

Monografia de Graduação

Avaliação do ponto de névoa, fluidez e entupimento do óleo diesel combustível

Marina Áurea de Oliveira Medeiros

Natal, fevereiro de 2004

OLIVEIRA MEDEIROS, Marina Áurea – Avaliação do ponto de névoa, fluidez e entupimento do óleo diesel combustível. Monografia, UFRN, Departamento de Engenharia Química, Programa de Recursos Humanos – PRH 14/ANP. Áreas de Concentração: Engenharia de Petróleo e Engenharia Bioquímica, Natal/RN, Brasil.

Orientador: Prof.^o Dr. Antonio Souza de Araujo

RESUMO: Atualmente muito esforço tem sido despendido na melhoria da qualidade de combustíveis oriundos do petróleo. O óleo diesel é um desses combustíveis, constituído basicamente por hidrocarbonetos e ainda, em alguns compostos, há a presença de enxofre e nitrogênio. As proporções destes componentes no óleo diesel são aquelas que permitem enquadrar o produto final dentro das especificações previamente definidas e que são necessárias para permitir um bom desempenho do produto, além de minimizar o desgaste nos motores e a emissão de gases poluidores gerados na queima do produto. O presente trabalho envolve a correlação das propriedades físico-químicas do óleo diesel combustível com intuito de avaliá-lo nas condições ambientais e na termodinâmica do motor diesel para propor novas formulações que melhorem seus índices.

Neste trabalho foram selecionadas 20 amostras de óleo diesel para serem analisadas e ter uma visão geral de suas correlações de ponto de névoa, entupimento, destilação, densidade, teor de enxofre, índice de refração e índice de cetano, ponto de fluidez, viscosidade, cor e o ponto de fulgor dessas amostras.

Palavras Chaves:

- Óleo Diesel, qualidade, físico-química.

ABSTRACT

Evaluating from the fog, pour and plugging point of fuel diesel.

Currently, much effort has been loosened in improving the quality of fuel from the oil. Diesel fuel is one of these fuels, consisting primarily of hydrocarbons and, in some compounds; there is the presence of sulfur and nitrogen. The proportions of these components in diesel fuel allow those who fall within the final product specifications previously defined and are necessary to achieve a good performance of the product while minimizing the wear on engines and emission polluting gases generated by burning the product. This work involves the correlation of physical-chemical properties of diesel fuel with a view to evaluate it on environmental conditions and the thermodynamics of diesel engine to propose new formulations that improve its contents. In this study we selected 20 samples of oil diesel to be analyzed and an overview of correlations to the fog point, plugging point, distillation, density, sulfur content index, refractive index and cetane, pour point, viscosity, color and flash point of these samples.

Agradecimentos

À minha mãe Graça por sempre ter me dado todo o apoio necessário, tanto na universidade, quanto no estágio e principalmente para a vida.

À José Luis pelo companheirismo e dedicação que foram muito importantes nesta fase de minha vida.

Fico muito grato, também, à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), ao Departamento de Engenharia Química pela minha graduação, e ao Laboratório de Combustíveis do Departamento de Química pela pesquisa desenvolvida, a todos os professores e colegas de curso.

A ANP, através da comissão gestora do PRH-14, pelo apoio financeiro que me foi concedido através do projeto de pesquisa que participei ao longo do curso.

A todos acima citados e a outros que não aparecem na lista de forma explícita, mas que sempre serão reconhecidos. **Muito obrigada!** Vocês fizeram parte deste sonho!

Dedico este trabalho a meu pai José Dantas de Medeiros, que se estivesse vivo estaria orgulhoso da trajetória que sua filha traçou, e acredito que nessa trajetória de alguma forma tem a influência dele.

Índice

	7
1. Introdução	7
2. Aspectos Teóricos	9
2.1 Ponto de Fluidez	9
2.2 Ponto de Névoa	9
2.3 Ponto de Entupimento	9
2.4 Porcentagem de Evaporados do Diesel	9
2.5 Viscosidade	9
2.6 Teor de Enxofre	10
2.7 Densidade a 20.°C	10
2.8 Índice de Cetano	10
2.9 Ponto de Fulgor	11
2.10 Cor ASTM	11
3. Objetivos	11
4. Metodologia	11
4.1 Ponto de Névoa, Fluidez e Entupimento	11
4.2 Destilação	12
4.3 Densidade	12
4.4 Teor de Enxofre	13
4.5 Índice de Refração	13
4.6 Índice de Cetano	13
4.7 Ponto de Fulgor	13
4.8 Cor ASTM	13
4.9 Viscosidade	14
5. Resultados	14
6. Conclusões	17
7. Bibliografia	18

Lista de Figuras

Figura 1. Equipamento CPP 5Gs	12
Figura 2. Destilador ISL	12
Figura 3. Gráfico comparativo da Densidade, Teor de Enxofre e Índice de Refração dos Estados do RN e PB.	16
Figura 4. Gráfico comparativo do Ponto de Névoa, Fluides e Entupimento dos Estados do RN e PB	17

Lista de Tabelas

Tabela 1: Vantagens e desvantagens do óleo diesel	8
Tabela 2. Resultados das amostras do Estado do Rio Grande do Norte.	14
Tabela 3. Resultados das amostras do Estado da Paraíba.	15
Tabela 4. Resultados das amostras para as análises de cor, viscosidade e ponto de fulgor.	15
Tabela 5. Análises físico-químicas do biodiesel da mamona.	15
Tabela 6. Resultados das misturas ao Óleo Diesel com 0, 5,10,15% de Biodiesel da mamona.	16

1. Introdução

. A presente monografia tem por finalidade descrever as atividades desenvolvidas pela bolsista da ANP, Marina Áurea de Oliveira Medeiros, integrante da graduação em Engenharia Química da UFRN referente ao projeto de pesquisa: Avaliação do ponto de névoa, fluidez e entupimento do óleo diesel combustível

Atualmente muito esforço tem sido despendido na melhoria da qualidade de combustíveis oriundos do petróleo. O óleo diesel é um desses combustíveis, constituído basicamente por hidrocarbonetos e ainda, em alguns compostos, há a presença de enxofre e nitrogênio. As proporções destes componentes no óleo diesel são aquelas que permitem enquadrar o produto final dentro das especificações previamente definidas e que são necessárias para permitir um bom desempenho do produto, além de minimizar o desgaste nos motores e a emissão de gases poluidores gerados na queima do produto. O presente trabalho envolve a correlação das propriedades físico-químicas do óleo diesel combustível com intuito de avaliá-lo nas condições ambientais e na termodinâmica do motor diesel para propor novas formulações que melhorem seus índices.

No trabalho podem ser visualizados aspectos teóricos referentes á pesquisa bibliográfica realizada, a metodologia empregada assim como os resultados experimentais obtidos das 20 amostras de óleo diesel selecionadas com o intuito de se ter uma visão geral de suas correlações entre o ponto de névoa, entupimento, destilação, densidade, teor de enxofre, índice de refração, índice de cetano, ponto de fluidez, viscosidade, cor e o ponto de fulgor dessas amostras.

Por fim em anexo segue o relatório do estágio supervisionado realizado numa Refinaria da Petrobras na Bahia realizado pela aluna.

2. Aspectos Teóricos

O óleo diesel é um combustível derivado do petróleo sendo constituído basicamente por hidrocarbonetos (compostos orgânicos que contêm átomos de carbono e hidrogênio). Alguns compostos presentes no diesel, além de apresentar carbono e hidrogênio, apresentam também enxofre e nitrogênio. Produzido a partir da refinação do petróleo, o óleo diesel é formulado através da mistura de diversas correntes como querosene, gasóleos, nafta pesada, diesel leve, diesel pesado, etc., provenientes das diversas etapas de processamento do óleo bruto. As proporções destes componentes no óleo diesel são aquelas que permitem enquadrar o produto final dentro das especificações previamente definidas e que são necessárias para permitir um bom desempenho do produto, além de minimizar o desgaste nos motores e componentes bem como dos poluentes gerados na queima do produto em níveis aceitáveis.

