

Mestrado Integrado em Engenharia Química

Racionalização do sistema Hot Oil

Tese de Mestrado

de

Paulo Jorge Magalhães Areias

Desenvolvida no âmbito da unidade curricular Dissertação

realizado em

Refinaria do Porto da Petrogal



Orientador na FEUP: **Fernando Gomes Martins**

Orientadores na empresa: **Maria do Céu M. P. M. Barros**

Cláudia Sofia Gomes da Silva



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Departamento de Engenharia Química

Julho de 2010

Your task will not be an easy one. Your enemy is well trained, well equipped and battle hardened. He will fight savagely.

General Dwight Eisenhower - 6 de Junho, 1944

Agradecimentos

Este espaço é dedicado a todos aqueles que me acompanharam durante o planeamento e execução deste projecto, e que tornaram que fosse possível a sua realização. A todos eles, o meu sincero agradecimento.

Agradeço aos orientadores da disciplina de Dissertação, ao Prof. Fernando Martins pelo seu apoio vital e a enorme disponibilidade demonstrada ao longo do projecto, à Eng. Cláudia Gomes da Silva e Eng. Maria do Céu Barros pela informação disponibilizada e pela oportunidade de realizar este projecto.

Agradeço também à Eng. Andreia Costa, Eng. Carlos Reis, Eng. Ana Feliciano e a toda a equipa de Tecnologia da refinaria do Porto pelo apoio, conselhos, informação disponibilizada e pelo bom ambiente de trabalho que proporcionaram.

Deixo também uma palavra de agradecimento ao Sr. José Garcia pelo apoio e bom ambiente proporcionado durante a minha estadia na refinaria.

Finalmente, aproveito também para agradecer aos meus colegas e amigos, Aristides Carneiro, Bruno Gonçalves e Nelson Rego pelo companheirismo e ajuda durante a fase de escrita da tese.

A todos os mencionados o meu mais sincero obrigado.

Resumo

A futura reestruturação da Refinaria do Porto vai implicar alterações em várias unidades processuais, entre as quais a U1200, mais especificamente a coluna T-1201. Esta alteração origina uma modificação ao nível do sistema *Hot Oil*. A necessidade de utilizar este sistema mais eficientemente torna também relevante o estudo da sua aplicabilidade em outras unidades da refinaria.

O presente trabalho sobre o sistema *Hot Oil* evoluiu com a seguinte organização:

- I - O estudo do seu funcionamento actual e comparação com os dados de projecto;
- II - Desenvolvimento de competências ao nível do simulador de processos químicos Aspen One® e no projecto e dimensionamento de permutadores de calor através da aplicação informática *Aspen Exchanger Design and Rating*;
- III - Simulação da coluna T-1201, caracterizando as correntes de entrada e saída do reebulidor E-1205 A/B de modo a determinar as alterações que a sua reestruturação vão implicar no sistema *Hot Oil*;
- IV - Estudo da aplicabilidade do sistema *Hot Oil* na unidade 1400, nomeadamente na coluna T-1401, dimensionando-se um permutador que possibilite a substituição da fornalha H-1402;
- V - Balanço global ao sistema *Hot Oil*, estudando-se a viabilidade da implementação do permutador E-140X.

Uma das principais conclusões deste estudo é que a utilização de *Hot Oil* como utilidade quente na T-1401 é possível, uma vez que existe caudal de óleo suficiente para o funcionamento desta. No entanto não é energeticamente viável, pois iria exigir um maior consumo de fuelgás do que o actual.

Palavras-chave (Tema): sistema *Hot Oil*, simulação de colunas, projecto de permutadores de calor

Abstract

The future restructuration of the Oporto refinery will imply changes in several processing units, including the U1200, and more specifically the column T-1201. This change leads to a modification in the *Hot Oil* system. The need for a more efficient use of this system makes relevant the study of its applicability in other refinery units.

The present work on the *Hot Oil* system developed as the following:

- I - Study of its actual operation and comparison with the project data;
- II - Development of skills in the *Aspen One*[®] simulator and in the project and sizing of heat exchangers in the *Aspen Exchanger Design and Rating* software;
- III - Simulation of the T-1201 column, characterizing the input and output flows from the E-1205 A/B reboiler to determine the changes that its restructuration will imply in the *Hot Oil* system;
- IV - Applicability study of the *Hot Oil* system in the 1400 unit, specifically in the T-1401 column, with the sizing of a heat exchanger to make possible the replacement of the H-1402 furnace;
- V - Overall balance of the *Hot Oil* system, with the study of the E-140X exchanger implementation viability.

The main conclusion of this project is that is possible to use the *Hot Oil* system as hot utility in the T-1401 column, since there is sufficient flow of oil for its operation. However, it is not energetically viable as it would require a greater consumption of fuelgas than the actual operation.

Keywords (subject): *Hot Oil* system, column simulation, heat exchangers project.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Apresentação do Projecto	1
1.2	Contributos do trabalho	2
1.3	Organização da tese.....	2
2	Estado da Arte.....	4
3	Sistemas <i>Hot Oil</i>	6
3.1	Noções gerais.....	6
3.2	Unidades que utilizam o sistema <i>Hot Oil</i> - Breve descrição.....	8
3.2.1	Unidade 1200 <i>Unifining</i>	9
3.2.2	Unidade 1300 <i>Platforming</i>	9
3.3	Sistema <i>Hot Oil</i> 1600	10
3.3.1	Funcionamento geral	10
3.3.2	Equipamentos processuais.....	12
4	Descrição técnica e Discussão de Resultados	15
4.1	Descrição e dados de operação actual do sistema <i>Hot Oil</i>	15
4.1.1	Análise da Fornalha H-1651	15
4.1.2	Análise dos Permutadores E-1205 A/B e E-1306	17
4.2	Reformulação da unidade 1200 e impacto no sistema <i>Hot Oil</i>	19
4.2.1	Resultados da Simulação da coluna T-1201.....	20
4.2.2	Simulação do Permutador E-1205 A/B.....	21
4.3	Utilização do sistema <i>Hot Oil</i> na unidade 1400: estudo de aplicabilidade	24
4.4	Balanço global do sistema <i>Hot Oil</i> e viabilidade.....	28
5	Conclusões	30
6	Avaliação do trabalho realizado	31
6.1	Objectivos realizados	31
6.2	Limitações e trabalho futuro	31

7 Bibliografia..... 32

Índice de Figuras

<i>Figura 3. 1 - Circuito Hot Oil (GPSA, 2004)</i>	6
<i>Figura 3. 2 - Refinaria do Porto da Petrogal</i>	8
<i>Figura 3. 3 - Unidade 1600, sistema Hot Oil</i>	10
<i>Figura 3. 4 - Fornalha cilíndrica do tipo da H-1651</i>	12
<i>Figura 4. 1 - Esquema representativo da simulação da coluna T-1201</i>	20
<i>Figura 4. 2 - Dimensionamento do permutador E-140X para Gasóleo</i>	26
<i>Figura 4. 3 - Dimensionamento do permutador E-140x para White Spirit</i>	27
<i>Figura A 1 - Diagrama de simulação do sistema Hot Oil</i>	33

Índice de Tabelas

<i>Tabela 3. 1 - Condições projectadas para a fornalha H-1651 (Foster Wheeler, 1990)</i>	13
<i>Tabela 3. 2 - Condições e dimensionamento do D-1609 (HRI, 1968)</i>	13
<i>Tabela 3. 3 - Condições projectadas para os permutadores E-1205 A/B e E-1306</i>	14
<i>Tabela 4. 1 - Valores médios de funcionamento da fornalha H-1651</i>	15
<i>Tabela 4. 2 - Características do fluido circulante (valores médios anuais)</i>	16
<i>Tabela 4. 3 - Características do fuelgás e consumo na fornalha</i>	16
<i>Tabela 4. 4 - Valores médios anuais de funcionamento da fornalha</i>	17
<i>Tabela 4. 5 - Valores médios e de projecto de funcionamento dos revaporizadores</i>	17
<i>Tabela 4. 6 - Comparação entre os valores de temperatura de fundo das colunas nas situações de projecto e de operação</i>	18
<i>Tabela 4. 7 - Principais propriedades das correntes de entrada e saída da coluna T-1201</i>	20
<i>Tabela 4. 8 - Desempenho do revaporizador e condensador</i>	21
<i>Tabela 4. 9 - Resultados das simulações do Permutador E-1205 A/B (Caso A)</i>	22
<i>Tabela 4. 10 - Resultados das simulações do Permutador E-1205 A/B (Caso A1)</i>	22
<i>Tabela 4. 11 - Resultados das simulações do Permutador e-1205 A/B (Caso B)</i>	23

Tabela 4. 12 - Simulação da fornalha H-1402.....24

Tabela 4. 13 - Balanço ao sistema Hot Oil.....28

*Tabela 4. 14 - Comparação entre o consumo actual de fuelgás e o extra necessário para o
permutador E-140X.....29*

1 Introdução

1.1 Enquadramento e Apresentação do Projecto

Na maior parte dos processos incluídos na indústria de refinação de petróleo bruto, há uma necessidade comum a todos eles, denominada por energia.

