP TOP	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Chronic 1, H410	0,004
Embalagens	44	Dicromato de Potássio	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Ox. Sol. 2,3, H272 Aquatic Chronic 1, H410 Acute tox. 3, H301	0,002
Embalagens	44	Dietilamina	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225	0,042
Embalagens	44	Diluyente Celuloso	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Chronic 2, H411 Flam. Liq. 2, H225 STOT SE 1, H370	0,24
Embalagens	44	EQ BOX 13	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Acute 1, H400	1
Embalagens	44	Etanol puro	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225	0,01725
Embalagens	44	Éter Petróleo	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Chronic 2, Flam. Liq. 2, H225	0,005
Reservatório atmosférico	17	Fuelóleo	Pressão atmosférica Temp. ambiente	34. d) Produtos petrolíferos e combustíveis alternativos Fuelóleos pesados Aquatic Chronic 1, H410	204
Reservatório atmosférico	16	Gasóleo de aquecimento	Pressão atmosférica Temp. ambiente	34. c) Produtos petrolíferos e combustíveis alternativos Gasóleos (incluindo combustíveis para motores diesel, fuelóleos domésticos e gasóleos de mistura) Aquatic Chronic 2, H411 H226 – Flam. Liq. 3	9
Embalagens	44	Líquido Contraste Part. Magnéticas V.42 S	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225	0,005

Equipamento	Identificação em planta	Substância Perigosa	Condições	Categoria / Substância designada	Quantidade máxima (q) (t)
Embalagens	44	Líquido Limpeza VELNET / SOLNET - R2.60 S	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Aerosol 1, H222 (contendo gases inflamáveis das categorias 1 ou 2 ou líquidos inflamáveis da categoria 1)	0,06
Embalagens	44	Líquido Part. Magnéticas Negro LK.35 S	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Aerosol 1, H222 (contendo gases inflamáveis das categorias 1 ou 2 ou líquidos inflamáveis da categoria 1)	0,018
Embalagens	44	Líquido penetrante ROTVEL AVIO B-R2.72 S	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Aerosol 1, H222 (contendo gases inflamáveis das categorias 1 ou 2 ou líquidos inflamáveis da categoria 1)	0,048
Embalagens	44	Líquido Revelador Rotrivel U - R2.82 S	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Aerosol 1, H222 (contendo gases inflamáveis das categorias 1 ou 2 ou líquidos inflamáveis da categoria 1)	0,019
Embalagens	44	n-Hexano	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225 Aquatic Chronic 2, H411	0,008
Embalagens	30	Nitrato de Amónia	Pressão atmosférica Temp. ambiente	1. Nitrato de amónio Ox. Sol. 2,3, H272	0,0045
Embalagens	44	Nitrato de Prata	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Ox. Sol. 2,3, H272 Aquatic Chronic 1, H410	7,00E-04
Garrafa	24B	Oxigénio	Pressão 200 bar 15 °C	25. Oxigénio Ox. Gas 1, H270	0,105
Embalagens	44	Petróleo	Pressão atmosférica Temp. ambiente	34. c) Produtos petrolíferos e combustíveis alternativos Gasóleos (incluindo combustíveis para motores diesel, fuelóleos domésticos e gasóleos de mistura) Aquatic Chronic 2, H411 Flam. Liq. 1, H224	0,8
Reservatório pressurizado	18	Propano / GPL	Pressão 7 bar 15 °C	18. Gases inflamáveis liquefeitos, categoria 1 ou 2 (incluindo GPL) e gás natural Flam. Gas 1, H220	13,55344
Embalagens	44	Removedor de ferrugem ROST OFF PLUS Wurth	Pressão atmosférica Temp. ambiente	H226 – Flam. Liq. 3	0,01

Equipamento	Identificação em planta	Substância Perigosa	Condições	Categoria / Substância designada	Quantidade máxima (q) (t)
Embalagens	44	Solvente TH-69 P/TINTA JP-K69	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225	0,06
Embalagens	44	Sonaril HA	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225	0,003
Embalagens	44	Sonaril HB	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Acute 1, H400 Flam. Liq. 2, H225	0,001
Embalagens	44	SPRAY KLUBER GRAFLOSCON CA 901 ULTRA	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Chronic 2, H411	0,0048
Embalagens	44	Tinta Cinzenta primária	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Acute 1, H400	0,02
Embalagens	44	Tinta Preta JP-K69 P/impressora hitachi	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225	0,002
Embalagens	44	TRANSIL PETROL DESB 109 - BP Penetrating oil (preventivo de corrosão)	Pressão atmosférica Temp. ambiente	H226 – Flam. Liq. 3	0,14128
Embalagens	44	Verniz engreng Kluber GETRIEBEPRÜFLACK	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225	2,30E-04
Embalagens	44	WD 40	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Aquatic Chronic 2, H411 Flam. Aerosol 1, H222 (contendo gases inflamáveis das categorias 1 ou 2 ou líquidos inflamáveis da categoria 1)	0,00327
Reservatório enterrado	16	Gasóleo rodoviário	Pressão atmosférica Temp. ambiente	34. c) Produtos petrolíferos e combustíveis alternativos Gasóleos (incluindo combustíveis para motores diesel, fuelóleos domésticos e gasóleos de mistura) Aquatic Chronic 2, H411 H226 – Flam. Liq. 3	25,35
Reservatório	Circuito ORC – 3.6 ¹	Ciclopentano	Pressão atmosférica Temp. ambiente	Flam. Liq. 2, H225	14
Saída do regenerador - 301	Circuito ORC – 3.4 ¹	Ciclopentano	Pressão = 23,6 bar Temp. = 69 °C	Flam. Liq. 2, H225	-
Módulo de alta temperatura - 302	Circuito ORC – 3.1 ¹	Ciclopentano	Pressão = 23,4 bar Temp. = 103,1 °C	Flam. Liq. 2, H225	-
Saída do módulo de evaporação - 305	Circuito ORC – 3.1 ¹	Ciclopentano	Pressão = 22,7 bar Temp. = 196,9 °C	Flam. Liq. 2, H225	-
Entrada do condensador - 306	Circuito ORC – 3.5 ¹	Ciclopentano	Pressão = 0,5 bar Temp. = 35,5 °C	Flam. Liq. 2, H225	-
Saída do condensador - 307	Circuito ORC – 3.5 ¹	Ciclopentano	Pressão = 0,5 bar Temp. = 24,3 °C	Flam. Liq. 2, H225	-
Saída da bomba de alimentação - 308	Circuito ORC – 3.7 ¹	Ciclopentano	Pressão = 24,4 bar Temp. = 52,9 °C	Flam. Liq. 2, H225	-

¹ Anexo 6 "Circuito ORC Ciclopentano_05jan2024.pdf"

1.1.1 Características das substâncias perigosas

A substância do ponto de vista da regulamentação relativa a Prevenção de Acidentes Graves (Diretiva Seveso), relevante do ponto de vista do projeto de alteração é o ciclopentano, 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. 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, com densidade de 746 kg/m³ e densidade de vapor 2,4 vezes a densidade do ar. O ponto de ebulição do ciclopentano é 49,5 °C e o ponto de inflamação -37 °C.

Os limites de explosão variam entre 1,5% e 8,7%, no ar à temperatura ambiente.

1.2 Descrição das atividades

Estando no âmbito do presente estudo a instalação de um sistema de WHR (*Waste Heat Recovery*) do Forno 7 de Alhandra, a descrição apresentada neste capítulo focar-se-á no projeto de alteração referido que leva à alteração de inventário.

Conforme referido anteriormente o projeto de alteração no CPA constitui a instalação de um sistema de recuperação de calor dos gases de exaustão WHR do Forno 7 de Alhandra, com base no Ciclo Termodinâmico de Rankine com fluido orgânico (ORC - *Organic Rankine Cycle*) e condensação por ar (ACC).

Os gases de exaustão da linha de cozedura (gases quentes na saída do pré-aquecedor e ar de excesso na saída do arrefecedor) saem do processo a temperaturas elevadas (cerca de 330 °C) e são arrefecidos antes de serem encaminhados para os respetivos filtros de despoejamento e libertados para a atmosfera. Os gases na saída do pré-aquecedor passam por uma torre de condicionamento e o seu arrefecimento é efetuado através da injeção de água pulverizada na torre de condicionamento. Por outro lado, o ar de excesso do arrefecedor atravessa um permutador de calor e o arrefecimento é realizado através de ventiladores axiais. Em ambos os casos não há recuperação da energia térmica dos gases quentes, e implica consumo de água (na torre de condicionamento) e de energia (ventiladores axiais do permutador de calor) para arrefecimento dos mesmos.

A instalação de um sistema de recuperação de calor permitirá transformar a energia térmica dos gases quentes de exaustão em energia mecânica, numa turbina, a qual será convertida em energia elétrica através do gerador.

1.2.1 Waste Heat Recovery

A solução técnica para o WHR consiste num sistema gerador de vapor com fluido orgânico e condensação por ar, utilizando duas caldeiras de recuperação de calor com fluido térmico.

Todo o sistema opera em circuito fechado (fluido térmico e fluido orgânico), sem emissão de efluentes para a atmosfera. Os gases na saída das caldeiras de recuperação são devolvidos para o circuito convencional de despoejamento já instalado. Os gases quentes atravessam a caldeira em contracorrente com um fluido térmico mais frio, permitindo a transferência de calor dos gases para o fluido térmico. O fluido térmico (quente) proveniente de ambas as caldeiras junta-se numa única corrente e atravessa uma bateria de permutadores de calor (evaporador + permutador de calor de alta temperatura + permutador de calor de baixa temperatura), permitindo a transferência de calor do fluido térmico para o fluido orgânico. No evaporador o fluido orgânico passa à forma de vapor e é de seguida expandido numa turbina, a qual está associada a um gerador elétrico, produzindo-se assim energia elétrica. O fluido orgânico sob a forma de vapor atravessa depois o regenerador, aquecendo o fluido orgânico líquido que circula em contracorrente, e é posteriormente direcionado para o condensador a ar (ACC). No condensador o fluido orgânico passa ao estado líquido e o calor de condensação é libertado para a atmosfera, a cerca de 30 °C, sem qualquer consumo de água. O fluido orgânico líquido é de seguida bombeado para o regenerador e evaporador, completando assim a operação do sistema ORC em circuito fechado.