Os tipos de óleo diesel são:

- Diesel Comum: Amplamente empregado nos motores a explosão de máquinas, veículos pesados, como combustível industrial e geração de energia elétrica.
- Diesel Metropolitano: Combustível automotivo para transporte urbano.
- Diesel Marítimo: Para embarcações leves.

Vantagens	Desvantagens
Rendimento elevado do motor	Maior peso e menor potência do motor
Baixo consumo	Elevado nível de ruído e vibrações
Mais barato o combustível	Alto preço das versões com o motor diesel
Mais durável e manutenção simplificada	Emissão de ar poluente

Tabela 1: Vantagens e desvantagens do óleo diesel

Características do produto em função da sua utilização:

- Apresentar ótima qualidade de ignição, de maneira a que a combustão se inicie o mais rápido possível, após a injeção;
- Proporcionar queima limpa e completa, produzindo o mínimo de resíduos, depósitos e cinzas;
- Ser não corrosivo e não produzir através da combustão gases tóxicos e corrosivos;
- Ser facilmente atomizável de forma a se ter ótima mistura com o ar;
- Escoar perfeitamente em baixas temperaturas;
- Não conter água e sedimentos, os quais ocasionariam a interrupção do fluxo de combustível para os cilindros;
- Proporcionar segurança e facilidade de manuseio estocagem.

Biodiesel

O óleo diesel é composto por longas cadeias de hidrocarbonetos saturados. Alguns ésteres de óleos vegetais apresentam características muito próximas às do diesel se submetidos a um processo de transesterificação. Nesse processo, o óleo vegetal (éster) reage com um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador, formando um éster (éster monoalquilado de ácidos graxos de cadeia longa) que chamamos de biodiesel. Soja, canola, babaçu, dendê, mamona são algumas oleaginosas com elevado potencial de aproveitamento. Atualmente, são comercializadas misturas com diferentes proporções de óleo diesel e óleos vegetais transesterificados em outros países (soja nos Estados Unidos e canola na França e Alemanha). Portanto, já se comprovou a viabilidade de adoção de misturas de até 5% (v/v) de biodiesel, sem que qualquer modificação nos veículos seja necessária. A utilização de oleaginosas traz vantagens na redução das emissões globais de CO₂ e de materiais particulados, aumenta o número de cetano do óleo diesel, melhora a lubricidade e aumenta o ponto de fulgor. Mas para se ter uma implantação do biodiesel bem sucedida é necessário apoio dos governos locais na coordenação e incentivo à pesquisa e comercialização do biodiesel e programas de desenvolvimento envolvendo refinadores, fabricantes de motores, distribuidoras de combustíveis e produtores de biodiesel.

2.1 Ponto de Fluidez

É a menor temperatura na qual o óleo lubrificante flui quando sujeito a resfriamento sob condições determinadas de teste. É principalmente controlado para avaliar o desempenho nas condições de uso em que o óleo é submetido a baixas temperaturas ou em climas frios.

2.2 Ponto de Névoa

É definido como a menor temperatura em que se observa a formação de uma turvação numa amostra do produto, indicando o início da cristalização de parafinas e outras substâncias de comportamento semelhante que estão presentes e tendem a separar-se do diesel, quando este é submetido a baixas temperaturas de resfriamento contínuo. Valores do Ponto de Névoa superiores à temperatura ambiente conduzem a maiores dificuldades de partida do motor e a perdas de potência do equipamento devido à obstrução, por parafinas, das tubulações e filtros do sistema de combustível

2.3 Ponto de Entupimento

É principalmente controlado para avaliar o desempenho nas condições de uso em que o óleo é submetido a baixas temperaturas ou em climas frios. O teste consiste no resfriamento do combustível até uma temperatura em que ele cesse de correr através do filtro dentro de 60 segundos ou pelo fato de não retornar ao frasco de teste. Esse ponto de entupimento é devido ao aumento da quantidade de cristais de parafina que se forma em baixas temperaturas.

2.4 Porcentagem de Evaporados do Diesel

Para as amostras de óleo dieleis são consideradas as seguintes porcentagens de evaporados: 50 e 85%. É a temperatura na qual 50 e 85% do volume do produto é destilado. A análise de 50% de evaporados visa controlar a relação entre o teor de frações leves e pesadas no produto com objetivo, entre outros, de possibilitar um bom desempenho do motor quando o mesmo já se encontra em regime normal de funcionamento e nas retomadas de velocidade.

2.5 Viscosidade

É uma medida da resistência oferecida pelo diesel ao escoamento. Seu controle visa permitir uma boa atomização do óleo e preservar sua característica lubrificante. Valores de viscosidade abaixo da faixa podem levar a desgaste excessivo nas partes auto-lubrificantes do sistema de injeção, vazamento na bomba de combustível e danos ao pistão. Viscosidades superiores à faixa podem levar a um aumento do trabalho da bomba de combustível, que trabalhará forçada e com maior desgaste, além de proporcionar má atomização do combustível com conseqüente combustão incompleta e aumento da emissão de fumaça e material particulado.

2.6 Teor de enxofre

É um indicativo da concentração deste elemento no óleo. O enxofre é um elemento indesejável em qualquer combustível devido à ação corrosiva de seus compostos e à formação de gases tóxicos com SO_2 (dióxido de enxofre) e SO_3 (trióxido de enxofre), que ocorre durante a combustão do produto. Na presença de água, o trióxido de enxofre leva à formação de ácido sulfúrico (H_2SO_4), que é altamente corrosivo para as partes metálicas dos equipamentos, além de ser poluente.

2.7 Densidade a 20/4° C

É a relação entre a massa específica do diesel a 20° C e a 4° C (em g/cm^3). Os motores são projetados para operar com combustíveis em uma determinada faixa de densidade, tendo em vista que a bomba injetora dosa o volume injetado. Variações na densidade levam a uma significativa variação na massa de combustível injetada, impossibilitando a obtenção de uma mistura de ar\combustível o que aumenta a emissão de poluentes como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e material particulado. Valores baixos para a densidade reduzem o desempenho dos motores pela formação de uma mistura pobre, o que leva a uma perda de potência do motor e a um aumento do consumo de combustível. A densidade a 20/4° C também é usada para calcular o volume do produto a 20° C, que é usado para efeito de faturamento

2.8 Índice de Cetano

O índice de cetano está ligado à qualidade de ignição. O índice de cetano apresenta correlação com o número de cetano e é determinado pelas refinarias como substituto do mesmo, pela sua praticidade. É calculado a partir da densidade e temperatura de destilação de 50% do produto. A fórmula utilizada foi desenvolvida pela ASTM (American Society for Testing Materials), consta no método D976, e é representado pela expressão abaixo:

$$IC = 454,74 - 1641,416D + 774,74D^2 - 0,554B + 97,803(\log B)^2$$

Onde:

D = densidade a 15° C, (g/cm^3)

B = temperatura da destilação de 50% do produto, (°C)

O método ASTM D4737 fornece uma fórmula que pode ser usada para cálculo de índice de cetano com os dados da destilação e da densidade a 15.°C. Baixos valores de índice de cetano acarretam dificuldades de partida a frio, depósito nos pistões e mau funcionamento do motor. Valores altos de índice de cetano apresentam as seguintes influências:

Facilita a partida a frio do motor. Permite aquecimento mais rápido do motor. Reduz a possibilidade de erosão dos pistões. Impede a ocorrência de pós-ignição. Possibilita funcionamento do motor com baixo nível de ruído. Minimiza a emissão de poluentes como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e material particulado.