A energia deve ser produzida, não apenas de forma económica, mas também sustentada sob o ponto de vista ambiental. Esse objectivo apenas pode ser atingido com um estudo cuidadoso das necessidades energéticas, aplicando as tecnologias e os conhecimentos técnicos actualmente ao dispor da indústria.

São exemplos dessas tecnologias as caldeiras para produção de vapor e energia eléctrica, as fornalhas que podem funcionar directamente com as correntes processuais (sendo denominadas por fornalhas de “fogo directo”) e aquelas que utilizam um fluido térmico intermédio (sendo então denominadas fornalhas de “fogo indirecto”) (*Trambouze, 2000*). Entre os conhecimentos técnicos é de referir a termodinâmica como principal motor para a optimização e racionalização de todo o sistema energético de uma instalação (*Smith, 2005*).

É neste âmbito que surge o sistema *Hot Oil*, tratando-se de um circuito que possui uma fornalha como equipamento principal, cuja função é a de aquecer um fluido térmico (normalmente um óleo) que serve de meio de transporte à energia calorífica necessária a uma ou mais unidades processuais, tanto em refinarias como em outras indústrias (*Stone et al., 2006*).

A Refinaria do Porto da Petrogal dispõe de diversos meios de produção autónoma de energia, entre eles o sistema de *Hot Oil*. Este sistema encontra-se enquadrado na unidade 1600 e fornece energia às colunas de estabilização das unidades 1200 e 1300 (*Foster Wheeler, 1990*).

A Refinaria será reestruturada a partir de 2010, enquadrada no âmbito do processo de reformulação das Refinarias do Porto e Sines, em que o principal objectivo é o aumento da capacidade de produção de gásóleo e, conseqüentemente, um acréscimo da capacidade da unidade de destilação atmosférica. Associado a este aumento encontra-se a reformulação de várias unidades processuais, entre as quais a unidade 1200 (*unifining*), exigindo portanto uma reformulação e racionalização do sistema de *Hot Oil* da Refinaria, de modo a dar resposta às novas necessidades energéticas desta unidade.

Por outro lado, dado o funcionamento actual do sistema de *Hot Oil* discute-se a possibilidade da utilização deste sistema em outras unidades da Refinaria.

1.2 Contributos do trabalho

Os aspectos de realce no trabalho realizado centraram-se na aquisição de conhecimentos de operação e simulação de fornalhas, permutadores e colunas de destilação, assim como de avaliação e racionalização de um sistema energético a eles ligados. Para tal contribuíram o software *Aspen® Online* como ferramenta de aquisição e registo de dados de operação das unidades e equipamentos envolvidos, e o software *Aspen® One*, como ferramenta de simulação do funcionamento dos equipamentos associados ao sistema.

Este estudo contribui para a reformulação, não apenas do sistema de *Hot Oil*, mas também do aparelho energético da fábrica de combustíveis, tendo em vista as alterações futuras das unidades.

1.3 Organização da tese

A tese está organizada em 6 Capítulos.

Capítulo 1 - Faz-se o enquadramento e objectivos do projecto. É descrito o sistema *Hot Oil*, sua aplicação e importância no funcionamento de uma refinaria, assim como as ferramentas utilizadas no seu estudo e racionalização.

Capítulo 2 - Estado da Arte. Descrevem-se as diversas aplicações dos sistemas *Hot Oil* dando-se exemplos de processos em que o mesmo se encontra implementado, referenciando-se desenvolvimentos recentes na área.

Capítulo 3 - Sistemas *Hot Oil*. Descreve-se de um modo geral o sistema *Hot Oil* enumerando as vantagens e desvantagens inerentes, faz-se a introdução às unidades em que o mesmo se encontra implementado, assim como o seu funcionamento específico na refinaria do Porto, descrevendo-se os equipamentos principais que o compõem e as condições projectadas.

Capítulo 4 - Descrição técnica e discussão de resultados. Apresenta-se o estudo de como o sistema se encontra a funcionar actualmente, apresentando-se as alterações a que o mesmo vai estar sujeito, projectando-se como poderá funcionar futuramente.

Capítulo 5 - Conclusões. São apresentadas as conclusões do trabalho realizado.

Capitulo 6- Avaliação do trabalho realizado. É avaliado o trabalho face aos seus objectivos iniciais, fazendo-se uma descrição de como o trabalho poderá continuar a ser desenvolvido.

2 Estado da Arte

Os sistemas *Hot Oil*, também conhecidos como “*thermal fluid systems*” ou “*dowtherm*” são sistemas de aquecimento industriais onde um fluido térmico (normalmente um óleo sintético) circula por uma bomba através de uma fornalha, ou aquecedor eléctrico, sofrendo um aumento de temperatura, para ser utilizado em diferentes processos (Morris, 2009).

Além dos óleos, outros fluidos podem ser utilizados nestes sistemas, tais como vapor, sais em fusão, fluidos à base de silicone e misturas de glicol. A escolha do fluido é feita com base nas suas propriedades e da finalidade do processo em causa.

De entre os vários fabricantes destes sistemas, pode-se destacar, a *Newpoint Thermal* e a *Thermal Fluid systems Inc.* Estas empresas fornecem fornalhas, sistemas de controlo, filtragem, bombas, válvulas e todo o tipo de equipamentos e manutenção necessários ao funcionamento dos sistemas *Hot Oil*.

Novos processos de optimização têm sido desenvolvidos pela *Newpoint Thermal*, como as fornalhas de dupla serpentina helicoidal, dispondo estas de uma elevada área de superfície e baixa densidade de fluxo médio de calor, aumentando assim a vida útil do fluido. Estas fornalhas têm elevadas eficiências térmicas, normalmente entre 80 e 90%, diminuindo os custos de operação e as emissões gasosas. Uma destas fornalhas foi recentemente adquirida por um dos principais clientes da *Newpoint Thermal*, produzindo aproximadamente 8 Gcal/h de energia, com uma eficiência na ordem dos 89% (Newpoint, 2009).

Tanto quanto se sabe, o maior sistema de *Hot Oil* em funcionamento pode ser encontrado em Taiwan, fornecendo cerca de 96 Gcal/h numa unidade de produção de tereftato e DMT (Heatec, 2004).

Em geral, estes sistemas são utilizados em processos que necessitam de uma gama de temperaturas entre os 90 e os 370 °C. O factor temperatura afigura-se como um dos mais importantes no momento da escolha do fluido a utilizar no sistema. Algumas das aplicações mais usuais são:

- Na indústria de resinas, têxtil, de madeiras e de polímeros, em prensas *plywood*, de laminados e moldagem de plástico e borracha
- Na indústria química e petroquímica em equipamentos tais como reactores, permutadores, secadores e evaporadores (Morris, 2009)

Mais concretamente na indústria de refinação podem-se encontrar estes sistemas nos processos de *Deasphalting* (Kellogg, 2002) e *Platforming* (UOP Company, 1947).