O sistema de WHR fora as situações de paragem e manutenção estará sempre em funcionamento, funcionando sempre que o forno está em marcha.

Apresenta-se na figura seguinte o esquema do sistema de recuperação de calor dos gases de exaustão (WHR) do Forno 7.

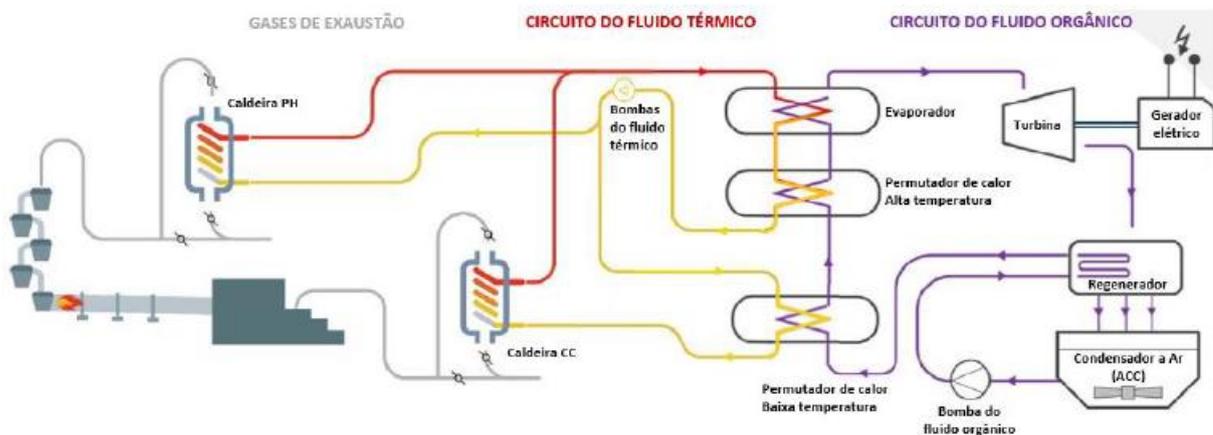


Figura 1 - Esquema do sistema de recuperação de calor dos gases de exaustão (WHR) do Forno 7

1.2.1.1 Descrição do funcionamento das instalações

Neste ponto apresenta-se uma descrição do funcionamento das infraestruturas/ equipamentos/ sistemas associados ao novo sistema de recuperação de calor dos gases de exaustão WHR.

A. Caldeira de recuperação do pré-aquecedor (PH)

Esta caldeira ficará localizada junto ao pré-aquecedor em paralelo com a torre de condicionamento existente. O ar quente na saída do pré-aquecedor atravessa a caldeira PH na vertical, sentido descendente, em contracorrente com um fluido térmico mais frio,

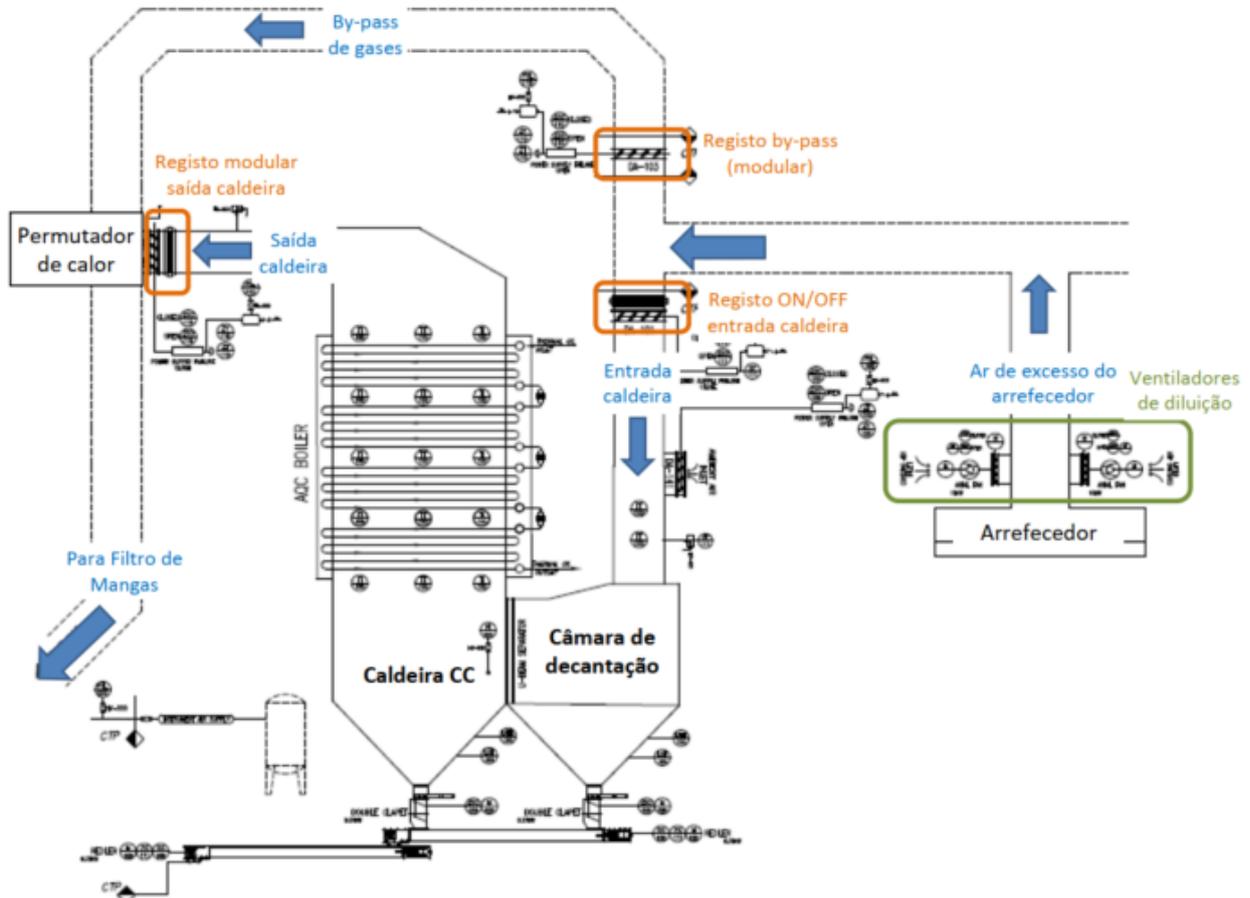


Figura 3 - Esquema da caldeira CC, circuito de gases, registros e ventiladores de diluição

C. Circuito do fluido térmico

O fluido térmico utilizado será o Therminol 66 ou equivalente. A energia necessária para a circulação do fluido será fornecida por três bombas de circulação (2 em operação e 1 de reserva). O circuito inclui um sistema de expansão, constituído por um tanque de expansão (localizado no topo de uma das caldeiras) e um sistema de drenagem, composto por duas bombas e um tanque, que possibilitará a transferência do fluido térmico de ambas as caldeiras para o tanque de armazenamento. O tanque de armazenamento do fluido térmico terá uma capacidade equivalente à quantidade total no circuito. De referir que o fluido térmico Therminol 66 é uma mistura não classificada no âmbito seveso como perigosa. Apresenta-se na figura seguinte o esquema do circuito do fluido térmico.