2.9 Ponto de Fulgor

É a menor temperatura na qual o produto gera uma quantidade de vapores que se inflamam quando se dá a aplicação de uma chama, em condições controladas. O ponto de fulgor está ligado à inflamabilidade e serve como indicativo dos cuidados a serem tomados durante o manuseio, transporte, armazenamento e uso do produto.

2.10 Cor ASTM

É uma avaliação da cor característica do produto. Alterações na mesma podem ser indicativo de problemas no processo produtivo, contaminação ou degradação do diesel (o que ocorre quando o mesmo é estocado por períodos longos ou quando fica exposto a temperaturas acima do ambiente).

3. Objetivos

Fazer correlações do ponto de névoa, fluidez e entupimento do óleo diesel com parâmetros físico-químicos tais como a densidade, índice de cetano, , índice de enxofre, índice de refração, viscosidade, ponto de fulgor seguindo as normas ASTM/ NBR e com esses resultados avaliar o combustível nas condições ambientais e propor novas formulações que melhorem esses índices. Uma das formulações estudadas é a adição de Biodiesel da Mamona nas proporções de 5,10 e 15% no óleo diesel.

4. Metodologia

A metodologia empregada pra se fazer às correlações físico-químicas do óleo diesel foi a seguinte: Foram selecionadas aleatoriamente 10 amostras de óleo diesel combustível do Estado do Rio Grande do Norte e 10 amostras do estado da Paraíba. As análises feitas foram: ponto de névoa, ponto de entupimento, destilação, densidade a 15 e 20/4.°C , teor de enxofre, índice de refração , índice de cetano e ainda em andamento a viscosidade, o ponto de fulgor e a cor do óleo diesel. Em relação às novas propostas de melhoria do óleo diesel, foi feita a análise do biodiesel da mamona puro, sendo que só foi possível obter resultados da densidade, cor, teor de enxofre, ponto de névoa, índice de refração e viscosidade. Após isso, foi selecionada uma amostra de óleo diesel e com essa amostra foi feita a mistura para 5,10 e 15% de biodiesel da mamona. As análises de densidade, ponto de névoa, fluidez, índice de refração, viscosidade e cor seguem os mesmos procedimentos que são descritos a seguir:

4.1 Ponto de Névoa, Fluidez e Entupimento

O CPP 5GS da Grabner Instruments fornece os resultados para o Ponto de Névoa, Ponto de Fluidez e o Ponto de Entupimento seguindo as normas ASTM D 2500, ASTM D 97, ASTM D6371-99, respectivamente.



Figura.1 Equipamento CPP 5Gs

Procedimento: Coloca-se a amostra num recipiente próprio do CPP 5Gs (Figura 1) até a marca já padronizada, depois a coloca no equipamento e fecha-a com a tampa correspondente ao da análise. Adicionam-se os dados necessários e programa-se o equipamento para as análises de ponto de névoa, fluidez ou entupimento. Aguarda-se o tempo necessário até dar o resultado. Para o ponto de entupimento é necessário um sistema de vácuo.

4.2 Destilação

Destilador Automático da ISL, modelo AD86 5G (Figura 2) que fornece os parâmetros da destilação (Evaporados, Ponto Final de Ebulição e Resíduos Finais) seguindo as normas NBR 9619 e ASTM 86.



Figura 2: Destilador ISL

Procedimento: Para realização da análise, destilam-se 100 mL de amostra sob condições específicas conforme sua natureza. Os resultados são expressos em graus Celsius, depois de efetuadas correções necessárias. Para as amostras de óleo diesel são consideradas as seguintes porcentagens de evaporados: 10, 50 e 85%.

4.3 Densidade

Para obter os resultados da densidade do óleo diesel a 20/4. °C e a 15/4. °C utiliza-se o densímetro digital - DE40 da METTLER TOLEDO seguindo a norma ASTM D 4052.

Procedimento: Após a realização da calibração do equipamento com água destilada, mede-se 100 mL de amostra e preenche-se a célula do densímetro para

fazer-se a determinação da densidade. A leitura é realizada diretamente no visor do equipamento a 20.°C ou a 15.°C.

4.4 Teor de Enxofre

O teor de enxofre (S) é determinado segundo a norma ASTM D4294 utilizando-se um equipamento de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva (EDX) da marca Shimadzu, modelo EDX – 800

Procedimento: Coloca-se no interior do equipamento uma pequena quantidade de amostra de óleo diesel. Adiciona-se o comando do aparelho e após alguns minutos este nos fornece a percentagem de enxofre existente na mesma.

4.5 Índice de Refração

Para obtenção do índice de refração utiliza-se o Refratômetro RE-40 da METTLER TOLEDO.

Procedimento: Coloca-se uma pequena quantidade de óleo diesel utilizando uma micropipeta no refratômetro e espera-se alguns segundos até aparecer o resultado no próprio equipamento.

4.6 Índice de Cetano

Seguindo a norma ASTM D 4737, utiliza-se o programa AFFRO que é desenvolvido em Delphi para a obtenção do índice de cetano com os dados da porcentagem de evaporados do óleo diesel e sua densidade a 15.4°C.

Procedimento: Com os dados já obtidos da destilação de 10, 50, 90% de evaporados e com a densidade a 15.4°C joga-se no programa que dará o resultado do índice de cetano.

4.7 Ponto de Fulgor

O teste, seguindo a norma ASTM D-93, consiste em aplicar uma chama padrão em uma amostra de diesel colocado em um vaso fechado e submetida a aquecimento, até que os vapores gerados se inflamem, o que é detectado por um lampejo que se apaga logo após o correr. Esse ensaio é feito usando-se equipamento específico para esse fim mantendo-se sob controle fatores como: velocidade do aquecimento, temperatura inicial do banho, tamanho da chama piloto, intervalo entre aplicações, etc.

4.8 Cor ASTM

O teste é feito comparando sua cor com discos coloridos que apresentam uma faixa de valores de 0,5 a 0,8. Nesse ensaio utiliza-se uma fonte de luz padrão que compõe uma aparelhagem específica para esta avaliação. Na expressão do resultado desse teste, a letra L colocada antes de um valor numérico significa que a cor do produto foi definida como sendo menor que a cor do padrão indicado e maior do que o padrão imediatamente inferior.

4.9 Viscosidade

O teste seguindo a norma ASTM D445 é feito fazendo-se escoar sob gravidade, uma quantidade controlada da amostra através de um viscosímetro de tubo capilar de vidro, sob temperatura previamente fixada e mantida sob controle. Anota-se o tempo necessário ao escoamento que posteriormente é corrigido conforme o fator do tubo. Quanto maior for o tempo necessário ao escoamento, mais viscoso é o produto.

5. Resultados

Os resultados das 20 amostras analisadas encontram-se nas tabelas a seguir. Na Tabela 1, foram relacionados os resultados das análises físico-químicas do óleo diesel do Estado do Rio Grande do Norte, enquanto que as amostras do Estado da Paraíba encontram-se na Tabela 2. Na Tabela 3 estão as análises da viscosidade, ponto de fulgor e cor do óleo diesel. A Figura 4 mostra a média dos resultados das análises físico-químicas dos Estados do RN e PB para a densidade a 20.°C, o teor de enxofre e o índice de refração e observa-se que com o aumento da densidade aumenta também o teor de enxofre e o índice de refração. A Figura 5 mostra a média dos resultados das análises físico-químicas dos Estados do RN e PB para os pontos de névoa, fluidez e entupimento e observa-se a grande variação dos resultados em relação aos estados, além de se observar que o ponto de névoa e entupimento são muitos próximos e maiores que o ponto de fluidez. Na Tabela 4 mostra os resultados das análises físico-químicas para o Biodiesel do óleo da mamona puro. A Tabela 5 mostra o teste que foi feito ao óleo diesel, adicionando biodiesel do óleo de mamona nas proporções de 5, 10 e 15% e as análises até agora realizadas foram do ponto de névoa, fluidez, densidade, cor, índice de refração e viscosidade.