Na Refinaria do Porto, o sistema *Hot Oil* encontra-se implementado na unidade 1600, fornecendo calor às unidades 1200 e 1300. No entanto, com a futura reformulação da Refinaria do Porto surge a necessidade de analisar/avaliar o sistema, de forma a verificar a viabilidade de outras aplicações.

3 Sistemas *Hot Oil*

3.1 Noções gerais

Um sistema *Hot Oil* fornece energia a diferentes aplicações, e embora seja um sistema simples na sua configuração e funcionamento, afigura-se como um importante sistema de suporte ao funcionamento de uma refinaria. A Figura 3.1 representa um exemplo de um circuito *Hot Oil*.

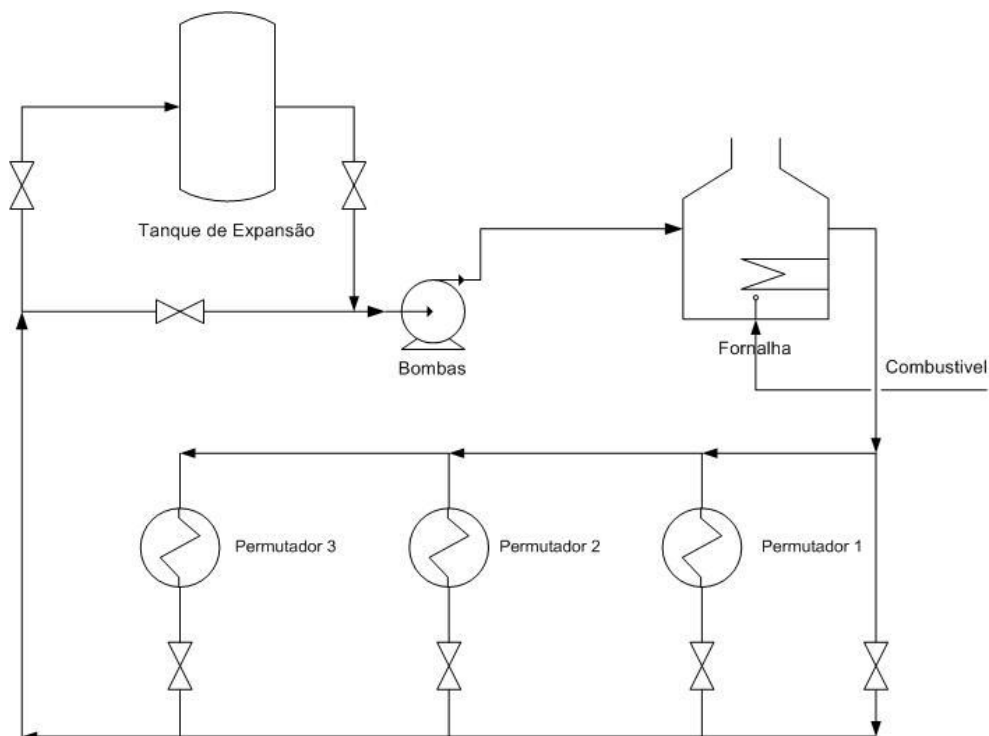


Figura 3. 1 - Circuito *Hot Oil* (GPSA, 2004)

O sistema baseia-se na circulação de um óleo que é bombeado e aquecido numa fornalha, permitindo um aumento de temperatura do fluido na ordem dos 11 a 55°C, sendo posteriormente enviado para permutadores de calor. Após esta permuta, o fluido regressa para um tanque de armazenamento projectado de modo a permitir a expansão deste com o aumento de temperatura. O óleo é novamente bombeado para a fornalha, recomeçando o processo (GPSA, 2004).

O fluido térmico que circula tem tendência a se degradar com o tempo pela quebra de hidrocarbonetos e oxidação, o que pode provocar depósitos na fornalha, bombas e outros equipamentos do sistema. De modo a prevenir que este fenómeno ocorra, e

consequentemente aumente o tempo de vida do óleo, a maioria dos sistemas *Hot Oil* possui acoplado um sistema de filtragem (GPSA, 2004).

Como combustível para a fornalha pode ser usado fuelóleo, fuelgás, ou ambos em simultâneo. O fuelgás tem de ser misturado com ar antes de ser queimado, e o fuelóleo tem de ser atomizado, vaporizado e misturado igualmente com ar (Trambouze, 2000).

As principais vantagens da utilização do *Hot Oil* são (Morris, 2009; GPSA, 2004):

- Baixa pressão de vapor à temperatura ambiente;
- Sempre líquido e de fácil manuseamento;
- Pode ser desenvolvido para uma gama específica de temperaturas;
- Maior calor específico do que a maioria dos hidrocarbonetos;
- Baixa pressão de funcionamento do sistema, necessitando normalmente apenas de pressão para bombear o fluido no sistema.

Como principais desvantagens pode-se apontar (Morris, 2009; GPSA, 2004):

- Baixas propriedades de transferência de calor da maioria dos óleos (em comparação com o vapor);
- Dada a baixa viscosidade dos fluidos térmicos, existe o risco de fugas;
- O superaquecimento do óleo pode provocar oxidação e formar resíduos de coque na tubagem. Há também o risco de ignição.

3.2 Unidades que utilizam o sistema *Hot Oil* - Breve descrição

A Refinaria do Porto da Petrogal encontra-se implementada no complexo industrial do Porto e abrange uma área de aproximadamente 200 hectares.



Figura 3. 2 - Refinaria do Porto da Petrogal

Dispõe de uma capacidade instalada de 4,8 milhões de toneladas/ano e a sua configuração processual privilegia a produção simultânea de combustíveis, lubrificantes, produtos aromáticos de base (BTX), solventes industriais e ceras de Petróleo.

É constituída por 5 fábricas: Fábrica de combustíveis (FCO), Fábrica de aromáticos (FAR), Fábrica de óleos base (FOB), Fábrica de utilidades (FUT) e Fábrica de lubrificantes. A interligar todo o complexo está o centro de coordenação e gestão de produtos, designado por *Movimentação de Produtos (MOV)* (Galp energia, 2009).

O sistema *Hot Oil* está implementado na fábrica de combustíveis, sendo um sistema de suporte às unidades 1200 e 1300, fornecendo calor para o funcionamento de 2 dos seus estabilizadores, nomeadamente a T-1201 e a T-1301.

3.2.1 Unidade 1200 *Unifining*

Esta unidade promove a conversão catalítica, em atmosfera de hidrogénio dos compostos de enxofre, oxigénio, azoto e outros contaminantes e a respectiva remoção.

Deste modo, a gasolina pesada é preparada para a unidade a jusante desta, a 1300.

A gasolina é ainda submetida a um *stripping*, libertando um efluente gasoso que é enviado para a unidade de tratamento de gases por amina (1500), sendo então incorporado no gás de refinaria.

3.2.2 Unidade 1300 *Platforming*

Unidade a jusante da 1200 e que recebe efluente desta. Nesta unidade a gasolina pesada, já dessulfurada e misturada com um gás rico em hidrogénio é sujeita a diversas reacções químicas em presença de catalisador.

O produto obtido é um reformado com elevado índice de octano, sendo posteriormente utilizado como componente do *blending* de gasolinas e como carga da Fábrica de Aromáticos e solventes.