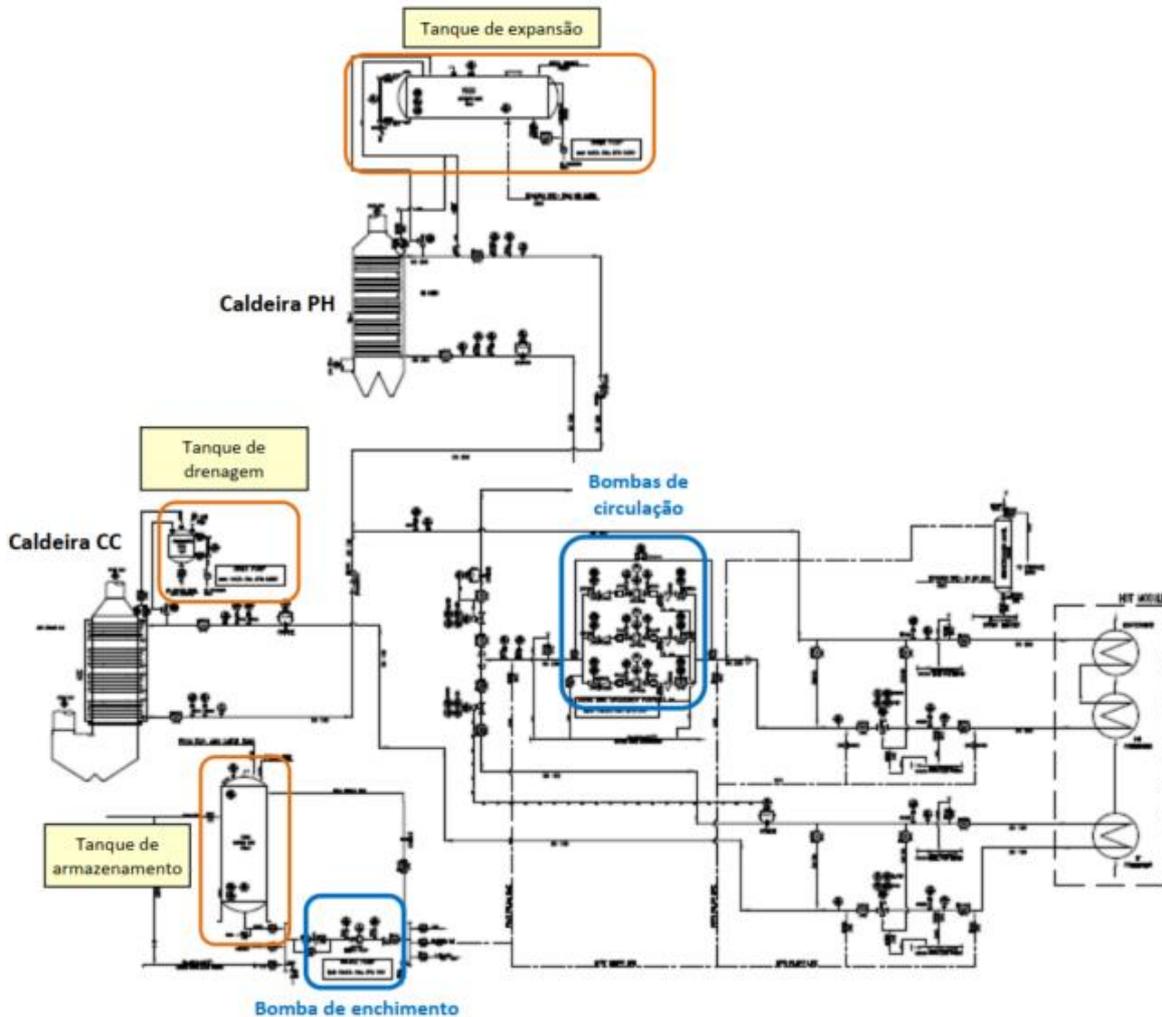


Figura 4 - Esquema do circuito do fluido térmico

O circuito será composto por uma linha singular para a caldeira PH e uma linha singular para a caldeira CC. As correntes individuais de fluido térmico (quente), provenientes de cada uma das caldeiras, misturam-se numa corrente única, a qual atravessa uma bateria de permutadores de calor, permitindo a transferência de calor do fluido térmico para o fluido orgânico.

D. Circuito do fluido orgânico

Conforme indicado anteriormente o fluido orgânico utilizado será o ciclopentano. A bateria de permutadores de calor do sistema ORC é constituída por um evaporador, um permutador de calor de alta temperatura (HT) e um permutador de calor de baixa temperatura (LT).

No evaporador o fluido orgânico passa à forma de vapor e é de seguida expandido numa turbina, a qual está acoplada a um gerador elétrico, que transforma a energia mecânica em energia elétrica, para autoconsumo na instalação fabril. A turbina e o gerador serão instalados numa sala dedicada, isolada acusticamente.

O fluido orgânico na saída da turbina, sob a forma de vapor, atravessa depois o regenerador, onde o calor do vapor é aproveitado para aquecer o fluido orgânico líquido que circula em contracorrente. Na saída do regenerador, o fluido orgânico sob a forma de vapor é direcionado para o condensador a ar (ACC), onde passa ao estado líquido. O condensador é constituído por módulos de tubos aletados, arrefecidos por ventiladores, sendo o calor de condensação libertado para a atmosfera, a cerca de 30 °C.

O fluido orgânico líquido é de seguida bombeado para o regenerador e evaporador, completando assim a operação do sistema ORC em circuito fechado.

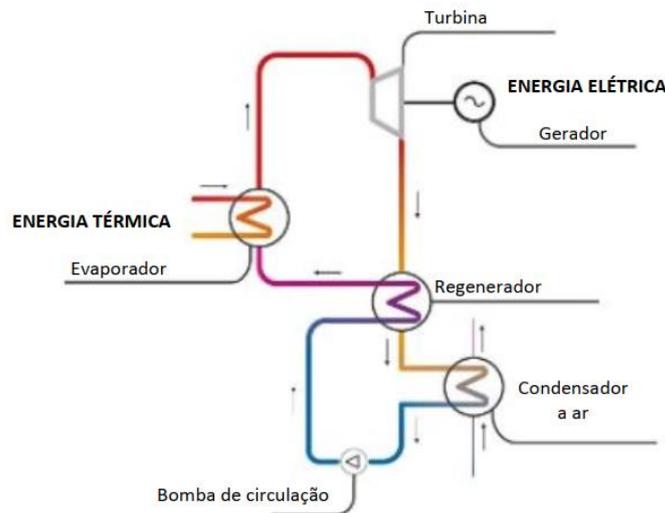


Figura 5 - Esquema circuito ORC

A produção de energia expectável com a nova instalação de WHR depende do cenário considerado para a caldeira PH e caldeira CC, podendo variar entre 1 804 kW e 5 631 kW (energia NET).

Apresenta-se no Anexo 1 informação complementar relativa ao circuito ORC (ciclopentano).

1.2.1.2 Tanque auxiliar

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

- Tanque auxiliar de ciclopentano horizontal de 23 m³;
- Bomba de carga de fluido de trabalho (ciclopentano);
- Linha de tubagem de ligação do tanque auxiliar ao circuito fechado do fluido térmico;
- Válvulas de operação e enchimento;
- Instrumentação e dispositivos de segurança.

O tanque auxiliar de ciclopentano tem como função receber o fluido de trabalho em caso de emergência ou durante uma paragem da turbina do WHR que requeira o esvaziamento do sistema, pelo que em operação normal o tanque se encontra vazio ou com um inventário mínimo.

Espera-se que durante o ano, o ciclopentano esteja no tanque auxiliar durante 2 meses e no restante encontra-se em circulação no ciclo Rankine.

1.3 Medidas de prevenção e mitigação

Os princípios gerais que se aplicaram para as fases de projeto e construção das instalações do sistema de WHR no Centro de Produção de Alhandra foram:

- Utilização de normas e recomendações específicas do setor petrolífero, assim como regulamentos locais e outras especificações:

<i>Ambito de Aplicação</i>	Norma
<i>Pressure equipment (heat exchangers and vessels)</i>	EN 13445 series, or ASME BPVC sect. VIII div. 1
<i>Direct heat exchangers (organic boilers directly heated by hot gases)</i>	EN 12952 / EN 12953 series, or ASME BPVC sect. I
<i>Metallic (process) piping</i>	EN 13480 series, or ASME B31.3
<i>Materials</i>	EN 10204 + EN 13445-2 or EN 13480-2 or ASME BPVC sect. II
<i>Air condenser</i>	ISO 13706 – API 661
<i>Tubes</i>	ASME B36.10
<i>Fittings</i>	ASME B16.9
<i>Flanges</i>	ISO 1092-1 or ASME B16.5
<i>Welding of pressure equipment</i>	ISO 9606-1 + EN 15607 series or ASME BPVC sect. IX
<i>Welding of steel structures</i>	ISO 9606-1 + EN 15607 series
<i>Qualification of NDE operators</i>	ISO 9712 or ASNT SNT-TC-1A
<i>Explosive atmospheres</i>	IEC EN 60079-10-1 IEC EN 60079-14
<i>General criteria of protection against over-pressure</i>	EN 764 series
<i>Process anomalies</i>	API 521 / ISO 23251
<i>Sizing of pressure safety devices</i>	ISO 4126 series
<i>Assessment and reduction of risk of machineries</i>	ISO 12100 + ISO 14121-2
<i>Functional safety</i>	IEC EN 61511 series IEC EN 62061 series
<i>Safety-related parts of control systems</i>	ISO 13849 series
<i>General requirements for the design and construction of fixed and movable guards.</i>	EN 953
<i>Permanent means of access to machinery</i>	ISO 14122 series
<i>Pumps</i>	EN ISO 5199
<i>Evaluation of machines vibration</i>	ISO 10816-3
<i>Hydraulic fluid power</i>	EN 4413
<i>Classification of environmental conditions</i>	IEC EN 60721-3-3 IEC EN 60721-3-4
<i>Noise</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 utilizam-se, entre outras:

- Turbogenerador com operação automática e continuamente monitorizado por um Sistema de Controlo Centralizado, sem necessidade de intervenção direta de operadores;
- Sistemas automáticos de Paragem de Emergência do Turbogenerador por meio de PLC de segurança, independente do Sistema de Controlo, que param e isolam a Turbina e os circuitos de circulação do ciclopentano;
- 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 Turbogenerador ORC (Turbina e Gerador elétrico) será instalado no interior de uma sala construída para o efeito. Apenas o aerocondensador arrefecido a ar, evaporadores e recuperador de calor estarão no exterior;
- O edifício do grupo turbogenerador tem sistema de controlo de temperatura e pressão que mantém o edifício dentro dos parâmetros de segurança definidos;
- Bomba de circulação do ciclopentano e turbogenerador protegidos com duplo selo mecânico;
- Instalação de um Sistema de vácuo para remoção de ar e gases não condensados, que possam entrar nos circuitos de circulação do ciclopentano;
- Sistemas de enclausuramento das flanges do circuito de ciclopentano classificados de acordo com a norma Europeia EN 1127-1 como estanquicidade durável, de modo a reduzir possíveis fugas de produto;
- Tubagem da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12") e na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano, após o regenerador (8") com encamisamento do mesmo material (aço carbono);
- Sistema de deteção de fluido orgânico, com deteção a 10% do LIE, que efetua a paragem de emergência do sistema WHR, no interior do edifício do Turbogenerador;
- Sistemas fixos de injeção de Azoto no interior do tanque auxiliar para neutralizar quaisquer fugas de ciclopentano.

1.3.1 Medidas de proteção e intervenção para limitar as consequências de um acidente

A Planta de Rede Geral de Águas, onde se inclui a rede de incêndios, desenho n.º 33882 contém a localização dos equipamentos de combate a incêndio fixos incluindo a rede de incêndio armada.