Tabela 2. Resultados das amostras do Estado do Rio Grande do Norte.

Amostra	Dens 20.°C	T.Enxofr e	Refraçã o	Dest. 50%	Dest. 85%	In. Cetano	P. Nevoa	P. Fluidez	P.Entup.
RN1	0,8237	0,094	1,4597	264,8	361,0	52,01	16	14	12
RN2	0,8247	0,091	1,4603	264,8	356,7	51,97	16	14	13
RN3	0,8258	0,089	1,4609	268,1	361,8	52,01	16	14	16
RN4	0,8248	0,076	1,4609	266,2	360,6	51,96	15	13	16
RN5	0,8257	0,093	1,4609	269,1	258,4	52,41	15	13	15
RN6	0,8246	0,070	1,4603	265,2	359,0	51,96	16	14	15
RN7	0,8461	0,320	1,4718	267,0	319,8	46,77	-9	-11	-7
RN8	0,8264	0,110	1,4609	265,0	357,3	51,45	15	13	15
RN9	0,8300	0,150	1,4632	267,1	349,1	51,21	14	10	15
RN10	0,8333	0,180	1,4649	267,7	342,2	50,61	12	9	11
MÉDIA	0,8285	0,127	1,4623	266,5	342,6	51,23	13	10	12

Tabela 3. Resultados das amostras do Estado da Paraíba.

Amostra	Dens 20.°C	T.Enxofre	Refracção	Dest. 50%	Dest. 85%	In. Cetano	P. Nevoa	P. Fluidez	P.Entup.
PB1	0,8480	0,386	1,4751	277,4	335,6	47,55	-1	-6	-3
PB2	0,8396	0,121	1,4690	284,4	341,4	53,14	9	5	8
PB3	0,8472	0,377	1,4768	277,9	313,3	49,49	-10	-12	-9
PB4	0,8423	0,274	1,4727	271,9	318,7	49,33	-9	-11	-9
PB5	0,8476	0,315	1,4729	268,8	320,4	46,64	-9	-11	-7
PB6	0,8310	0,240	1,4644	280,1	337,6	54,53	5	3	5
PB7	0,8283	0,280	1,4632	271,6	333,6	53,41	0	-2	0
PB8	0,8314	0,280	1,4647	275,7	335,4	53,38	3	-1	3
PB9A	0,8313	0,270	1,4646	274,4	333,8	53,09	0	-5	0
PB10	0,8312	0,270	1,4639	273,0	333,3	52,60	2	0	2
MEDIA	0,83779	0,2813	1,46873	275,52	330,31	51,32	-1	-4	-1

Tabela 4. Resultados das amostras para as análises de cor, viscosidade e ponto de fulgor.

Amostras	Cor	Viscosidade(mm ² /s)	P. Fulgor(.°C)
RN1	1,3	2,99	50
RN2	1,4	3,06	56
RN3	2,0	3,15	52
RN4	1,2	3,24	54
RN5	1,3	3,12	50
PB1	2,0	3,07	62
PB2	1,0	3,68	68
PB3	5,0	3,11	67
PB4	1,5	2,88	65
PB5	0,5	2,97	63

Tabela 5: Análises físico-químicas do biodiesel da mamona

Análise	Resultado
Densidade	0,9170 g/cm ³
Teor de Enxofre	0,023 %
Ponto de Névoa	-19,0.°C
Índice de Refracção	1,4614 nD
Viscosidade	16,85 mm ² /s
Cor	2,0

Tabela 6 : Resultados das misturas ao Óleo Diesel com 0, 5,10,15% de Biodiesel da mamona

	OD	OD + 5% de BD	OD +10% de BD	OD +15% de BD
Densidade a 20/4.°C (g/cm ³)	0,8277	0,8308	0,8354	0,8406
Ponto de Névoa (°C)	14,0	14,0	14,0	14,0
Ponto de Fluidez (.°C)	12,0	13,0	10,0	12,0
Viscosidade (mm/s ²)	3,347	3,736	3,969	4,164
Índice de Refração (nD)	1,4635	1,4633	1,4631	1,4628
Cor	1,4	4,0	5,3	5,9

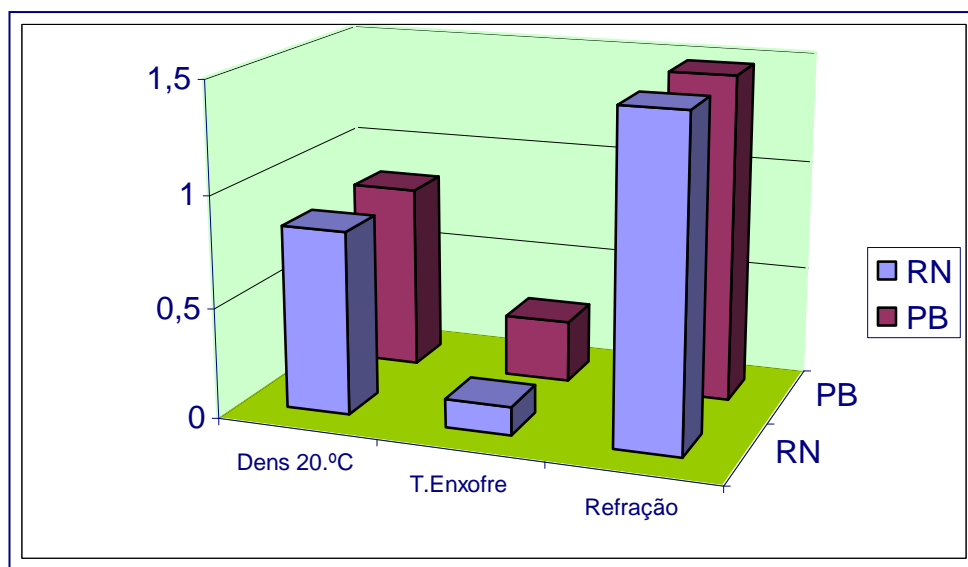


Figura 3. Gráfico comparativo da Densidade, Teor de Enxofre e Índice de Refração dos Estados do RN e PB.

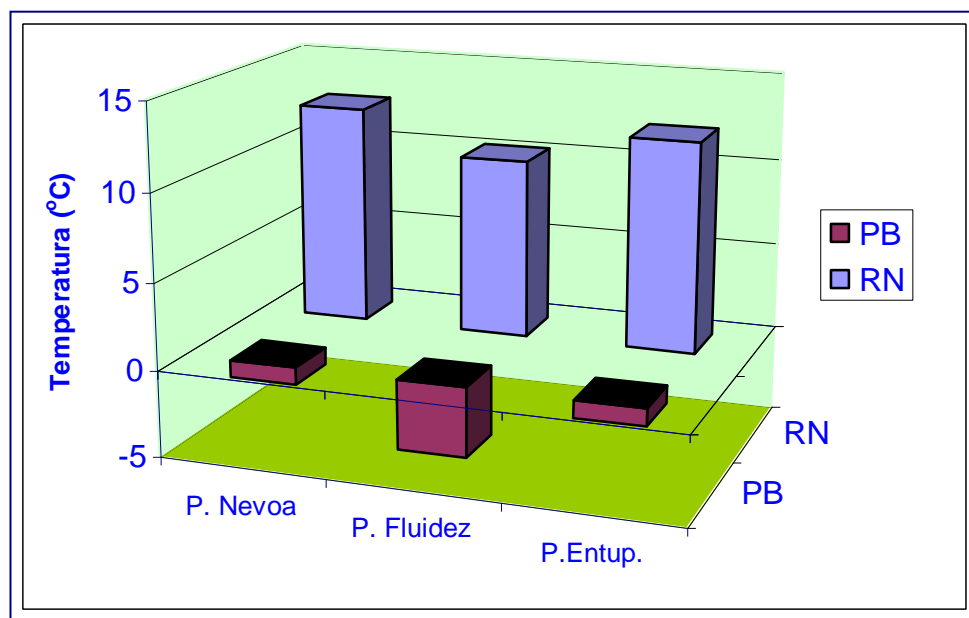


Figura 4. Gráfico comparativo do Ponto de Névoa, Fluidez e Entupimento dos Estados do RN e PB.