3.3 Sistema *Hot Oil* 1600

3.3.1 Funcionamento geral

O sistema de *Hot Oil* encontra-se implementado na unidade 1600, juntamente com o sistema de recuperação de gases, mas sendo independente deste. A Figura 3.3 pretende representar este sistema:

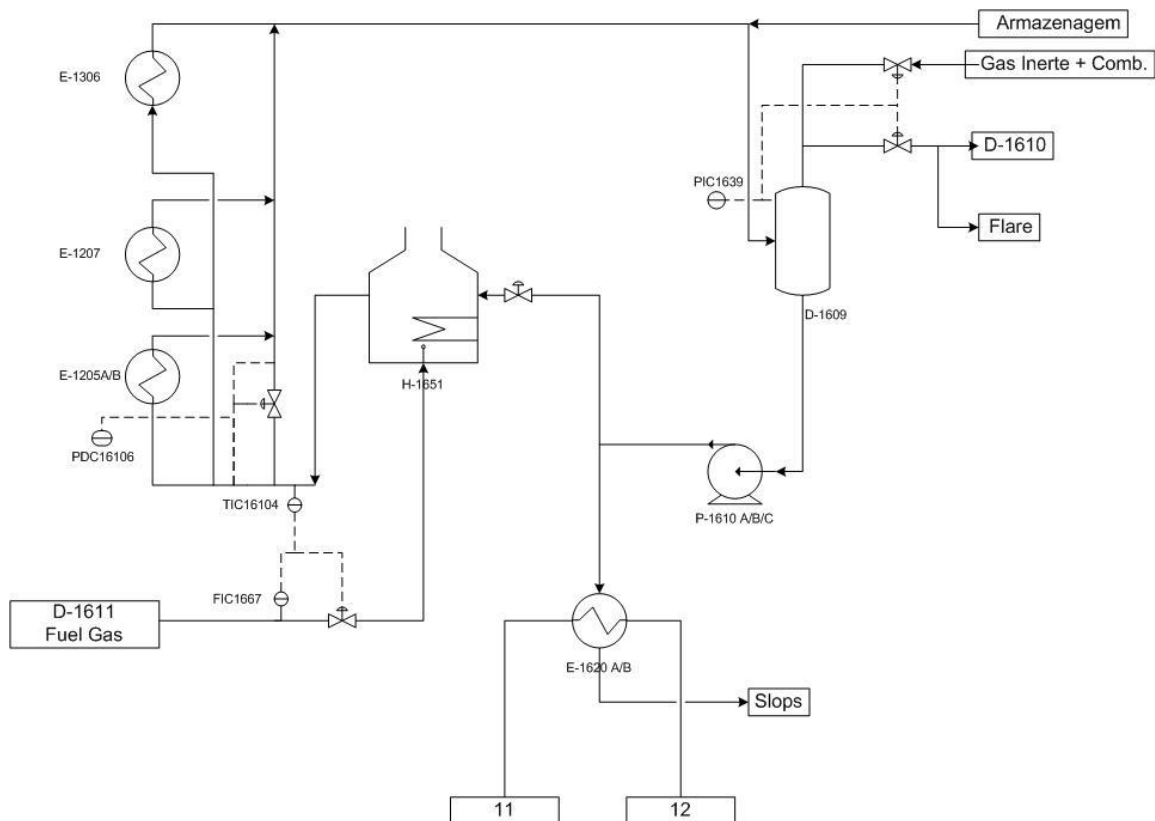


Figura 3. 3 - Unidade 1600, sistema *Hot Oil* (Galp energia, 2009)

Inicialmente projectado pela *Foster Wheeler* aquando do arranque da refinaria do Porto, sofreu alterações em 1990, tendo a antiga fornalha H-1601 sido substituída devido a desgaste (*Foster Wheeler, 1990*).

Esta nova fornalha instalada foi desenhada para satisfazer as necessidades energéticas das seguintes colunas:

- Estabilizador *Unifiner* T-1201 através do revaporizador E-1205 A/B
- Estabilizador *Platformer* T-1301 através do E1306

Existe ainda a possibilidade de utilizar o sistema para separar a gasolina leve da pesada no fraccionador T-1202 através do revaporizador E-1207 quando a restante unidade se encontra parada.

Em operação normal, este circuito está isolado com válvulas e juntas cegas. O revaporizador encontra-se ainda equipado com uma linha de *bypass* e uma válvula manual, para facilitar o seu enchimento com *Hot Oil*, quando necessário.

O *Hot Oil* é aquecido então na fornalha H-1651 por 4 passagens com controlo de caudal que estão definidas por meio de um controlador de caudal total.

Como combustível é utilizado o fuelgás produzido na refinaria. O seu caudal é controlado pela FIC-1667 e a TIC-16104 que trabalham em conjunto, sendo que a 2ª regista a temperatura do *Hot Oil* à saída da fornalha, sendo então o caudal de fuelgás ajustado pela 1ª. Assim a temperatura à saída da fornalha é mantida constante.

O sistema possui um *bypass*, cujo controlo de caudal em recirculação é feito pela válvula de controlo de pressão diferencial PdiCV-16106. Este *bypass* existe por razões de segurança, de modo a assegurar a circulação do óleo quando não existe circulação deste nos permutadores.

Em caso de necessidade, é possível drenar completamente o sistema, sendo o arrefecimento do óleo efectuado no permutador E-1620 fazendo passar água (11 e 12 na Figura 3.3). Após o arrefecimento o óleo é enviado para a secção de resíduos para posterior tratamento.

3.3.2 Equipamentos processuais

i) Fornalha H-1651

O equipamento central do sistema consiste numa fornalha do tipo cilíndrica vertical com secção de radiação na base e convecção no topo.

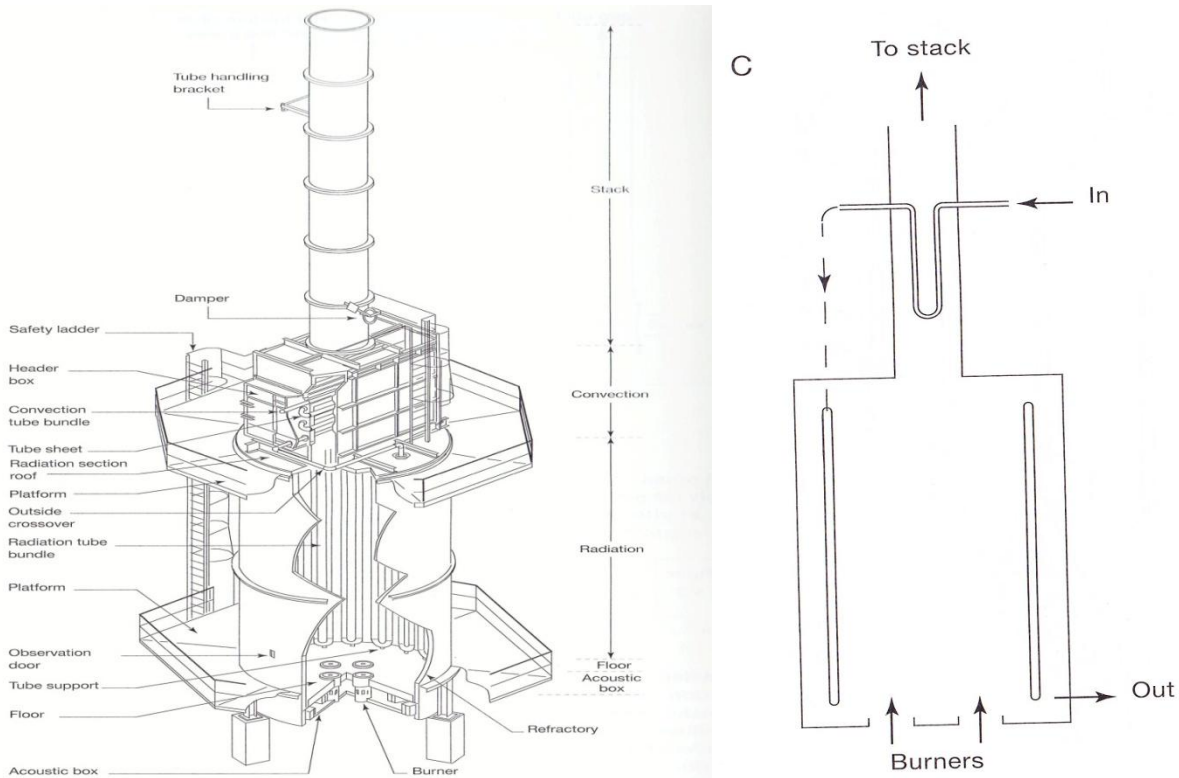


Figura 3. 4 - Fornalha cilíndrica do tipo da H-1651 (Trambouze, 2000)

É caracterizada pelo facto de ter a forma de um cilindro na vertical com os tubos dispostos verticalmente. Os queimadores estão localizados na base e a área de troca de calor cobre as paredes verticalmente. A sua principal vantagem é o reduzido espaço necessário e a facilidade de drenagem.