1.3.1.1 Rede de incêndio armada (RIA)

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 1,50 m. Existe igualmente um hidrante e uma boca-de-incêndio do tipo teatro a norte da instalação de WHR possuindo 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 depósito, com uma capacidade de 1 000 m³, e que constitui uma reserva de água afeta à rede de incêndios. Este depósito está dividido em 2 partes com a mesma capacidade (500 m³). O grupo de bombagem é composto por uma eletrobomba Jockey, uma eletrobomba principal e uma motobomba (diesel) de reserva.

1.3.1.2 Hidrantes e bocas-de-incêndio

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

As 8 bocas-de-incêndio existentes são na sua maioria do tipo BIA (três de saída dupla e as restantes de saída tripla), e possuem acoplamento do tipo storz. Algumas delas são de mangueira flexível enroladas em carretel, outras possuem um armário com material contra incêndio na sua proximidade.

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

1.4 Medidas de contenção de derrames

1.4.1 Área do ORC

O risco de perda de contenção de ciclopentano será reduzido uma vez que esta substância será acondicionada 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. Esta área do ORC será totalmente impermeabilizada com revestimento epóxi auto-alisante, com um murete de 200 mm de altura com perímetro circunscrito a uma área aproximada de 509 m², garantindo um volume de contenção 120 m³. Esta área terá um declive de 0,5% para um fosso dentro da bacia de contenção para operação de aspiração/recolha e devido encaminhamento para Operador de Gestão de Resíduos (OGR) (planta "CPA_ORC_CICLOPENTANE LEAK BASIN" apresentada no Anexo 1). 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. Durante os primeiros 5 anos, não é expectável a necessidade de qualquer reenchimento. A partir daí, são realizados pequenos reenchimentos anuais (~1%) de ciclopentano. Assim, o enchimento da turbina com ciclopentano só será completo de 5 em 5 anos ou eventualmente ainda com menor regularidade.



CENTRO DE PRODUÇÃO DE ALHANDRA

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

No caso de alguma avaria grave na turbina, e que seja necessário realizar alguma manutenção invasiva, o ciclopentano é enviado para o tanque auxiliar. O tanque/reservatório auxiliar que pode servir para armazenamento nestas circunstâncias pontuais é completamente estanque. Para além de ser estanque, será instalado numa bacia de retenção assente em solo devidamente compactado. Sobre este solo compactado foi colocada uma barreira de vapor e depois construída uma laje em betão armado com 20 cm de espessura e armada nas duas direções. Esta laje em toda a sua área de contenção, será impermeabilizada com epóxi auto nivelante de alto desempenho tipo SikaFloor 261 ou equivalente. A bacia de retenção do tanque auxiliar será composta por um murete de 1200 mm de altura com perímetro circunscrito a uma área aproximada de 41,5 m² garantindo um volume de contenção de 40 m³. Terá um declive de 1% para fosso na extrema da bacia de contenção para operação de aspiração/recolha e devido encaminhamento para OGR (planta "CPA_ORC_CICLOPENTANE LEAK BASIN" apresentada no Anexo 1).

Relativamente à sala da Turbina/Gerador há a referir que a sala terá um declive de 0,5% para grelha semicentral de escoamento com ligação ao fosso de bombagem para a bacia de contenção do tanque do ciclopentano. O piso da sala em toda a sua área de contenção, será impermeabilizado com epóxi auto nivelante de alto desempenho tipo SikaFloor 261 ou equivalente.

Há ainda a referir que para pequenos derrames existem mantas, rolos, balões, baldes de areia.

Perdas por falta de contenção são impossíveis, contudo para efeitos de segurança adicional, caso uma perda de contenção viesse a ocorrer, o ciclopentano seria contido nesta área impermeabilizada, a partir do qual teria que ser repostado no reservatório ou absorvido. Em qualquer caso, o ciclopentano nunca será enviado para nenhum circuito de águas pluviais ou residuais.

1.4.2 Zona de descarga de ciclopentano

A área de descarga de cisternas de ciclopentano localiza-se em zona pavimentada e impermeabilizada, e não abrangida pela rede de águas pluviais, não existindo ligação a esta rede de efluentes. Em todas as operações de descarga de cisternas com ciclopentano serão instalados no local meios de contenção auxiliares, isolando a área com a instalação de chouriços absorvente com capacidade de absorção de pelo menos 30 L ou equivalente e de kit de derrames localizado na área de descarga. Também serão colocadas caixas de areia em toda as juntas de ligação da mangueira de descarga da cisterna.



Assim, em caso de derrame neste local este será contido no local e encaminhado para operador de gestão de resíduos autorizado.

1.4.3 Tratamento de efluentes

O Centro de Produção de Alhandra dispõe de um conjunto de 22 linhas de tratamento de águas pluviais e residuais, dos quais se destaca, na área do projeto WHR:

- LT 20 - Rede de águas de escorrência pluvial que potencialmente poderão ficar contaminadas com poeiras de farinhas animais (próxima do projeto WHR)

Esta rede é composta por uma área de drenagem, totalmente impermeabilizada (pavimento em betão), onde as águas são drenadas para uma caleira (com grelhas metálicas) ligada a um decantador composto por 3 caixas de decantação, cobertas com tampas de betão amovíveis.

Existe uma outra caleira, junto ao decantador, que recolhe as águas pluviais provenientes da área fabril a Norte/NE da zona de armazenagem, nomeadamente do Stock de Clínquer cuja área de drenagem associada tem cerca de 400 m², sendo as mesmas encaminhadas para a rede de drenagem existente.

O sistema de retenção e tratamento é destinado a prevenir qualquer contaminação de águas ou solos inicialmente por partículas de farinhas animais. Permite, aquando da eventual ocorrência de derrames, incêndios ou outros incidentes, e durante operações de limpeza dos pavimentos, a contenção, tratamento, e armazenamento de águas provenientes dessas operações bem como das águas da chuva que ali escorram.

As águas tratadas, depois de separadas das farinhas ou outros contaminantes, serão lançadas através de uma nova rede de drenagem, num dos coletores de águas pluviais existentes na fábrica, que as encaminhará para o ponto de descarga no rio Tejo EH7, constituído por tubagens em betão enterradas com uma caixa de visita a montante.

Os resíduos resultantes das atuações no caso de Incidentes e emergência serão recolhidos e acondicionados em reservatórios apropriados (Bidão ou outro, consoante disponibilidade

existente e volume de substância derramada), identificados com rótulo adequado, consoante o tipo de produto em questão. Posteriormente são entregues ao Armazém que providenciará o seu encaminhamento para destinatário autorizado para o efeito (passando, desde que necessário e viável, pelo armazenamento temporário no Parque de Resíduos).

1.5 Planta geral do estabelecimento

No Anexo 1 deste documento apresentam-se as seguintes plantas do estabelecimento:

- Des. N.º 33971 - Planta Geral com a localização das Substâncias Perigosas;
- Des. N.º 33882 - Planta de Rede Geral de Águas de Combate a Incêndios;
- Des. N.º 33774 - Sistema de Tratamento de Águas Residuais e Pluviais;
- CPA_ORC_CICLOPENTANE LEAK BASIN – Áreas de contenção de derrames.

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 no Centro de Produção de Alhandra 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 do Centro de Produção de Alhandra;

2. Identificação dos potenciais cenários de acidentes, a partir da materialização de um acontecimento accidental, 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:

2.1. 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;

2.2. Seleção de cenários mais prováveis de ocorrer, face à perigosidade das substâncias perigosas, à quantidade presente e à frequência de ocorrência, analisada anteriormente.

3. 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 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.

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 projeto de WHR no Centro de Produção de Alhandra. Estas causas genéricas foram obtidas a partir de fontes internacionais e bases de dados de acidentes².

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 projeto de WHR, no Centro de Produção de Alhandra, é a perda de contenção de ciclopentano, resultando em fuga ou derrame do mesmo.

Seguidamente analisam-se as fontes de perigo identificadas.

2.1.1.1 Armazenagem

O tanque auxiliar utilizado para armazenar o ciclopentano em caso de emergência ou paragem de manutenção, é um reservatório cilíndrico à pressão atmosférica.

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

- Falhas de material por defeito mecânico ou metalúrgico, seja por corrosão ou 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 Lees, Loss Prevention in the process industries

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, gruas, 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.);
- 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 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 EN 1127-1 como estanquicidade. O sistema possui ainda sistema automático e autónomo em caso de emergência que desligaria a produção elétrica, faria regressar o ciclopentano ao tanque de armazenamento e fecharia as válvulas de segurança entre o tanque e a bomba.

2.1.1.3 Operações de carga e descarga de produtos perigosos

Antes do arranque inicial do sistema ORC será necessário efetuar o carregamento da turbina com ciclopentano através duma bomba automática, que faz abrir as válvulas e transportar o fluido orgânico desde o interior do tanque/reservatório auxiliar. Previamente à operação, o sistema foi inertizado com azoto, e só depois é que se procede ao enchimento do reservatório de armazenamento com a quantidade necessária de ciclopentano.

Note-se que o ciclopentano é um fluido muito caro e será cheio apenas com a quantidade que é necessária e que foi comprada que são 19,4 m³; será essa e apenas essa a quantidade que será transportada e colocada no reservatório durante a sua carga inicial.

A carga do reservatório de armazenamento é feita 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 de armazenamento, não só estão presentes os 2 operadores habilitados da empresa de transporte, que seguem uma checklist com o procedimento da operação de carga, 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) e também técnicos da CIMPOR.



Operações de reenchimento de ciclopentano, que obriguem a nova descarga, são muito raras antes dos primeiros 5 anos, mas em qualquer caso cumprem o procedimento descrito acima e, inclusive, 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, dada a checklist 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;

- Derrames por transbordo de produtos.