6. Conclusões.

Nesta primeira etapa experimental de realização da pesquisa, foi dado início à seleção das amostras de óleo diesel combustível coletadas no Estado do Rio Grande do Norte e Paraíba e as análises físico-químicas, tais como o ponto de névoa, ponto de fluidez, ponto de entupimento, destilação, densidade, teor de enxofre, índice de refração e índice de cetano foram realizadas. A partir dos dados foi possível avaliar inicialmente que o óleo diesel com uma densidade maior possui um teor de enxofre, ponto de fulgor e índice de refração mais elevado e que das amostras analisadas, o diesel originário da Paraíba possui densidade maior, enquanto que os parâmetros de índice de cetano, ponto de névoa, fluidez e entupimento foram inferiores nessas amostras. Outra observação é que na maioria das amostras analisadas o ponto de névoa difere do ponto de fluidez em 2.°C, sendo o ponto de névoa menor. E o ponto de entupimento é muito próximo do ponto de névoa. Observou-se também que as amostras do RN obtiveram um ponto de fulgor mais baixo em relação às amostras coletadas no Estado da Paraíba. Entre as amostras coletadas dos Estados do RN e da PB ocorreu uma variação muito grande do ponto de névoa, fluidez e entupimento. Essa variação está relacionada com o local onde o óleo diesel é produzido; no caso o óleo diesel do RN a sua produção é 100% do Pólo de Guamaré–RN, já o óleo diesel da Paraíba é originado da RLAM- BA. Já o estudo da adição de biodiesel da mamona ao diesel, revela que com o aumento das proporções (5,10,15%), aumenta-se a densidade, a viscosidade e a cor, enquanto que o índice de refração diminui e o ponto de névoa permanece sem se alterar.

7. Bibliografia

- COUTINHO, JAP – Cloud and pour points in the fuel blends - Fuel – 2001; 963-967.
- LÉTOFFÉ JM, CLAUDY P., DAMIN B. – Antagonism between cloud point and cold filter plugging point depressants in a diesel fuel – Fuel 1995 Vol. 74 n.o.12 p.1830-1833
- LI J., XU H, YIN G.- Determination of alkylated polystyrene pour point depressant by preparative gel permeation chromatography, infrared spectrometry and nuclear magnetic resonance spectrometry –Analytica Chimica Acta 373 (1998) 73-81
- NOGUEIRA, L.A.H.; PIKMAN B.; Biodiesel, novas perspectivas de sustentabilidade ,Revista brasileira de Bioenergia, Edição1 ,agosto de 2002
- NORMA ASTM – D-4294 Enxofre em Petróleo e Produtos de Petróleo por Espectrometria de Fluorescência de Raio-X por energia dispersiva
- NORMA ASTM – D4052 Densidade e Densidade Relativa de Líquidos pelo Medidor de Densidade Digital – D4052
- NORMA ASTM D 97 Ponto de Fluidez de Produtos de Petróleo
- NORMA ASTM D 6371-99 Standard Test for Cold Filter Plugging Point of Diesel and Heating Fuels
- PINTO,R.R.C.;FACHETT,A.M.;PERIN,C.; Caracterização de Biodiesel para uso automotivos, Seminário de Biodiesel, São Paulo, dezembro de 2001.
- SAIBAN S, BROWN TC - Kinetic model for cloud-point blending of diesel fuels – Fuel – 1997;vol 76:1417-1423.
- SEMWAL PB, VARSHNEY RG – Predictions of pour,cloud and cold filter plugging point for future diesel fuels with application to diesel blending models – Fuel 1995;74:437.
- SILVA,PAULO R. LESSA - Apostila da Petrobras,Ensaio de certificação/ qualificação de petróleo e derivados julho/98.
- SRIVASTAVA S.P., TANDON R.S, VERMA P.S., GOYAL S.K. –Phase transitions in middle-distillate waxes: effect of a pour-point depressant additive – Fuel 1995 Vol .74 N.o. 6 pp 928-931
- www.anp.gov.br
- www.petrobras.com.br

ANEXO I

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – PRH/ANP-14
REFINARIA LANDULPHO ALVES MATARIPE - RLAM



ESTÁGIO SUPERVISIONADO
OTIMIZAÇÃO DE UMA UNIDADE DE
DESTILAÇÃO DA RLAM

Aluna/Estagiária

Marina Áurea de Oliveira Medeiros

Professor Orientador

Gilson

Supervisores

Paulo Edson Ballejos

Bartolomeu Henrique Pereira Rebouças

Salvador/BA

Março de 2004

MARINA ÁUREA DE OLIVEIRA MEDEIROS

***OTIMIZAÇÃO DE UMA UNIDADE DE DESTILAÇÃO DA
RLAM***

Relatório apresentado ao Departamento de Engenharia Química da UFRN como pré-requisito para obtenção do conceito na disciplina DEQ0330– Estágio Supervisionado, visando a conclusão do curso de graduação em Engenharia Química.

SALVADOR/BA
MARÇO DE 2004

1. Introdução

Este estágio teve como objetivo acompanhar as atividades de refino como um todo, e mais especificamente na área de destilação da Refinaria Landulpho Alves, buscando relacionar a teoria vista durante a graduação de engenharia química e as diversas atividades desenvolvidas diariamente em uma indústria do refino. Já o período de estágio no CENPES foi dedicado ao estudo da tecnologia pinch para aplicar em uma unidade de destilação da RLAM.

O presente trabalho tem caráter curricular para o relator, e será apresentado neste relatório da seguinte forma:

No Item 2, será feita uma rápida apresentação da empresa, mostrando seus objetivos e estrutura e o modelo organizacional da mesma.

No Item 3, será apresentada a fundamentação teórica, enfocando os temas refino do petróleo e seus processos, a destilação, a unidade de estudo e a tecnologia “pinch”, para melhor compreensão do trabalho como um todo.

O Item 4 foi destinado à descrição das atividades realizadas no período de estágio.

Nos Itens 5 e 6, serão apresentadas, respectivamente, as conclusões obtidas durante a realização deste trabalho e a bibliografia que foi usada como suporte para o desenvolvimento do mesmo.

2. A Empresa Estagiada

A Petrobrás é uma empresa de economia mista, criada para assegurar o abastecimento do mercado nacional de óleo, gás natural e derivados, através das atividades definidas na Constituição Federal.

2.1 RLAM

A REFINARIA LANDULPHO ALVES - RLAM, onde foi realizado o Estágio Supervisionado do curso de Engenharia Química da UFRN, é a mais antiga das onze refinarias do Departamento de Produção Industrial da PETROBRAS; sua sigla RLAM faz alusão as iniciais dos termos Refinaria Landulpho Alves Mataripe. Tem a missão de produzir derivados de petróleo de forma integrada aos demais órgãos da companhia, dentro dos parâmetros gerenciais, de desempenho, padrão tecnológico, qualidade, condições ambientais e de trabalho similares aos de empresas internacionais do setor, contribuindo para a continuidade do desenvolvimento da PETROBRAS.



Figura 2.1 – Vista aérea da Refinaria

A RLAM deverá processar, neste ano, 15,8 milhões de m³ de petróleo bruto e gás natural. É a terceira em grau de complexidade industrial dentre o elenco das refinarias existentes no Brasil.