A selagem não é perfeita, em parte devido ao desgaste natural e também às 4 passagens de tubos. Assim, por razões de segurança, o seu interior é mantido a uma pressão negativa em relação ao ar atmosférico. Esta pressão negativa é gerada pela saída dos gases de exaustão.

Tabela 3. 1 - Condições projectadas para a fornalha H-1651 (Foster Wheeler, 1990)

Condições de Projecto		
	Normal	Projecto
Calor trocado (Gcal/h)	14,0	20,6
Caudal de <i>Hot Oil</i> (t/h)	292,8	430,9
Queda de pressão (bar.g)	1,0	2,0
T Entrada (°C)	260	
T Saída (°C)	330	

A condição “Normal” é referida pela *Foster Wheeler* como a operação normal da unidade, ou seja, a fornecer calor à T-1201 e à T-1301.

ii) Tanque D-1609

Este tanque tem como função permitir a expansão do fluido no sistema, assim como receber alimentação fresca e permite fazer variar a quantidade total de fluido em circulação, uma vez que funciona também como reservatório. A pressão é controlada pela PIC-1639.

Tabela 3. 2 - Condições e dimensionamento do D-1609 (HRI, 1968)

Temperatura de serviço (°C)	268/277
Volume (m ³)	167,2

iii) Permutadores E-1205 A/B e E-1306

Trata-se de revaporizadores do tipo termosifão. Caracterizam-se por operarem por circulação natural do líquido da base da coluna, regressando à mesma como uma mistura de 2 fases (vapor e líquido) geralmente numa proporção de 30%. O fluxo é induzido pela diferença de pressão hidrostática entre o líquido à entrada e a mistura líquido/vapor à saída.

Assim, este tipo de permutador não necessita de qualquer tipo de bomba para circulação, o que juntamente com a elevada velocidade a que circula o fluido nos tubos, torna menos provável a ocorrência de falhas no serviço.

Normalmente não há acumulação de elementos pesados no termosifão, sendo no entanto mais difícil de dimensionar em comparação com os do tipo *kettle*, especialmente operando em vácuo.

Tabela 3. 3 - Condições projectadas para os permutadores E-1205 A/B e E-1306
(Foster Wheeler, 1990)

Fluído	E-1205 A/B		E-1306	
	Tubos	Carcaça	Tubos	Carcaça
	<i>Hot Oil</i>	<i>“Debutanized Bottom”</i>	<i>Hot Oil</i>	<i>“Platformate”</i>
Caudal total (t/h)	188,3	453,0	101,45	235,42
Líquido (t/h)	188,3	317,1	101,45	164,80
Vapor (t/h)	n.a	135,9	n.a	70,63
T entrada (°C)	330	245	330	232
T Saída (°C)	260	255	260	251
Calor trocado (Gcal/h)	9,00		4,85	

4 Descrição técnica e Discussão de Resultados

4.1 Descrição e dados de operação actual do sistema *Hot Oil*

O estudo centrou-se numa primeira fase sobre o funcionamento actual do sistema *Hot Oil*. Foram utilizados os dados de operação registados pelo software *Aspen® Online* ao longo do ano de 2009, obtidos através de medidores e sensores localizados no sistema.

4.1.1 Análise da Fornalha H-1651

A fornalha H-1651 foi o equipamento analisado em primeiro lugar uma vez que se trata da peça central do sistema *Hot Oil*.

As principais variáveis consideradas foram:

- Eficiência da fornalha;
- Características do fluido circulante no sistema;
- Tipo de combustível e propriedades;
- Calor produzido na fornalha/absorvido pelo fluido.

O caudal dos gases de exaustão depende principalmente do O₂ em excesso. Assim, deve ter-se o mínimo de ar em excesso de forma a reduzir as perdas de calor. Por outro lado, a combustão deve ser a mais completa possível, devendo ser estabelecida uma relação de compromisso que permita a quase combustão completa, com o mínimo de ar em excesso.

A temperatura dos gases de exaustão é a principal responsável pelas perdas de calor na fornalha. Quando estes gases apresentam temperaturas baixas, o caudal de gases e consequentemente o O₂ em excesso, deixam de ter relevância prática, visto todo o calor já ter sido recuperado dos gases.

A Tabela 4.1 apresenta os valores médios de algumas variáveis de funcionamento da fornalha H-1651 para o ano de 2009. O valor obtido referente à eficiência está de acordo com o apresentado no projecto da fornalha, assim como o valor de excesso de O₂.

Tabela 4. 1 - Valores médios de funcionamento da fornalha H-1651

	T ar °C	T fumos (°C)	Excesso O ₂ (%)	Eficiência (%)
Valores Actuais	20	297	3,47	84
Valores Projecto	20	315	3	84

A igualdade dos valores das eficiências permite concluir que a fornalha funciona de um modo adequado e de acordo com as especificações de projecto.

O fluido circulante no sistema *Hot Oil* é o SN 100. Trata-se de um óleo base obtido por tratamento nas unidades 2200, 2300 e 2400 da Fábrica de Óleos Base. O caudal circulante e as temperaturas foram obtidos através dos dados fornecidos por sensores (Aspen® Online).

Tabela 4. 2 - Características do fluido circulante (valores médios anuais)

Massa volúmica (kg/m ³)	Viscosidade Cinemática a 100 ^o C (cSt)	Calor específico (kcal/kg.°C)	Caudal (t/h)	T entrada (°C)	T Saída (°C)
890	4,3	0,65	297,6	242	299

O combustível utilizado é o fuelgás produzido na refinaria. É composto principalmente por hidrogénio, metano, etano e propano, tendo uma pequena percentagem de outros hidrocarbonetos mais pesados. As características mais relevantes, assim como o caudal medido em 2009 estão apresentados na Tabela 4.3:

Tabela 4. 3 - Características do fuelgás e consumo na fornalha

Poder calorífico inferior (Gcal/t)	Massa volúmica (kg/m ³)	Consumo de fuelgás (t/h)
12,87	0,607	0,979

Os dados do fuelgás permitem calcular o calor libertado na fornalha segundo a Equação 4.1.

$$Q_L = P.C.I * F_{F.G} \quad (4.1)$$

Em que, Q_L corresponde ao calor libertado através da queima de fuelgás, $P.C.I$ é o poder calorífico inferior e $F_{F.G}$ é o caudal de fuelgás a entrar na fornalha.

A Tabela 4.4 apresenta os valores médios anuais (2009) do calor libertado pela fornalha, calor absorvido pelo sistema *Hot Oil*, o consumo específico de combustível e a energia específica do fluido circulante no sistema *Hot Oil*.

Estes resultados podem ser comparados com os dados de projecto, observando-se uma redução do calor libertado pela fornalha de 16,7 Gcal/h para 12,6 Gcal/h. Tal implica uma redução do calor absorvido pelo fluido circulante para 10,6 Gcal/h contra 14,0 Gcal/h do projecto inicial.

Tabela 4. 4 - Valores médios anuais de funcionamento da fornalha

	Calor Libertado (Gcal/h)	Calor Absorvido (Gcal/h)	Consumo específico (Kg FG/t <i>Hot Oil</i>)	Energia Específica (kcal/kg)
Valores Actuais	12,6	10,6	3,29	35,7
Valores Projecto	16,7	14,0	-	47,8

4.1.2 Análise dos Permutadores E-1205 A/B e E-1306

Ambos os permutadores recebem óleo do sistema *Hot Oil* tendo sido observado uma diferença significativa do calor libertado pela fornalha, entre os valores de projecto e os actuais, pelo que é relevante estudar os permutadores.

Com base na capacidade calorífica, nos caudais e temperaturas de entrada e saída do óleo nos permutadores, é possível calcular o calor que é utilizado em cada um deles.