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 setor sobre a chegada e descarga de um veículo.

A descarga é ainda acompanhada por um operador do Centro de Produção de Alhandra, com formação adequada e que assegura o cumprimento de todos os requisitos de segurança estabelecidos, nomeadamente um ponto para eliminação de eletricidade estática da viatura de descarga.

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

Acresce que o Centro de Produção de Alhandra 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.

2.2 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.

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 2: Potenciais cenários de acidente

N.º Evento	Evento
1	Rotura catastrófica de tanque auxiliar
2	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar
3	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar
4	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano
5	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano
6	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina

N.º Evento	Evento
7	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina
8	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador
9	Fuga na linha de saída da turbina para o condensador
10	Rotura da linha de saída do condensador
11	Fuga na linha de saída do condensador
12	Rotura catastrófica de cisterna de ciclopentano
13	Rotura de mangueira de descarga de cisterna de ciclopentano
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de ciclopentano
15	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador
16	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura

2.3 Estimativa da frequência de ocorrência dos cenários de acidente identificados

Para cada um dos potenciais cenários de acidente descritos anteriormente foram estimadas as frequências de ocorrência, obtidas da bibliografia e das bases de dados de referência³, para falhas de tubagens, reservatórios, flanges, que podem resultar em roturas ou fugas.

Estas estão apresentadas na tabela seguinte:

³ 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.

Tabela 3: 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 tanque atmosférico*	1,20E-05	ano	ARAMIS D1C_APPENDIX 10, Table 9, Note 4
Fuga de 10 mm tanque atmosférico*	1,00E-04	ano	BEVI, 2009 Tabela 17 – pág. 37
Rotura tubagem diâmetro entre 75 mm 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 entre 75 mm 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 tubagem dupla diâmetro > 150 mm	1,00E-09	m*ano	RISK CALCULATIONS MANUAL Guidelines for quantitative risk analysis, indirect risks and environmental risk analysis – versão 2.0 de 01 / 04 / 2019 (tendo em consideração que o material da tubagem é aço carbono – interior e exterior)
Fuga tubagem dupla diâmetro > 150 mm	5,00E-09	m*ano	RISK CALCULATIONS MANUAL Guidelines for quantitative risk analysis, indirect risks and environmental risk analysis – versão 2.0 de 01 / 04 / 2019 (tendo em consideração que o material da tubagem é aço carbono – interior e exterior)
Rotura total mangueira de cisterna	4,00E-06	h*ano	BEVI, 2009 Tabela 50 – pág. 59

Tipo Evento	Frequência unitária	Unidade base	Referência Bibliográfica
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 dos 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 entre 75 mm e 150 mm e, acima de 150 mm, apresentam-se 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 4: Estimativa da frequência de ocorrência dos eventos críticos

N.º Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento accidental
1	Rotura catastrófica de tanque auxiliar	Rotura catastrófica tanque atmosférico	5,00E-06	0,17	ano	8,33E-07
2	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar	Fuga de 100 mm tanque atmosférico	1,20E-05	0,17	ano	2,00E-06
3	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	Fuga de 10 mm tanque atmosférico	1,00E-04	0,17	ano	1,67E-05
4a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (8")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	34	m*ano	3,40E-06
4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (6")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	2,5	m*ano	2,50E-07
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (8")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	34	m*ano	1,70E-05
5b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (6")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	2,5	m*ano	1,25E-06
6	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	Rotura tubagem dupla diâmetro > 150 mm	1,00E-09	23	m*ano	2,30E-08
7	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	Fuga tubagem dupla diâmetro > 150 mm	5,00E-09	23	m*ano	1,15E-07
8a	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (48")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	11,5	m*ano	1,15E-06

N.º Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento accidental
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (32")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	36,5	m*ano	3,65E-06
8c	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (24")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	0,35	m*ano	3,50E-08
8d	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (10")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	1,3	m*ano	1,30E-07
9a	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (48")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	11,5	m*ano	5,75E-06
9b	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (32")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	36,5	m*ano	1,83E-05
9c	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (24")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	0,35	m*ano	1,75E-07
9d	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (10")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	1,3	m*ano	6,50E-07
10a	Rotura da linha de saída do condensador (12")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	36	m*ano	3,60E-06
10b	Rotura da linha de saída do condensador (10")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	48,5	m*ano	4,85E-06
10c	Rotura da linha de saída do condensador (6")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	36	m*ano	3,60E-06
10d	Rotura da linha de saída do condensador (4")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	2,6	m*ano	2,60E-07
10e	Rotura da linha de saída do condensador (3")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	3,4	m*ano	3,40E-07
11a	Fuga da linha de saída do condensador (12")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	36	m*ano	1,80E-05
11b	Fuga da linha de saída do condensador (10")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	48,5	m*ano	2,43E-05
11c	Fuga da linha de saída do condensador (6")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	36	m*ano	1,80E-05
11d	Fuga da linha de saída do condensador (4")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	2,6	m*ano	1,30E-06
11e	Fuga da linha de saída do condensador (3")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	3,4	m*ano	1,70E-06
12	Rotura catastrófica de cisterna de ciclopentano	Rotura de cisterna	1,00E-05	2,28E-05	ano	2,28E-10
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 dupla diâmetro > 150 mm	1,00E-09	15,5	m*ano	1,55E-08
15b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (6")	Rotura tubagem dupla diâmetro > 150 mm	1,00E-09	2,5	m*ano	2,50E-09
16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (8")	Fuga tubagem dupla diâmetro > 150 mm	5,00E-09	15,5	m*ano	7,75E-08

N.º Evento	Evento	Tipo acidente simulado	Frequência unitária	Número unidades	Unidade base	Frequência acontecimento accidental
16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (6")	Fuga tubagem dupla diâmetro > 150 mm	5,00E-09	2,5	m*ano	1,25E-08
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura (10")	Rotura tubagem diâmetro > 150 mm	1,00E-07	5,5	m*ano	5,50E-07
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")	Fuga tubagem diâmetro > 150 mm	5,00E-07	5,5	m*ano	2,75E-06

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 8 760 horas do ano.

No caso do tanque auxiliar considerou-se apenas a ocupação durante 2 meses do ano com ciclopentano, ou seja, 1/6 do ano (0,17) para trabalhos de manutenção do ciclo Rankine. No restante período o tanque encontra-se vazio ou com um inventário mínimo.

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 n.º 12) e da Rotura de mangueira de descarga de cisterna de ciclopentano (evento n.º 13) e algumas perdas de contenção nos seguintes troços:

Nº Evento	Evento
Evento 1	Rotura catastrófica de tanque auxiliar
Evento 4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (6")
Evento 6	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")
Evento 7	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")
Evento 8c	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (24")
Evento 8d	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (10")
Evento 9c	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (24")
Evento 9d	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (10")
Evento 10d	Rotura da linha de saída do condensador (4")
Evento 10e	Rotura da linha de saída do condensador (3")

Evento 15a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (8")
Evento 15b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (6")
Evento 16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (8")
Evento 16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (6")
Evento 17	Rotura 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.

Os fenómenos perigosos / cenários que tiverem frequência menor que 10^{-6} , não serão modelizados no PHAST 8.7, 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 accidental inicial, nos distintos eventos accidentais. Com base nesta análise, far-se-á a avaliação das respetivas 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 alterar-se ao longo do tempo.

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 ortografia do terreno e da quantidade de produto libertado. A temperatura das chamas pode alcançar os 1 100 °C e altura de 2,5 a 3 vezes o diâmetro. A radiação térmica gerada pode propiciar a afetação de outras áreas.

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

Atendendo às condições de armazenagem, o fenómeno de BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) não deverá ser expectável.

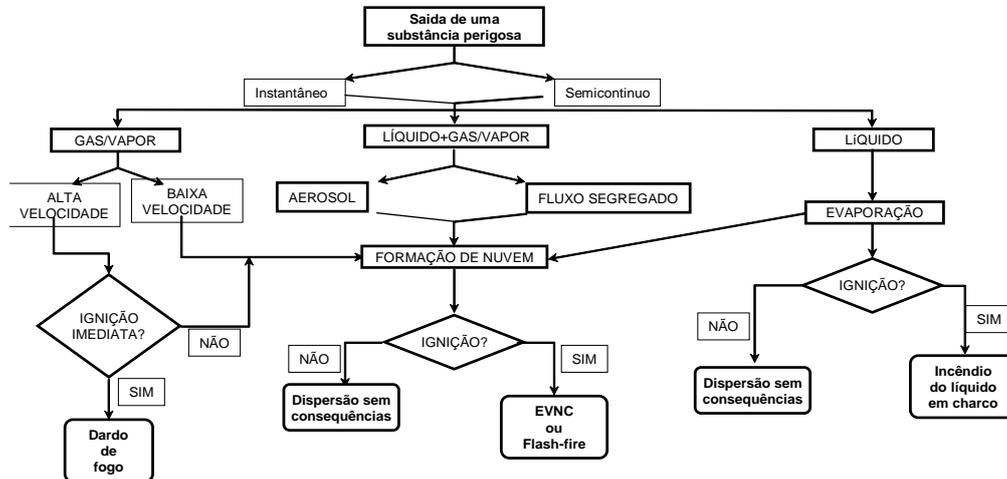
Explosões:

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.

A seguir inclui-se um esquema com os possíveis comportamentos devido a fuga de um produto.



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 o “*Reference Manual BEVI Risk Assessment*” - the Netherlands”, 2009):

- Árvore n.º 1: Fuga instantânea de líquido inflamável;
- Árvore n.º 2: Fuga contínua de líquido inflamável.