A refinaria está estabelecida no Município de São Francisco do Conde, Estado da Bahia, no km 4 da Rodovia BA-523, numa localidade chamada Mataripe, às margens da Baía de Todos os Santos. A escolha de sua localização se deveu à proximidade dos campos produtores de petróleo e da facilidade de acesso por via marítima para escoamento de produtos e cargas, já que na ocasião de sua implantação não havia estradas adequadas para permitir a rapidez e a segurança de transporte.

A estrutura organizacional é dividida em 3 níveis: o Grupo 1 é constituído pelo Gerente Geral e Gerente Geral Adjunto e doze Gerências, englobando as diversas atividades necessárias ao funcionamento de uma Refinaria:

- ✓ Gerência Comercial - CM
- ✓ Gerência de Comunicação - CO
- ✓ Gerência de Empreendimentos -EM
- ✓ Gerência de Engenharia - EN
- ✓ Gerência de Infra-estrutura - IS
- ✓ Gerência de Manutenção Industrial - MI
- ✓ Gerência de Otimização – OT
- ✓ Gerência de Planejamento e Controladoria - PC
- ✓ Gerência de Produção - PR
- ✓ Gerência de Transferência, Estocagem e Utilidades - TEU
- ✓ Gerência de Recursos Humanos – RH
- ✓ Gerência de Saúde, Meio Ambiente e Segurança Industrial - SMS.

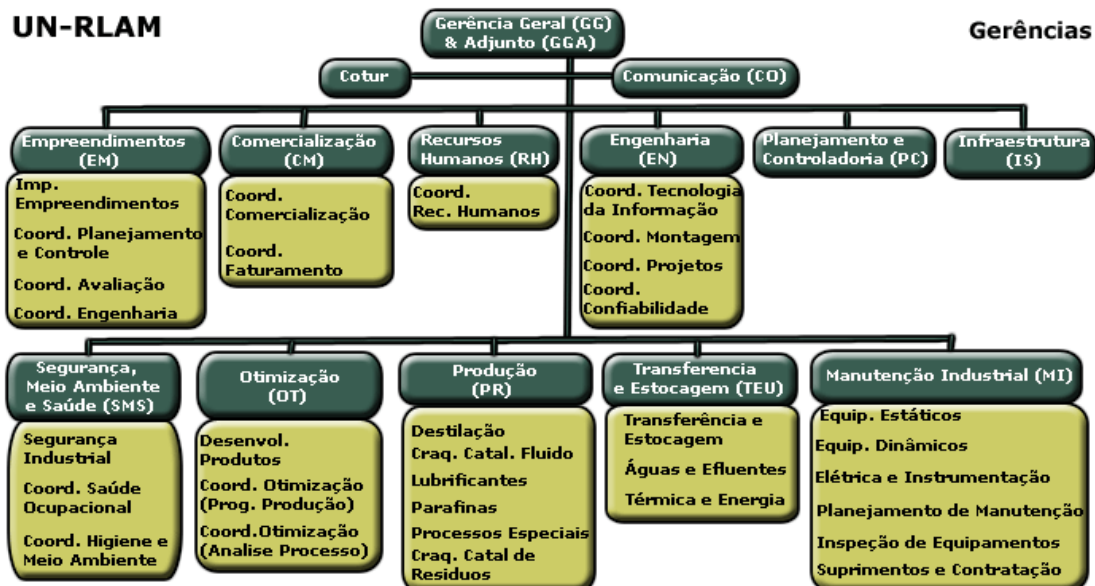


Figura 2.2 – Organograma das gerências.

O local de estágio, na RLAM, foi o SETOR DE OTIMIZAÇÃO – ANÁLISE E AUTOMAÇÃO DE PROCESSO - OT/AP. Esse setor é responsável por otimizar o processo produtivo, assegurando os níveis requeridos de segurança, confiabilidade, qualidade e rentabilidade. Assim, o setor é composto por um gerente, um coordenador, engenheiros, operadores e estagiários da área de engenharia química. Esta organização é feita da seguinte forma:

- ✓ Gerente de Otimização
- ✓ Coordenador de Análise de Processo

Os engenheiros e operadores se dividem por grupos e estão distribuídos da seguinte forma:

- **Automação e Controle Avançado:** este grupo tem a função de manter o processo sob controle, de forma estável, respeitando as restrições do processo.
- **Destilação:** este grupo acompanha as unidades de destilação (U-4, U-9 E U-32) de forma a proporcionar a otimização das mesmas para aumentar cada vez mais o processo de separação, gerando uma maior rentabilidade de produtos derivados para a empresa; essas unidades são extremamente importantes, pois delas dependem toda a carga que segue para as demais.
- **Craqueamento Catalítico:** faz o acompanhamento das unidades de craqueamento, U-6 e U-39, na quais os principais produtos são a gasolina e o GLP.
- **Grupo de Transferência e Estocagem:** o principal objetivo dessa área é elaborar projetos de forma a promover a qualidade dos produtos estocados, obtendo continuidade operacional, confiabilidade, rentabilidade e economia, atendimento de novas necessidades do cliente, grau de impacto na área, assim como facilidade de manutenção e operação.
- **Energia:** o principal objetivo é o acompanhamento de energia e das utilidades para otimizar o sistema energético da refinaria.
- **Grupo de Eficiência Energética:** a preocupação deste grupo é de que os fornos e as caldeiras sejam colocados no local correto de forma a proporcionar uma maior eficiência energética para todas as áreas.
- **Produtos Especiais:** grupo que acompanha as unidades de lubrificantes, que englobam as Unidades 11, 12, 13, 16, 18, 23 e 24, e as de produtos especiais, que são as unidades de parafinas (U-30), de asfalto (U-21) e de processamento de LGN e solventes (U-7, U-7A e U-8).
- **Utilidades:** grupo que acompanha as unidades de utilidades voltadas para a água, tanto o resfriamento quanto o seu tratamento. O processo de tratamento de água é muito importante, uma vez que a água utilizada nas caldeiras, nos trocadores de calor e no processo é de fundamental importância para refinaria.

2.2 CENPES

Durante o período de estágio na RLAM e no desenvolver das atividades apareceu a oportunidade de estudar a tecnologia pinch e o software SPRINT no maior centro de pesquisa da América Latina, o CENPES, na Gerência de Engenharia Básica no setor de FCC, Coque e Separação.

O CENPES - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello - é o coordenador institucional das tecnologias que movem a Petrobrás.



Nos laboratórios localizados na Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), os profissionais do Cenpes desenvolvem pesquisas para todos os órgãos da Companhia.