Na Tabela 4.5 apresentam-se os valores médios calculados de funcionamento dos revaporizadores. Tal como se passa com a fornalha, verifica-se uma diferença entre os valores actuais e os de projecto.

Tabela 4. 5 - Valores médios e de projecto de funcionamento dos revaporizadores

	E-1205 A/B				E-1306 A/B			
	Caudal H.O (t/h)	Te (°C)	Ts (°C)	Q Transf. (Gcal/h)	Caudal H.O (t/h)	Te (°C)	Ts (°C)	Q Transf. (Gcal/h)
Valores Actuais	158,5	297	223	7,41	78,1	297	226	3,08
Valores Projecto	188,3	330	260	9,00	101,5	330	260	4,85

Embora o caudal de fluido medido na fornalha seja aproximado ao de projecto (297,6 t/h e 292,8 t/h, respectivamente), a soma dos caudais a circular nos revaporizadores são diferentes destes valores, sendo 226,5 t/h para os valores actuais e 289,8 t/h para o projecto. Esta diminuição de caudal explica a menor utilização de energia por parte dos revaporizadores.

O restante caudal em circulação está em *bypass*, sendo de 61 t/h. Esta situação torna-se necessária por uma questão de segurança, garantindo um fluxo contínuo de óleo no sistema, para que o circuito esteja protegido no caso de não haver circulação nos permutadores. A diferença dos caudais entre a operação actual e as condições de projecto relacionam-se com alterações das

condições de funcionamento das colunas T-1201 e T-1301. A Tabela 4.6 apresenta os valores de temperatura de fundo das colunas T-1201 e T-1301 nas condições de operação e de projecto.

Tabela 4. 6 - Comparação entre os valores de temperatura de fundo das colunas nas situações de projecto e de operação

T-1201		T-1301	
T fundo Medido (°C)	T fundo Projecto (°C)	T fundo Medido (°C)	T fundo Projecto (°C)
189	245	206	232

Verifica-se que os valores de temperatura de operação são substancialmente mais baixos do que os de projecto, reforçando a hipótese da alteração das condições de operação das colunas.

4.2 Reformulação da unidade 1200 e impacto no sistema *Hot Oil*

Esta unidade vai ser reformulada de modo a dar resposta à reformulação da unidade a montante, U3000.

De entre as várias alterações, a mais relevante para o presente trabalho é a reconversão da coluna T-1201, cujo revaporizador E-1205 A/B faz parte do sistema de *Hot Oil*.

A alteração das condições de operação da coluna implica uma alteração das condições de funcionamento do revaporizador E-1205 A/B e conseqüentemente da energia necessária.

Três casos em estudo são analisados, correspondendo ao processamento de 3 misturas de crudes na Unidade 3000, designados por Caso A, Caso A1 e Caso B, respectivamente. Os calores trocados no revaporizador da coluna T-1201 nos 3 casos são (Fluor, 2009):

- Caso A: 3,442 Gcal/h;
- Caso A1: 4,216 Gcal/h;
- Caso B: 4,990 Gcal/h.

Procedeu-se à simulação desta coluna em Aspen One ® de modo a validar a informação referida anteriormente e obter os caudais das correntes de entrada e saída do permutador E-1205 A/B.

As variáveis de entrada da simulação foram:

- Caudal de alimentação da coluna, caracterização da corrente de entrada através da curva de destilação ASTM D86 e a fracção de leves;
- A coluna foi simulada com 35 andares de equilíbrio e em que a alimentação entra entre o andar 17 e 18. O condensador é do tipo parcial e o revaporizador é do tipo termosifão;
- Como especificações de operação, foram utilizados a razão de refluxo e a razão entre o caudal do produto de cauda e alimentação. A fracção de vapor à saída do revaporizador foi fixada em 30%.

Após a simulação da coluna procedeu-se à simulação do revaporizador. Para isso utilizou-se um multiplicador de corrente da corrente de fundo da coluna T-1201, de modo a igualar o caudal desta corrente ao obtido para o revaporizador. Assim, reproduz-se a corrente de entrada no revaporizador e é possível simular o permutador E-1205 A/B.

Na simulação do permutador considerou-se que a corrente quente é o *Hot Oil* e a corrente fria é a corrente processual. Como especificação foi introduzido o calor trocado no revaporizador.

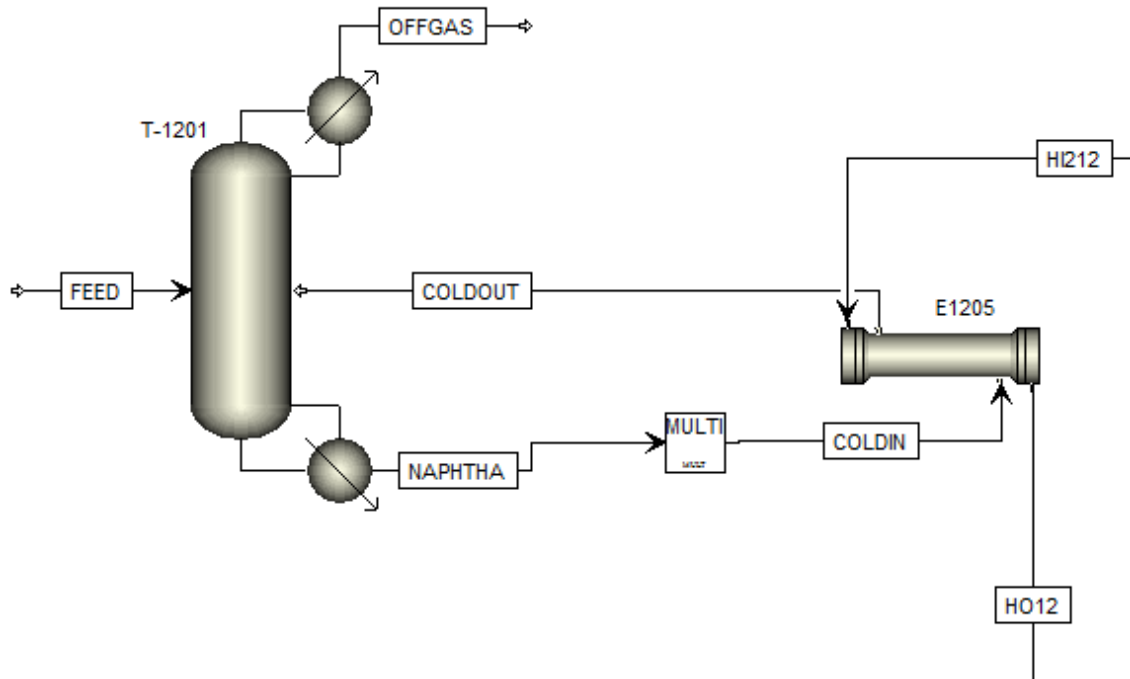


Figura 4. 1 - Esquema representativo da simulação da coluna T-1201

4.2.1 Resultados da Simulação da coluna T-1201

Seguido o procedimento referido anteriormente, os resultados da simulação da coluna apresentam-se na Tabela 4.7, assim como o desempenho do revaporizador e do condensador na Tabela 4.8.