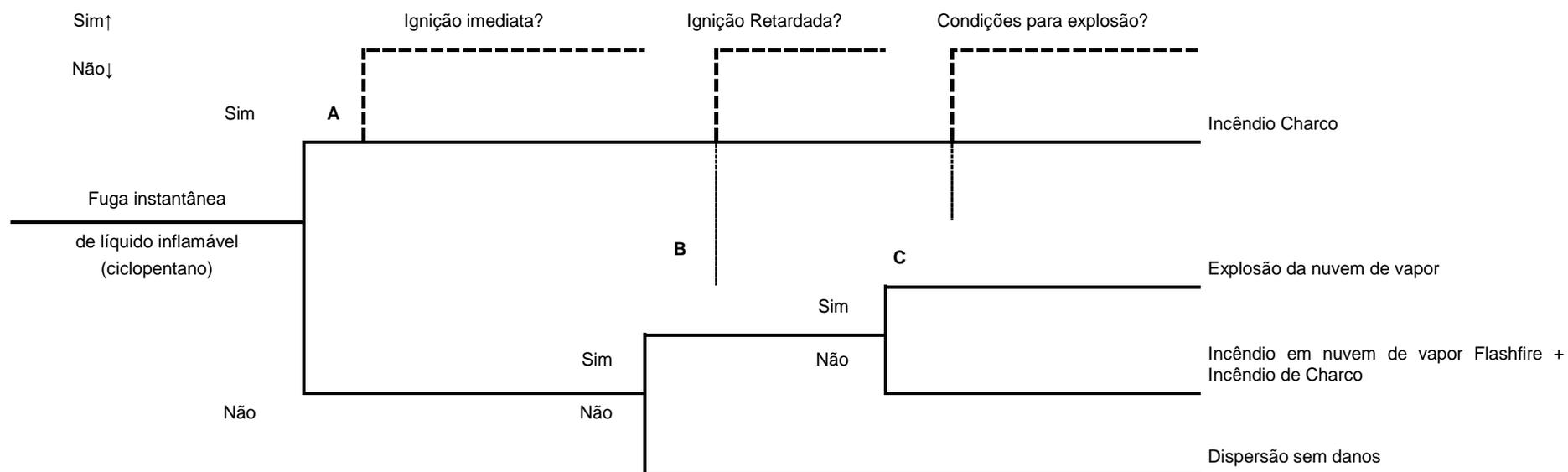
CENTRO DE PRODUÇÃO DE ALHANDRA

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

ÁRVORE DE ACONTECIMENTOS 1

TIPO DE ACIDENTE: FUGA INSTANTÂNEA DE LÍQUIDO INFLAMÁVEL





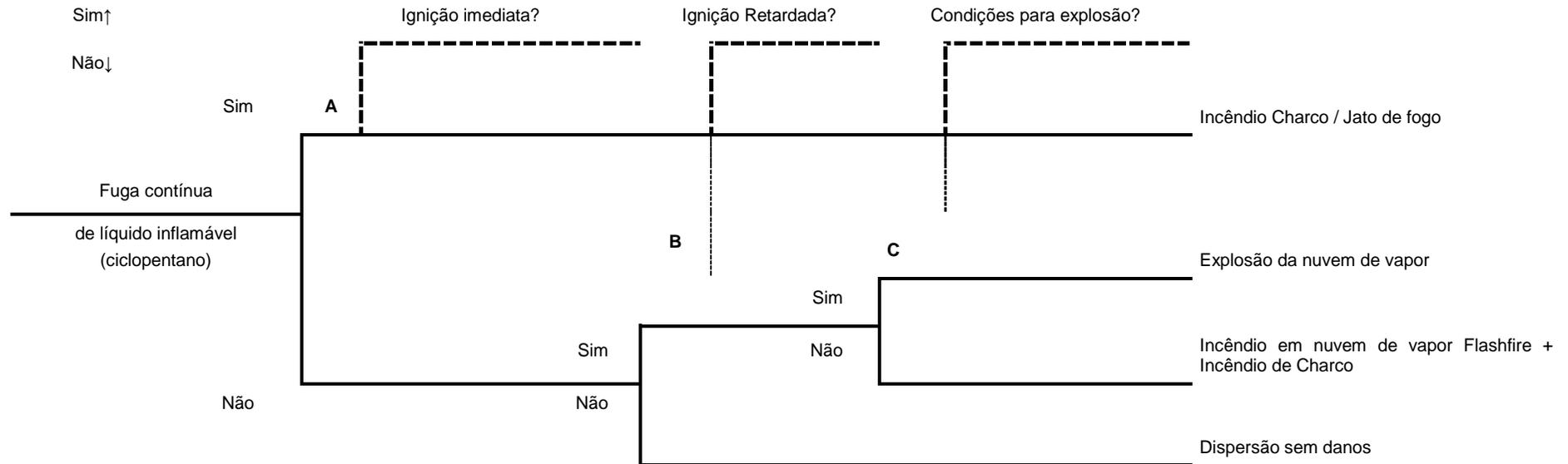
CENTRO DE PRODUÇÃO DE ALHANDRA

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

ÁRVORE DE ACONTECIMENTOS 2

TIPO DE ACIDENTE: FUGA CONTÍNUA DE LÍQUIDO INFLAMÁVEL



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

Tabela 5: Árvores de acontecimentos para cada evento crítico

N.º	Evento crítico	N.º 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 (10")	2
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")	2

2.4.1.1 Probabilidade – Cenários acidentais – Categorias de inflamabilidade

O cálculo da probabilidade dos cenários acidentais (incêndio de jato, charco incendiado, flash-fire, explosão, etc.), 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:

Tabela 6: 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 bibliográficas⁴ para líquidos inflamáveis, gases pouco reativos e gases de reatividade 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 Flashfire⁵. 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

⁴ Reference Manual BEVI Risk Assessment- the Netherlands, 2009

⁵ Purple Book, Pag. 100

retardada sem explosão, o resultado da ignição será um Flashfire, seguido de incêndio do charco. Assim, $P_{PF} = P_{II} + P_{IR} * 0,6 = P_{II} + (1 - P_{II}) * 0,5 * 0,6$;

- 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, $P_{BL} = 0,7 * P_{II}$. Neste caso 30% dará lugar a Explosão/Sobrepresão ou *Flashfire*, com as mesmas proporções que a ignição retardada, ou seja: $F_{flashfire} = (0,3 * P_{II} + P_{IR}) * 0,6$ e $F_{sobrep} = (0,3 * P_{II} + P_{IR}) * 0,4$;
- No caso de fuga contínua de líquido inflamável, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a um incêndio de jato, 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, $P_{PF} = P_{IR} * 0,6 = (1 - P_{II}) * 0,5 * 0,6$;
- No caso de fuga contínua de líquido inflamável com alto ponto de inflamação, se ocorrer ignição imediata, esta dará lugar a um incêndio de jato, 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, $P_{PF} = P_{IR} = (1 - P_{II}) * 0,5$.

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 adotadas para as substâncias.

Tabela 7: Probabilidade de ignição de substâncias inflamáveis em função do caudal de descarga

Categoria de Inflamabilidade	Fuga instantânea (kg)	Fuga contínua (kg/s)	P_{II}
Categoria 0, reatividade média/alta	< 1 000	< 10	0,2
	1 000 a 10 000	10 a 100	0,5
	> 10 000	> 100	0,7
Categoria 0, reatividade baixa	< 1 000	< 10	0,02
	1 000 a 10 000	10 a 100	0,04
	> 10 000	> 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 ⁶	Todas as quantidades	Todos os caudais	0,0065
Categoria 4	Todas as quantidades	Todos os caudais	0

Tabela 8: Classificação das substâncias presentes de acordo com a sua inflamabilidade

Produto	Categoria de inflamabilidade	Notas
Ciclopentano	Categoria 1	H225 na FDS (P _{inf} = -7 °C e P _{eb} = 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;
- as Probabilidades de Ignição imediata (P_{II}) e Ignição retardada (P_{IR});
- a Estimativa de probabilidades de ocorrência de acidentes.

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

⁶ Valor estimado para a categoria 3. As substâncias ou preparações consideradas de Categoria 4 têm probabilidade de ignição imediata igual a 0.

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

Tabela 9: Probabilidades intermédias de cada cenário do evento (ignição imediata e retardada, radiação térmica, LFL, explosão)

N.º Evento	Evento	Frequência acontecimento acidental	P _{II}	P _{IR}	F _{jet}	F _{charco}	F _{flashfire}	F _{exp.}
1	Rotura catastrófica de tanque auxiliar	8,33E-07	0,065	0,468	0,000	0,346	0,281	0,187
2	Rótura de 100 mm no tanque auxiliar	2,00E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
3	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	1,67E-05	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
4a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (8")	3,40E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (6")	2,50E-07	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (8")	1,70E-05	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
5b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (6")	1,25E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
6	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	2,30E-08	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
7	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	1,15E-07	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
8a	Rótura da linha de saída da turbina para o condensador (48")	1,15E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (32")	3,65E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
8c	Rótura da linha de saída da turbina para o condensador (24")	3,50E-08	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
8d	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (10")	1,30E-07	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
9a	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (48")	5,75E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
9b	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (32")	1,83E-05	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
9c	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (24")	1,75E-07	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
9d	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (10")	6,50E-07	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
10a	Rotura da linha de saída do condensador (12")	3,60E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187