- A missão: prover e antecipar soluções tecnológicas, com visão de inovação e sustentabilidade, que suportem o Sistema Petrobrás.
- Política: o CENPES pesquisa e desenvolve soluções tecnológicas, primando pela qualidade de seus processos e produtos, pela qualidade de vida e pela preservação do meio ambiente, seguindo as políticas corporativas estabelecidas pela Petrobrás:
 - Atuação Corporativa

- Comunicação
- Desenvolvimento de Novos Negócios
- Disciplina de Capital
- Recursos Humanos
- Segurança, Meio Ambiente e Saúde

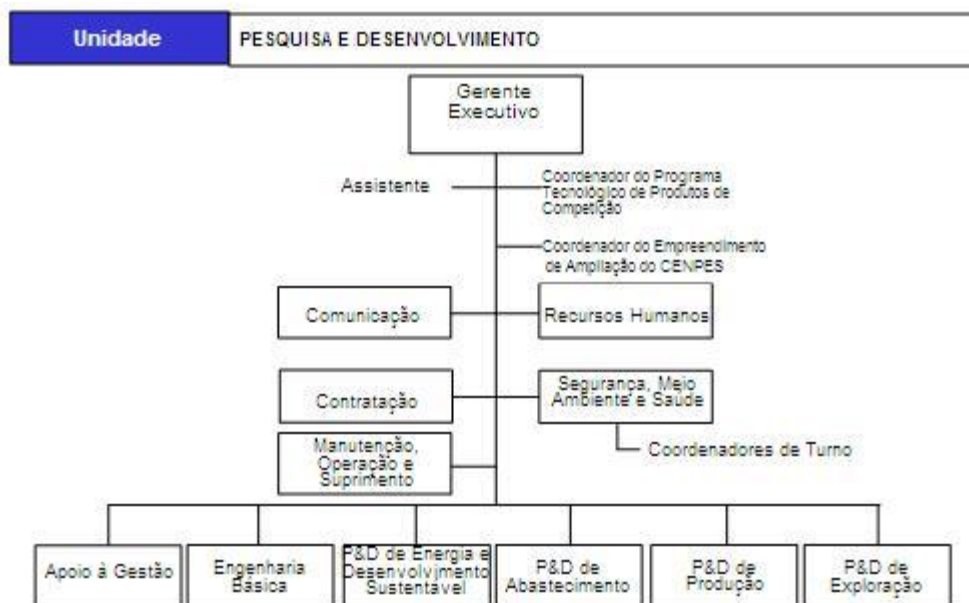


Figura 2.4 – Organograma do CENPES

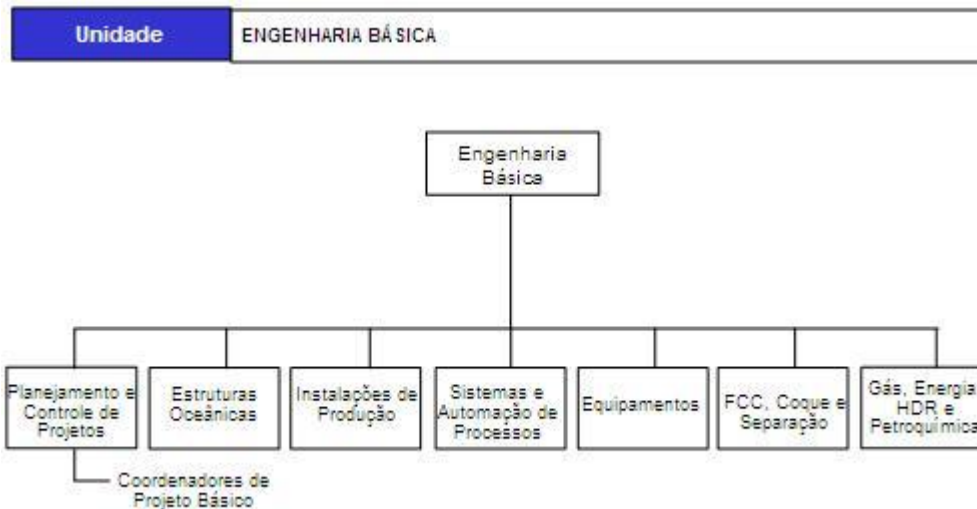


Figura 2.5 - Organograma do Setor de Engenharia Básica

FCC, Coque e Separação - FCS

O local do estágio de 22 dias no CENPES foi o setor de FCC, Coque e Separação, da Unidade de Engenharia Básica, que tem como visão "ser um símbolo de excelência em projetos de engenharia básica, desenvolvimento e assistência técnica nas tecnologias sob sua responsabilidade" e, como missão, "prover a Companhia da melhor solução tecnológica em projetos de engenharia básica, desenvolvimentos e assistência técnica nas tecnologias de processamento de destilação, extração, conversão térmica e craqueamento catalítico de petróleo".

Portanto, é sua atribuição fornecer projetos de engenharia básica, assistência técnica e soluções tecnológicas em destilação, extração, conversão térmica de frações pesadas, craqueamento catalítico, alquilação, isomerização, reforma catalítica, MTBE e outros processos de produção de gasolina, desenvolvendo, adquirindo, avaliando e licenciando tecnologias aplicáveis às necessidades da Petrobrás.

- Equipe de Craqueamento Catalítico

As atribuições desta equipe são a execução de projetos de engenharia básica, assistência técnica e desenvolvimentos nas tecnologias de FCC - conversão e fracionamento, MTBE e seleção, avaliação e assistência técnica nas tecnologias de alquilação, isomerização e reforma catalítica.

- Equipe de Separação

As atribuições desta equipe são as execuções de projetos de engenharia básica, assistência técnica e desenvolvimentos nas tecnologias de destilação, desasfaltação e outros processos de separação.

- Equipe de Coque

As atribuições desta equipe são as execuções de projetos de engenharia básica, assistência técnica e desenvolvimentos na tecnologia de coqueamento retardado.

- Produtos

- Projetos de Engenharia Básica
- Assistência técnica às unidades operacionais
- Projeto de tubulações especiais
- Acompanhamento de projetos, fabricação e montagem
- Coordenação de projetos e desenvolvimentos de terceiros
- Desenvolvimento e avaliação de patentes.

3. Fundamentação Teórica

3.1 Refino do Petróleo

O petróleo não é uma substância pura, e sim uma complexa mistura de compostos orgânicos e inorgânicos onde predominam os hidrocarbonetos. Ele, por si só, tem pouquíssimas aplicações práticas, servindo quase tão somente como óleo combustível.

Para que ele tenha seu potencial energético plenamente aproveitado, bem como sua utilização como fonte de matérias primas, é importante que seja realizado seu desmembramento em cortes, com padrões pré-estabelecidos para determinados objetivos, que denominamos frações.

Além da complexidade de sua composição, não existem dois petróleos idênticos. Suas diferenças vão influenciar de forma decisiva tanto nos rendimentos quanto na qualidade das frações.

Dessa forma, o petróleo deve ser processado e transformado de forma conveniente, com o propósito de obter-se a maior quantidade possível de produtos valiosos, da melhor qualidade possível, logicamente minimizando-se os produtos de menor valor comercial. Atingir este objetivo com o menor custo operacional é a diretriz básica da refinação.

As características dos petróleos têm ponderável influência sobre a técnica adotada para a refinação, e freqüentemente determinam os produtos que melhor podem ser obtidos. Assim, é óbvio que nem todos os derivados podem ser produzidos com qualidade, direta e economicamente, de qualquer tipo de petróleo. Da mesma forma, não existe uma técnica única de refino adaptável a qualquer tipo de óleo bruto.

A arte de compatibilizar as características dos vários petróleos que devam ser processados numa dada refinaria, com necessidade de suprir-se de derivados em quantidade e qualidade numa certa região de influência dessa indústria, faz com que surjam arranjos de várias unidades de processamento para que esta compatibilização seja feita, conforme já foi referido, da forma mais racional e econômica possível.