Tabela 4. 7 - - Principais propriedades das correntes de entrada e saída da coluna T-1201

	Propriedade	Alimentação	Produto de cauda	Produto de topo
Caso A	Caudal (t/h)	72,8	71,6	1,2
	Temperatura (° C)	178,9	210,7	40,1
	Pressão (bar)	15,0	14,0	13,4
	Fracção de vapor	0,068	0	1
Caso A1	Caudal (t/h)	89,8	88,3	1,5
	Temperatura (° C)	181,5	208,0	39,1
	Pressão (bar)	15,0	14,0	13,4
	Fracção de vapor	0,086	0	1
Caso B	Caudal (t/h)	123,7	121,8	1,9
	Temperatura (° C)	181,5	210,8	48,2
	Pressão (bar)	15,0	14,0	13,4
	Fracção de vapor	0,168	0	1

Tabela 4. 8 - Desempenho do revaporizador e condensador

	Propriedade	Revaporizador	Condensador
Caso A	Temperatura (°C)	215,8	40,1
	Pressão (bar)	14	13,4
	Calor trocado (Gcal/h)	3,404	-2,360
	Caudal no revaporizador (t/h)	165,2	-
	Caudal Refluxo (t/h)	-	22,0
Caso A1	Temperatura (°C)	214,4	39,1
	Pressão (bar)	14	13,4
	Calor trocado (Gcal/h)	4,216	-3,134
	Caudal revaporizador (t/h)	187,9	-
	Caudal Refluxo (t/h)	-	29,1
Caso B	Temperatura (°C)	217	48,2
	Pressão (bar)	14	13,4
	Calor trocado (Gcal/h)	4,990	-3,606
	Caudal no revaporizador (t/h)	214,1	-
	Caudal refluxo (t/h)	-	29,1

É de notar que o caudal do revaporizador aumenta com o aumento das necessidades energéticas do mesmo. O mesmo se observa para o condensador. Estas alterações estão provavelmente relacionadas com os diferentes caudais de alimentação projectados para os diferentes casos, sendo de 72784 kg/h para o caso A, 89840 kg/h para o caso A1 e de 123746 kg/h para o caso B, respectivamente.

4.2.2 Simulação do Permutador E-1205 A/B

Na simulação do permutador E-1205 A/B foram avaliados 3 cenários correspondentes a 3 diferenças de temperaturas (10 °C, 20 °C e 30 °C) entre a entrada da corrente fria e a saída do óleo.

As variáveis de entrada foram:

- Pressão e temperatura de entrada do óleo e da corrente processual;
- Calor trocado no revaporizador;
- Características e propriedades de entrada da corrente processual;
- Propriedades do óleo.

Os resultados obtidos foram:

- Caudal da corrente de *Hot Oil* (obtido por um processo iterativo);
- Temperatura de saída do óleo;
- Fração de vapor à saída do revaporizador.

As Tabelas 4.9, 4.10 e 4.11 apresentam os resultados das simulações para as 3 diferenças de temperatura.

Tabela 4.9 - Resultados das simulações do Permutador E-1205 A/B (Caso A)

<i>Hot Oil</i>	$\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$		$\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$		$\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	297	240	297	230	297	220
Pressão (bar)	6,61	5,61	6,61	5,61	6,61	5,61
Caudal (t/h)	88		77		67	
Corrente Processual						
Temperatura entrada ($^{\circ}\text{C}$)	210,7					
Temperatura saída ($^{\circ}\text{C}$)	215,8					
Pressão entrada (bar)	14,00					
Fracção Vapor saída	0,3					
Caudal (t/h)	165,2					
Calor trocado (Gcal/h)	3,40					

Tabela 4.10 - Resultados das simulações do Permutador E-1205 A/B (Caso A1)

<i>Hot Oil</i>	$\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$		$\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$		$\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	297	238	297	228	297	218
Pressão (bar)	6,61	5,61	6,61	5,61	6,61	5,61
Caudal (t/h)	105		93		81	
Corrente Processual						
Temperatura entrada ($^{\circ}\text{C}$)	208,0					
Temperatura saída ($^{\circ}\text{C}$)	214,4					
Pressão entrada (bar)	14,00					
Fracção Vapor saída	0,3					
Caudal (t/h)	187,9					
Calor trocado (Gcal/h)	4,21					

Tabela 4. 11 - Resultados das simulações do Permutador e-1205 A/B (Caso B)

<i>Hot Oil</i>	$\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$		$\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$		$\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	297,0	241	297	231	291	221
Pressão (bar)	6,61	5,61	6,61	5,61	6,61	5,61
Caudal (t/h)	132		112		98	
Corrente Processual						
Temperatura entrada ($^{\circ}\text{C}$)	210,8					
Temperatura saída ($^{\circ}\text{C}$)	217,0					
Pressão entrada (bar)	14,00					
Fracção Vapor saída	0,3					
Caudal (t/h)	214,1					
Calor trocado (Gcal/h)	4,99					

Como pode ser concluído através da verificação das tabelas apresentadas anteriormente, e comparando com os resultados do revaporizador E-1205 A/B apresentado na Tabela 4.5, as condições de funcionamento da coluna T-1201 vão ser substancialmente diferentes, o que se repercute numa diminuição do consumo de utilidade quente deste equipamento.

Pode constatar-se que a reformulação da unidade vai implicar um menor consumo de *Hot Oil* em comparação com as condições de projecto e com as condições de funcionamento actuais.

4.3 Utilização do sistema *Hot Oil* na unidade 1400: estudo de aplicabilidade

O estudo de aplicabilidade do sistema *Hot Oil* noutras unidades foi realizado com base no intervalo de temperaturas de operação do sistema e na energia que este pode fornecer.

A unidade que se revelou mais adequada foi a 1400 (Dessulfuração de Gasóleo e White Spirit). Esta unidade está localizada na fábrica de combustíveis, linha 1000, o que em primeira análise, torna possível a utilização deste sistema, substituindo a actual fornalha H-1402.

Esta fornalha é do tipo Vertical Cilíndrica com tubos dispostos verticalmente na secção de radiação e horizontalmente na secção de convecção. Trata-se do revaporizador da coluna T-1401 (rectificação), sendo uma fornalha de “fogo directo”.

Foram realizados estudos de simulação da fornalha com o objectivo de determinar a pressão do Gasóleo e *White Spirit* à saída da fornalha e a fracção de vapor da corrente. A Tabela 4.12 apresenta as condições actuais de funcionamento em diferentes dias de operação. As variáveis de entrada correspondem aos caudais de alimentação à fornalha, a composição é definida pela curva ASTM D86, as temperaturas de entrada e saída da corrente processual, a pressão de entrada.

Tabela 4. 12 - Simulação da fornalha H-1402

Data	Caudal (t/h)	Pressão (bar)	T Entrada (°C)	T Saída (°C)	Calor trocado (Gcal/h)	Fracção de vapor
Gasóleo						
10-Mar-09	128,7	2,363	219	231	2,55	0,22
31-Mar-09	126,8	2,426	214	225	2,56	0,22
7-Abr-09	126,8	2,376	216	228	2,49	0,23
White Spirit						
1-Mar-09	125,8	2,373	194	203	2,43	0,23
23-Mai-09	128,8	2,427	198	207	2,25	0,20
24-Jun-09	129,2	2,727	197	206	2,18	0,19

Esta informação permite projectar um revaporizador para a coluna e verificar a viabilidade de utilização do *Hot Oil* como corrente quente.

O projecto do permutador seguiu as seguintes directrizes:

- Tipo: AES;
- Diâmetro externo tubos: 0,75 polegadas;
- Espessura dos tubos: 0,0827 polegadas;

- Comprimento tubos: 16 pés;
- Distância entre tubos: 1 polegada com padrão quadrangular 90°;

A unidade 1400 encontra-se a uma distância de cerca de 310 metros da unidade 1600, sendo que as unidades 1200 e 1300 estão a cerca de 108 m. Assim, foi tida em consideração a perda de energia específica do óleo e a consequente diminuição de temperatura.

Esta variação de temperatura foi calculada por comparação com a diminuição verificada entre a saída da fornalha e as unidades 1200 e 1300, através da seguinte equação:

$$\Delta T_{1600-1400} = \frac{D_{1600-1400} * \Delta T_{1600-1200}}{D_{1600-1200}} \quad (4.2)$$

Em que D corresponde à distância entre as unidades e ΔT à variação de temperatura do *Hot Oil* correspondente.

Uma vez que a temperatura de entrada do óleo nos permutadores E-1205 A/B e E-1306 é de aproximadamente 297°C, é possível estimar, de acordo com a Equação 4.2 a temperatura de entrada no permutador localizado na unidade 1400, que deverá ser de 290°C.

Sendo que há 2 correntes com propriedades diferentes a processar, projectou-se o permutador que melhor se ajustasse ao processamento do Gasóleo e do *White Spirit*.