N.º Evento	Evento	Frequência acontecimento acidental	P _{II}	P _{IR}	F _{jet}	F _{charco}	F _{flashfire}	F _{exp.}
10b	Rotura da linha de saída do condensador (10")	4,85E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
10c	Rotura da linha de saída do condensador (6")	3,60E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
10d	Rotura da linha de saída do condensador (4")	2,60E-07	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
10e	Rotura da linha de saída do condensador (3")	3,40E-07	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
11a	Fuga da linha de saída do condensador (12")	1,80E-05	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
11b	Fuga da linha de saída do condensador (10")	2,43E-05	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
11c	Fuga da linha de saída do condensador (6")	1,80E-05	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
11d	Fuga da linha de saída do condensador (4")	1,30E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
11e	Fuga da linha de saída do condensador (3")	1,70E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
12	Rotura catastrófica de cisterna de ciclopentano	2,28E-10	0,065	0,468	0,000	0,346	0,281	0,187
13	Rotura de mangueira de descarga de cisterna de ciclopentano	8,00E-07	0,065	0,468	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	0,065	0,281	0,281	0,187
15a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (8")	1,55E-08	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
15b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (6")	2,50E-09	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (8")	7,75E-08	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (6")	1,25E-08	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura (10")	5,50E-07	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")	2,75E-06	0,065	0,468	0,065	0,281	0,281	0,187

Tabela 10: Frequências finais de cada cenário de acidente (radiação térmica, flash-fire, explosão)

N.º Evento	Evento	F _{jet} final	F _{charco} final	F _{flashfire} final	F _{Explosão} final
1	Rotura catastrófica de tanque auxiliar	0	2,88E-07	2,34E-07	1,56E-07
2	Rotura de 100 mm no tanque auxiliar	1,30E-07	5,61E-07	5,61E-07	3,74E-07
3	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	1,08E-06	4,68E-06	4,68E-06	3,12E-06

N.º Evento	Evento	F _{jet} final	F _{charco} final	F _{flashfire} final	F _{Explosão} final
4a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (8")	2,21E-07	9,54E-07	9,54E-07	6,36E-07
4b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (6")	1,63E-08	7,01E-08	7,01E-08	4,68E-08
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (8")	1,11E-06	4,77E-06	4,77E-06	3,18E-06
5b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (6")	8,13E-08	3,51E-07	3,51E-07	2,34E-07
6	Rotura da linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	1,50E-09	6,45E-09	6,45E-09	4,30E-09
7	Fuga na linha de saída do módulo de evaporação para a turbina (12")	7,48E-09	3,23E-08	3,23E-08	2,15E-08
8a	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (48")	7,48E-08	3,23E-07	3,23E-07	2,15E-07
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (32")	2,37E-07	1,02E-06	1,02E-06	6,83E-07
8c	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (24")	2,28E-09	9,82E-09	9,82E-09	6,55E-09
8d	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (10")	8,45E-09	3,65E-08	3,65E-08	2,43E-08
9a	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (48")	3,74E-07	1,61E-06	1,61E-06	1,08E-06
9b	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (32")	1,19E-06	5,12E-06	5,12E-06	3,41E-06
9c	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (24")	1,14E-08	4,91E-08	4,91E-08	3,27E-08
9d	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (10")	4,23E-08	1,82E-07	1,82E-07	1,22E-07
10a	Rotura da linha de saída do condensador (12")	2,34E-07	1,01E-06	1,01E-06	6,73E-07
10b	Rotura da linha de saída do condensador (10")	3,15E-07	1,36E-06	1,36E-06	9,07E-07
10c	Rotura da linha de saída do condensador (6")	2,34E-07	1,01E-06	1,01E-06	6,73E-07
10d	Rotura da linha de saída do condensador (4")	1,69E-08	7,29E-08	7,29E-08	4,86E-08
10e	Rotura da linha de saída do condensador (3")	2,21E-08	9,54E-08	9,54E-08	6,36E-08
11a	Fuga da linha de saída do condensador (12")	1,17E-06	5,05E-06	5,05E-06	3,37E-06
11b	Fuga da linha de saída do condensador (10")	1,58E-06	6,80E-06	6,80E-06	4,53E-06
11c	Fuga da linha de saída do condensador (6")	1,17E-06	5,05E-06	5,05E-06	3,37E-06
11d	Fuga da linha de saída do condensador (4")	8,45E-08	3,65E-07	3,65E-07	2,43E-07
11e	Fuga da linha de saída do condensador (3")	1,11E-07	4,77E-07	4,77E-07	3,18E-07
12	Rotura catastrófica de cisterna de ciclopentano	0	7,89E-11	6,40E-11	4,27E-11
13	Rotura de mangueira de descarga de cisterna de ciclopentano	5,20E-08	2,24E-07	2,24E-07	1,50E-07
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de ciclopentano	5,20E-07	2,24E-06	2,24E-06	1,50E-06
15a	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (8")	1,01E-09	4,35E-09	4,35E-09	2,90E-09
15b	Rotura na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (6")	1,63E-10	7,01E-10	7,01E-10	4,68E-10

N.º Evento	Evento	F _{jet} final	F _{charco} final	F _{flashfire} final	F _{Explosão} final
16a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (8")	5,04E-09	2,17E-08	2,17E-08	1,45E-08
16b	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano, após o regenerador (6")	8,13E-10	3,51E-09	3,51E-09	2,34E-09
17	Rotura na linha do módulo de alta temperatura (10")	3,58E-08	1,54E-07	1,54E-07	1,03E-07
18	Fuga na linha do módulo de alta temperatura (10")	1,79E-07	7,71E-07	7,71E-07	5,14E-07

Nota: Os cenários com frequências superiores a 10^{-6} , a considerar para as conclusões finais, encontram-se marcados a **negrito**.

2.5 Avaliação de consequências

2.5.1 Introdução

O controlo e a planificação perante o risco de um acidente grave fundamentam-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 (sobrepessão);
- 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:

Tabela 11: 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
Sobrepessão	(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. 8.7. 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. O *Waste Heat Recovery* terá válvulas de controlo automático que encerram, em caso de fuga ou redução de pressão do sistema, sem que haja intervenção humana. Assim, o tempo de fuga modelizado nos cenários de acidente considerado foi de 120 segundos. Refere-se ainda que para o caso da fuga das mangueiras da cisterna, a cisterna que transporta o ciclopentano possui uma válvula de fundo, antes da flange de ligação da mangueira de descarga. Assim, considerou-se igualmente 120 segundos para a fuga e rotura de mangueira, uma vez que a operação ocorrerá com a presença de pelo menos um operador da CIMPOR e do motorista da empresa fornecedora do ciclopentano, que tem experiência no transporte deste tipo de substâncias. Em caso de perda de contenção, qualquer um destes elementos poderá rapidamente fechar a válvula de fundo da cisterna, interrompendo a perda de contenção;
- Os cálculos efetuados obtiveram-se mediante a utilização dos seguintes modelos:
 - Dispersão tóxica (dose); Fuga de líquido;
 - Incêndio de jato (Jet Fire); Incêndio de charco (Pool Fire);
 - Nuvem inflamável; Deflagração, UVCE.

- As condições meteorológicas utilizadas nos cálculos efetuados, foram as mais frequentes.

Condições Meteorológicas		
Estabilidade atmosférica	Velocidade do vento (m/s)	Temperatura (°C)
D	3,5	21
Estação de Lisboa Gago Coutinho. Latitude: 38° 766´N; Longitude: 09° 128 W; Altitude: 104m Velocidade do vento e temperatura: Ficha Climatológica - dados do Instituto de Meteorologia (1998 a 2021)		

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 3 – 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 A4);
- Anexo 5 – 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.



CENTRO DE PRODUÇÃO DE ALHANDRA

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Tabela 12: Dados de Entrada no PHAST 8.7

N.º Evento	Evento	Produto	Pressão rel. (bar)	Temperatura (°C)	Diâm. Tubagem (mm)	Diâm. Equiv. Orifício (mm)	Quant. máx. disp. (kg)	Área Bacia (m²)	Duração da fuga (s)
3	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	ciclopentano	atm	25,9	-	10	14 050	40,7	3 600
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (8")	ciclopentano	24,4	26	203,2	20,32	11 710	509	120
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (32")	ciclopentano	0,5	35,5	812,8	812,8	11 710	509	120
9a	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (48")	ciclopentano	0,6	56,8	1219,2	50	11 710	509	120
9b	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (32")	ciclopentano	0,6	56,8	812,8	50	11 710	509	120
10a	Rotura da linha de saída do condensador (12")	ciclopentano	0,5	24,3	304,8	304,8	11 710	509	120
10b	Rotura da linha de saída do condensador (10")	ciclopentano	0,5	24,3	254	254	11 710	509	120
10c	Rotura da linha de saída do condensador (6")	ciclopentano	0,5	24,3	152,4	152,4	11 710	509	120
11a	Fuga da linha de saída do condensador (12")	ciclopentano	0,5	24,3	304,8	30,48	11 710	509	120
11b	Fuga da linha de saída do condensador (10")	ciclopentano	0,5	24,3	254	25,4	11 710	509	120
11c	Fuga da linha de saída do condensador (6")	ciclopentano	0,5	24,3	152,4	15,24	11 710	509	120
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de ciclopentano	ciclopentano	atm	amb	50,8	5,08	14 050 ⁽¹⁾	54 ⁽²⁾	120

⁽¹⁾ a cisterna é dedicada à operação de carga do tanque auxiliar. Embora tenha maior capacidade, o fornecedor só vende a quantidade necessária, por isso a cisterna terá o volume de produto igual ao do tanque;

⁽²⁾ Área aproximada de uma cisterna.