As Figuras 4.2 e 4.3 apresentam as folhas de especificação do permutador dimensionado para Gasóleo e *White Spirit*. Foi considerada a diferença de temperatura entre a entrada de corrente processual e a saída de *Hot Oil* como sendo de 30°C. As especificações das correntes processuais escolhidas foram, de acordo com a Tabela 4.12, 31 de Março para o Gasóleo e 23 de Maio para o *White Spirit*. O permutador foi denominado E-140X. De acordo com a aplicação informática "*Aspen Exchanger Design & Rating*", o custo do permutador é de 46850 Dólares Americanos.

Pode ser observado que o projecto escolhido é satisfatório para ambos os fluidos, respeitando as actuais condições verificadas na fornalha H-1402, obtendo-se a mesma fracção de vapor e calor trocado. Observa-se também que o caudal de *Hot Oil* no caso do Gasóleo é superior ao do caso do *White Spirit*. Tal se deve tanto ao maior calor trocado, como à maior temperatura de entrada da corrente de Gasóleo.

4.4 Balanço global do sistema *Hot Oil* e viabilidade

O balanço global ao sistema *Hot Oil* apresenta um panorama geral de como o sistema deverá funcionar. Através desta análise pretende-se obter os limites de funcionamento do sistema e determinar se é viável a implementação do novo permutador E-140X.

A Tabela 4.13 apresenta o balanço global do sistema com os caudais de óleo para cada equipamento, temperaturas de entrada e saída do mesmo, calor fornecido pela fornalha e caudal em *bypass*, admitindo o caudal total no circuito de *Hot Oil* de 297,6 t/h.

Tabela 4. 13 - Balanço ao sistema *Hot Oil*

Modo de funcionamento		E-1205 A/B	E-1306	E-140X	Duty H-1651 (Gcal/h)	<i>Bypass</i> (t/h)
Caso A + Gasóleo	Caudal (t/h)	88,0	78,1	83,4	10,21	48,1
	T entrada (°C)	297	297	290		
	T saída (°C)	240	238	252		
Caso A + White Spirit	Caudal (t/h)	88,0	78,1	54,7	9,72	76,2
	T entrada (°C)	297	297	290		
	T saída (°C)	240	238	238		
Caso A1 + Gasóleo	Caudal (t/h)	105,0	78,1	83,4	11,05	31,1
	T entrada (°C)	297	297	290		
	T saída (°C)	238	238	252		
Caso A1 + White Spirit	Caudal (t/h)	105,0	78,1	54,7	10,56	59,8
	T entrada (°C)	297	297	290		
	T saída (°C)	238	238	238		
Caso B + Gasóleo	Caudal (t/h)	132,00	78,1	83,4	11,92	4,1
	T entrada (°C)	297	297	290		
	T saída (°C)	241	238	252		
Caso B + White Spirit	Caudal (t/h)	132,00	78,1	54,7	11,43	32,8
	T entrada (°C)	297	297	290		
	T saída (°C)	241	238	238		

O calor que a fornalha fornece varia entre 9,72 Gcal/h e as 11,92 Gcal/h, entre os modos de funcionamento “Caso A + White Spirit” e “Caso B + Gasóleo” respectivamente, sendo este último o que exige mais em termos energéticos.

Observa-se também que neste último caso, o caudal de *bypass* é baixo em comparação com os restantes, o que se pode revelar inadequado, implicando um aumento no caudal de óleo a circular.

Além desta constatação, é importante comparar o consumo actual de fuelgás na fornalha H-1402 com o consumo extra que a implementação do permutador E-140X implicará no sistema *Hot Oil*.

A Tabela 4.14 apresenta a comparação entre estes mesmos valores.

Tabela 4. 14 - - Comparação entre o consumo actual de fuelgás e o extra necessário para o permutador E-140X

	Calor fornecido H-1651 (Gcal/h)	Consumo fuelgás H-1651 (t/dia)	Consumo actual fuelgás (H-1402) (t/dia)
Gasóleo	3,18	7,02	5,8
White Spirit	2,69	5,94	5,2

Pode-se verificar que o consumo de fuelgás vai ser superior ao que é actualmente necessário, sendo a causa principal as perdas de calor nas linhas.

5 Conclusões

O trabalho realizado permite concluir que:

- I. O sistema *Hot Oil* está a funcionar abaixo dos valores de projecto, e portanto existe a possibilidade de o utilizar em outras unidades além das actualmente implementadas;
- II. A unidade 1200 vai ser reestruturada, e por essa razão as condições de funcionamento do revaporizador E-1205 A/B vão ser alteradas, o que se repercute numa alteração ao nível do sistema *Hot Oil*. Foi simulado um modelo que reproduz as alterações no revaporizador, estimando-se as suas novas condições de funcionamento e qual o seu impacto no sistema *Hot Oil*, concluindo-se que há uma diminuição do caudal de *Hot Oil* em comparação com as condições actuais;
- III. A utilização do *Hot Oil* como utilidade quente na coluna T-1402, após a reformulação da unidade 1200 é possível. No entanto convém referir que o caudal de bypass é pequeno nas situações de processamento referentes ao caso B, requerendo um aumento do caudal de *Hot Oil* no sistema. No entanto, comparando o consumo de fuelgás da H-1402 com o consumo extra que a sua substituição implicaria na H-1651, conclui-se que esta substituição não é viável, uma vez que iria implicar um maior consumo de fuelgás e consequentemente um maior custo energético.

6 Avaliação do trabalho realizado

6.1 Objectivos realizados

Os objectivos do trabalho foram alcançados uma vez que:

- Recorreu-se à simulação da coluna T-1201 determinando-se o impacto das novas condições de funcionamento no sistema *Hot Oil*;
- Fez-se um estudo sobre a utilização do sistema *Hot Oil* como reebulidor da coluna T-1401;
- Projectou-se o reebulidor da coluna T-1401 com a utilização do óleo do sistema *Hot Oil*.

6.2 Limitações e trabalho futuro

O presente sistema *Hot Oil* encontra-se limitado essencialmente pelo caudal de óleo a circular e pela distância a outras unidades onde poderia ser utilizado. Outro factor a considerar é a temperatura do óleo que sai da fornalha, o que limita o sistema a processos que suportem esta temperatura.

Como trabalho futuro apresenta-se o estudo detalhado de outras unidades que possam receber *Hot Oil*, assim como a possibilidade da substituição da fornalha H-1651 por outra que apresente uma maior eficiência energética. A substituição do sistema *Hot Oil* por vapor também é uma hipótese que pode ser considerada.

7 Bibliografia

Trambouze P, *Petroleum Refining*, Editions Technip, 2000.

Robert D.R., *Furnace Operations*, Third edition. Gulf Publishing, 1983.

Clive S., Morris T. J., *The ABCs of Hot Oil Heaters*. Thermal Fluid Systems Inc., 2006, acessado em Março de 2010 de website da Process Heating: <http://www.process-heating.com>, 2010.

Morris T.J., Acessado em Março de 2010 de website da Thermal Fluid Systems: <http://www.tfsheat.com>, 2010.

Fluor[®], *Porto Refinery Conversion Project*, 2009.

Satyro M. A., Yarranton H., *Oil Characterization from Simulation of Experimental Distillation Data*, University of Calgary, 2009.

Perry H. R., Green D. W., *Perry's Chemical Engineers Handbook*, Mc. Graw Hill, 1999.

Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book, 2004.

Gary J. H., Handwerk G. E., *Petroleum Refining, Technology and Economics.*, Marcel Dekker, Inc., Fourth Edition, 2001.

Societe Foster Wheeler Francaise, Hot Oil System, PRC A560, 1990.

Meyers R. A., *Handbook of Petroleum Refining Processes*, Mc. Graw Hill, Third Edition, 2000.

Cheresources.com, 2009. Acessado em Maio de 2010, de website da The Chemical Engineers' Resource Page: <http://www.cheresources.com/uexchangers.shtml>, 2009.

Galp Energia, 2010. Acessado em Fevereiro de 2010, de website da Galp Energia: <http://www.galpenergia.com/PT>, 2010.