CENTRO DE PRODUÇÃO DE ALHANDRA
Projeto Waste Heat Recovery
Avaliação de Compatibilidade de Localização

Tabela 13: Resultados da modelação no PHAST 8.7 (alcances em metros)

N.º Evento	Evento	Jet 7 kW/m ²	Jet 5 kW/m ²	Pool 7 kW/m ²	Pool 5 kW/m ²	LFL/2	Exp 140 mbar	Exp 50 mbar
3	Rotura de 10 mm no tanque auxiliar	10	10	25	29	7	N.S.	N.S.
5a	Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de ciclopentano (8")	61	67	67	77	29	54	104
8b	Rotura da linha de saída da turbina para o condensador (32")	N.S.	N.S.	83	95	25	N.S.	N.S.
9a	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (48")	N.S.	N.S.	57	66	22	49	92
9b	Fuga da linha de saída da turbina para o condensador (32")	57	63	66	76	25	53	100
10a	Rotura da linha de saída do condensador (12")	N.S.	N.S.	83	95	37	N.S.	N.S.
10b	Rotura da linha de saída do condensador (10")	N.S.	N.S.	83	95	38	N.S.	N.S.
10c	Rotura da linha de saída do condensador (6")	N.S.	N.S.	83	95	40	N.S.	N.S.
11a	Fuga da linha de saída do condensador (12")	48	52	8	8	16	29	56
11b	Fuga da linha de saída do condensador (10")	40	44	N.S.	N.S.	13	28	55
11c	Fuga da linha de saída do condensador (6")	24	26	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
14	Fuga de mangueira de descarga de cisterna de ciclopentano	N.S.	N.S.	3	5	3	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.



CENTRO DE PRODUÇÃO DE ALHANDRA

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

2.6 Substâncias perigosas para os organismos aquáticos

O ciclopentano não está classificado como substância perigosa 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 4.

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.

4. Caracterização da vulnerabilidade da envolvente

4.1 Elementos construídos

O Centro de Produção de Alhandra, 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 283 345 m².

No que respeita à envolvente, o Centro de Produção de Alhandra insere-se em terrenos a Sul da vila de Alhandra, sendo a área fabril delimitada a norte pela área urbana, a oeste pela Autoestrada do norte (A1) a cerca de 100 m a partir do perímetro. A sul encontram-se alguns armazéns de logística e estabelecimentos industriais. A este encontra-se o rio Tejo.

A oeste encontra-se ainda a linha ferroviária do norte, que passa junto do perímetro do Centro de Produção.

O projeto do Sistema WHR encontra-se instalado no interior do Centro de Produção de Alhandra, numa parcela de terreno não visível do exterior, isolado e protegido pelos diversos edifícios do Centro de Produção.

Os principais recetores sensíveis encontram-se todos a distâncias consideráveis do projeto WHR do Centro de Produção de Alhandra, pelo que atendendo ao relevo do terreno distam:

- Unidade de Saúde de Alhandra, a cerca de 440 m;
- EB n.º 2 de Alhandra, a cerca de 620 m;
- Escola EB1 n.º1 - Jardim de Infância de Alhandra, a cerca de 700 m;
- Colégio O Co.Cas, a cerca de 730 m;
- Igreja Matriz de São João Batista de Alhandra, a cerca de 800 m;
- Igreja Nossa Senhora de Fátima, a cerca de 920 m;
- Supermercado Intermaché, a cerca de 980 m;
- Associação do Hospital Civil e Misericórdia de Alhandra, a cerca de 1 130 m;
- Piscina Baptista Pereira, a cerca de 1 150 m;
- Pavilhão Municipal, a cerca de 1 220 m;
- Escola EB 2/3 Soeiro Pereira Gomes, a cerca de 1 280 m;
- Escola Básica do Sobralinho, a cerca de 1 620 m;
- Supermercado Pingo Doce, a cerca de 1 740 m;
- EB n.º 4 de Vila Franca de Xira (1.º Ciclo), a cerca de 2 280 m.

De acordo com a planta com a definição das Zonas de Perigosidade, apresentada no Anexo 4, não existem elementos da envolvente da CIMPOR Alhandra, presentes numa distância igual ou inferior a 138 metros da área de implantação do projeto WHR, passíveis de serem afetados por um acidente grave, tais como habitações, estabelecimentos comerciais, edifícios



CENTRO DE PRODUÇÃO DE ALHANDRA

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

que recebam público, escolas, lares, hospitais, etc.. A única exceção é o campo da Hortinha (a poente) constituído por uma área desportiva sem público e, um edifício residencial.

No interior do Centro de Produção de Alhandra, apenas alguns dos edifícios mais próximos são passíveis de ser afetados por um acidente.

4.2 Recetores ambientalmente sensíveis

O Centro de Produção de Alhandra, onde se enquadra o projeto WHR, encontra-se no limite oeste da área da Reserva Natural do Estuário do Tejo, Rede Natura 2000, Zona de Proteção Especial e o Sítio do Estuário do Tejo.

O Município de Vila Franca de Xira, onde se encontra o Centro de Produção de Alhandra é abrangido pela área protegida da Reserva Natural do Estuário do Tejo (RNET), numa extensão de 7 415,99 ha, ocupando cerca de 23% do território municipal. A RNET, que pertence à Rede Nacional de Áreas Protegidas, criada pelo Decreto-Lei n.º 565/76, de 19 de julho, compreende uma área total de 14 416,14 ha, que inclui também os municípios de Alcochete e Benavente (a Norte e Este), sendo que uma parte significativa da RNET (51,4%) encontra-se em Vila Franca de Xira.

A RNET integra uma extensa superfície de águas estuarinas, zonas de sapal, salinas, mouchões e terrenos agrícolas (lezíria) e tem como objetivo a manutenção das funções naturais numa área representativa do ecossistema estuarino e a proteção do elevado número de aves migradoras que acorrem a este estuário sobretudo no outono/inverno e no período de passagens migratórias.

Para o Município de Vila Franca de Xira, a Rede Natura 2000 inclui a Zona de Proteção Especial (ZPE) do Estuário do Tejo (PTZPE0010) que abrange no território concelhio uma superfície total de 13 070 ha (cerca de 41,07%) e o Sítio do Estuário do Tejo (PTCON0009). Embora os limites geográficos do Sítio e da ZPE sejam semelhantes, o Sítio ocupa uma área um pouco menor no território concelhio, totalizando 12 920 ha, ou seja, cerca de 40,60% do território concelhio.

A Reserva Agrícola Nacional (RAN) é o conjunto das áreas que, pelas suas características agroclimáticas, geomorfológicas e pedológicas, apresentam maior aptidão para a atividade agrícola, formalizada com o objetivo de proteger o recurso solo e sua afetação à agricultura. No caso do Município de Vila Franca de Xira, a RAN14 foi aferida no âmbito da Revisão do PDM com fundamento na prossecução do modelo de ordenamento proposto.

Esta RAN encontra-se a este, na margem esquerda do rio Tejo, onde se realiza o Aproveitamento Hidroagrícola da Lezíria Grande de Vila Franca de Xira.

Além das áreas indicadas anteriormente, verifica-se a presença de duas linhas de água superficiais, uma a norte e outra a sul do Centro de Produção de Alhandra, que desaguam no rio Tejo.



CENTRO DE PRODUÇÃO DE ALHANDRA

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

4.3 Uso, classificações e qualificações do solo

Relativamente à área envolvente ao Centro de Produção de Alhandra, esta é maioritariamente classificada como área muito condicionada à construção. O estabelecimento encontra-se numa área com solos urbanizados de Espaço de Indústria, com solos alterados muito antigos (o centro de produção foi constituído em 1894 como a Fábrica de Cimento Tejo).

O projeto do Sistema WHR será implantado totalmente no perímetro fabril licenciado em áreas impermeabilizadas e consolidadas do Centro de Produção de Alhandra, pelo que não haverá, durante a exploração, a intervenção em áreas adjacentes naturais. 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.

No Anexo 1 apresentam-se as seguintes plantas do Plano Diretor Municipal de Vila Franca de Xira (PDM):

- Planta de condicionantes – Outras condicionantes;
- Planta de ordenamento – Áreas de risco ao uso do solo e unidades operativas de planeamento e gestão;
- Planta de ordenamento – Classificação e qualificação do solo;
- Planta de ordenamento – Estrutura ecológica municipal.

4.4 Carta da envolvente

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

5. Conclusão

O Centro de Produção de Alhandra, onde se insere o projeto de instalação de um sistema de WHR (*Waste Heat Recovery*), dedica-se à produção de cimento e situa-se em Alhandra, junto ao Rio Tejo.

O alcance máximo das Zonas de Perigosidade (distância 2) é de 104 metros e refere-se ao evento 5a (cenário 7 do formulário de Zonas de Perigosidade) relativo à sobrepressão devido ao cenário de Fuga na linha de compressão da bomba de alimentação de Ciclopentano (8"). O alcance máximo de limiar da possibilidade de ocorrência de letalidade (distância 1), de 83 m é definido no limite norte pelo incêndio de charco devido ao cenário de rotura da linha de saída da turbina para o condensador (32"), no traçado sul e oeste pelo incêndio de charco devido ao cenário de rotura da linha de saída do condensador (6") e no traçado a este pelo incêndio de charco devido ao cenário de rotura da linha de saída do condensador (10"). De acordo com a planta com a definição das Zonas de Perigosidade, apresentada no Anexo 4, não existem elementos da envolvente do Centro de Produção de Alhandra, presentes numa distância igual ou inferior a 104 metros da área de implantação do projeto WHR, passíveis de serem afetados por um acidente grave.



CENTRO DE PRODUÇÃO DE ALHANDRA

Projeto Waste Heat Recovery

Avaliação de Compatibilidade de Localização

Os cenários não ultrapassam o perímetro do Centro de Produção de Alhandra, à exceção de uma pequena faixa junto da Linha de Caminhos de Ferro do Norte.

No interior do Centro de Produção de Alhandra, 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 substância perigosa 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 a ortografia do terreno, o conjunto de obstáculos, tais como edifícios e estruturas que limitam a propagação de uma nuvem para fora do perímetro fabril. Por outro lado, o ciclopentano se disperso na sua forma gasosa, dada a sua densidade, tem tendência a subir e dispersar combinando-se com o ar, perdendo as suas propriedades rapidamente (segundos).

Em suma, pode-se afirmar que as consequências (alcances) obtidas 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 do sistema de WHR é compatível com a localização do projeto.