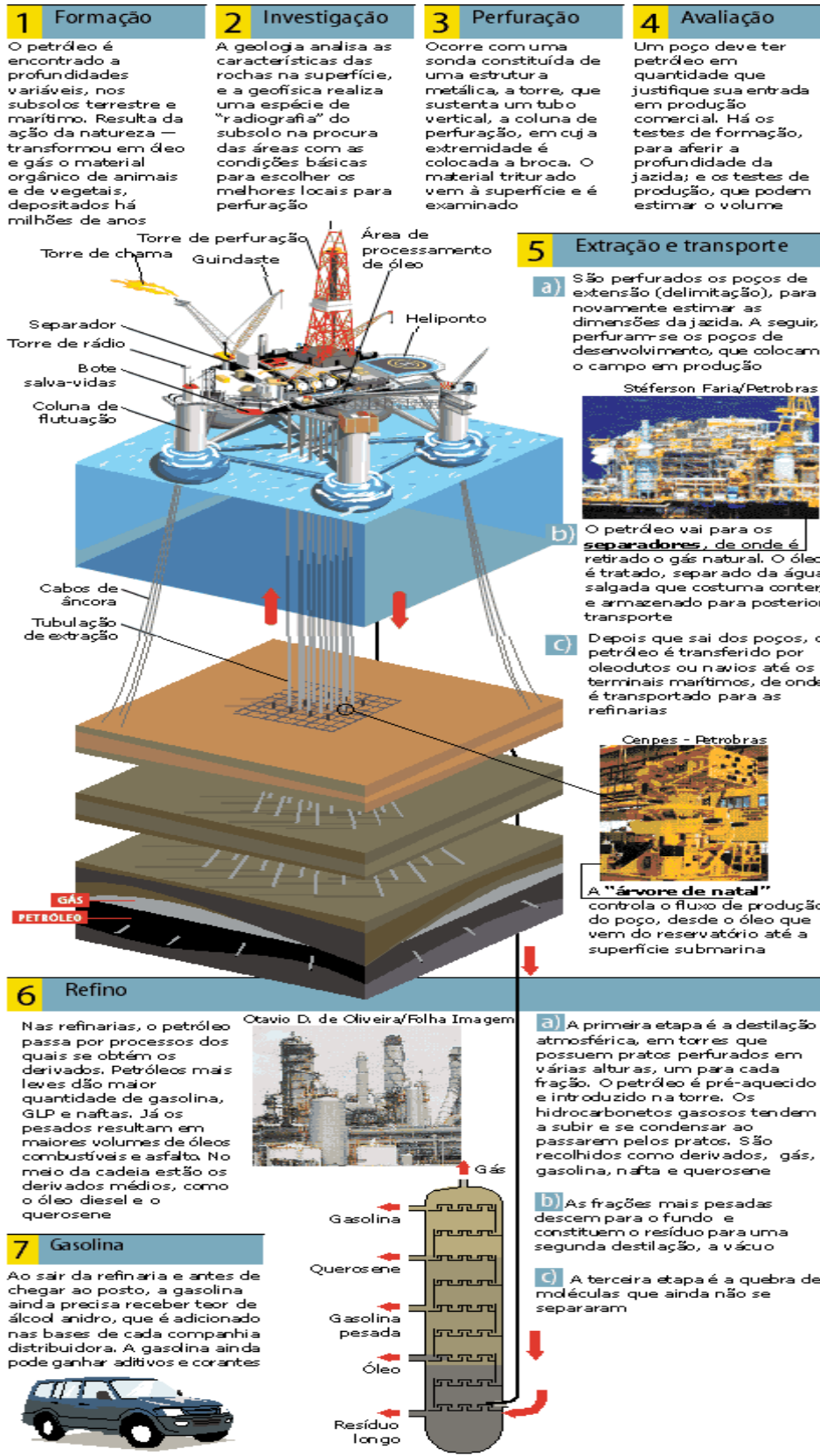


Figura 3.1 - Cadeia de Produção do Petróleo

Objetivo do Refino

Uma refinaria de petróleo, ao ser planejada e construída, pode se destinar a dois objetivos básicos:

- produção de combustíveis e matérias-primas petroquímicas;
- produção de lubrificantes básicos e parafinas.

O primeiro objetivo constitui a maioria dos casos, uma vez que a demanda por combustíveis é muito maior que a de outros produtos. Aqui é fundamental a produção em larga escala de frações destinadas à obtenção de GLP, gasolina, diesel, querosene e óleo combustível, dentre outros.

O segundo objetivo é a maximização de frações básicas lubrificantes e parafinas. Estes produtos, de valores agregados muito maior que os combustíveis, cerca de duas a três vezes mais, conferem alta rentabilidade aos refinadores, embora os investimentos sejam também de muito maior porte.

A RLAM (BA), juntamente com a REDUC (RJ), são as refinarias que englobam os dois objetivos.

3.1.1 Tipos de processos

Podemos classificar os processos existentes em uma refinaria em quatro grandes grupos:

- Processos de Separação;
- Processos de Conversão;
- Processos de Tratamento;
- Processos Auxiliares.

3.1.1.1 Processos de Separação

São sempre de natureza física e têm por objetivo desdobrar o petróleo em suas frações básicas ou processar uma fração previamente produzida no sentido de retirar dela um grupo específico de componentes.

Os agentes responsáveis por estas operações são físicos, por ação de energia (na forma de modificações de temperatura e/ou pressão) ou de massa (na forma de relações de solubilidade a solventes) sobre o petróleo ou suas frações.

Uma importante característica nos processos de separação é que, a menos de eventuais perdas ou contaminações, os produtos que saem destes processos, se misturados, reconstituem a carga original, uma vez que a natureza das moléculas não é alterada.

Como exemplo deste grupo de processos, podemos citar a destilação, em suas várias formas, a desasfaltação a propano, a desaromatização a furfural e a desparafinação/desoleificação a solvente, dentre outros.

3.1.1.2 Processos de Conversão

De forma diversa dos anteriores, são sempre de natureza química e visam transformar uma fração em outra(s), ou alterar profundamente a constituição molecular de uma dada fração, sem, no entanto, transformá-la em outra. Isto pode ser conseguido através de reação de quebra, reagrupamento ou reestruturação molecular.

As reações específicas de cada processo são conseguidas por ação conjugada de temperatura e pressão sobre os cortes, sendo bastante freqüente também a presença de um agente promotor reacional, que denominamos catalisador. Conforme a presença ou ausência desse agente, podemos classificar estes processos como catalíticos ou não catalíticos.

Processos de conversão normalmente são de elevada rentabilidade, principalmente quando transformam frações de baixo valor comercial (gasóleos, resíduos) em outras de maiores valores (GLP, naftas, querosene, diesel).

Como exemplo destes processos, podemos citar o craqueamento, o hidrocrackeamento, a reformação e a isomerização, todos estes catalíticos. Dentre os não catalíticos, podemos citar o craqueamento térmico, a viscorredução e o coqueamento retardado.

3.1.1.3 Processos de Tratamento

Também conhecidos como processos de acabamento, são de igual forma de natureza química, porém seus objetivos não são de provocar profundas modificações nas frações e sim causar a melhoria de qualidade de cortes semi-acabados, eliminando ou reduzindo impurezas presentes em suas constituições.

São bastante utilizados em frações leves (gases, GLP e naftas), não requerendo condições operacionais severas nem grandes investimentos para suas implantações. Este subgrupo é conhecido como processo convencional de tratamento, incluindo-se nele o tratamento cáustico simples e regenerativo (Merox), o tratamento com etanol-aminas (MEA/DEA), e o tratamento Bender.

Quando se tem de adequar a qualidade de frações médias (querosene, diesel) ou pesadas (gasóleos, lubrificantes, resíduos), os processos acima mencionados mostram-se ineficazes, obrigando a utilização de outros processos de maior eficiência. O agente responsável pela remoção de impurezas é o hidrogênio, atuando na presença de um catalisador. Este subgrupo é conhecido como hidrotratamento ou de hidroacabamento, causando uma acentuada melhoria na qualidade dos produtos tratados.

3.1.1.4 Processos Auxiliares

São aqueles que se destinam a fornecer insumos à operação dos outros anteriormente citados ou tratar rejeitos desses mesmos processos. Incluem-se neste grupo a geração de hidrogênio (fornecimento deste gás às unidades de hidroprocessamento); a recuperação de enxofre (produção deste elemento à partir da queima do gás ácido rico em H_2S) e as utilidades (vapor, água, energia elétrica, ar comprimido, distribuição de gás e óleo combustível, tratamento de efluentes e tocha), que, embora não sejam de fato unidades de processo, são imprescindíveis a eles.

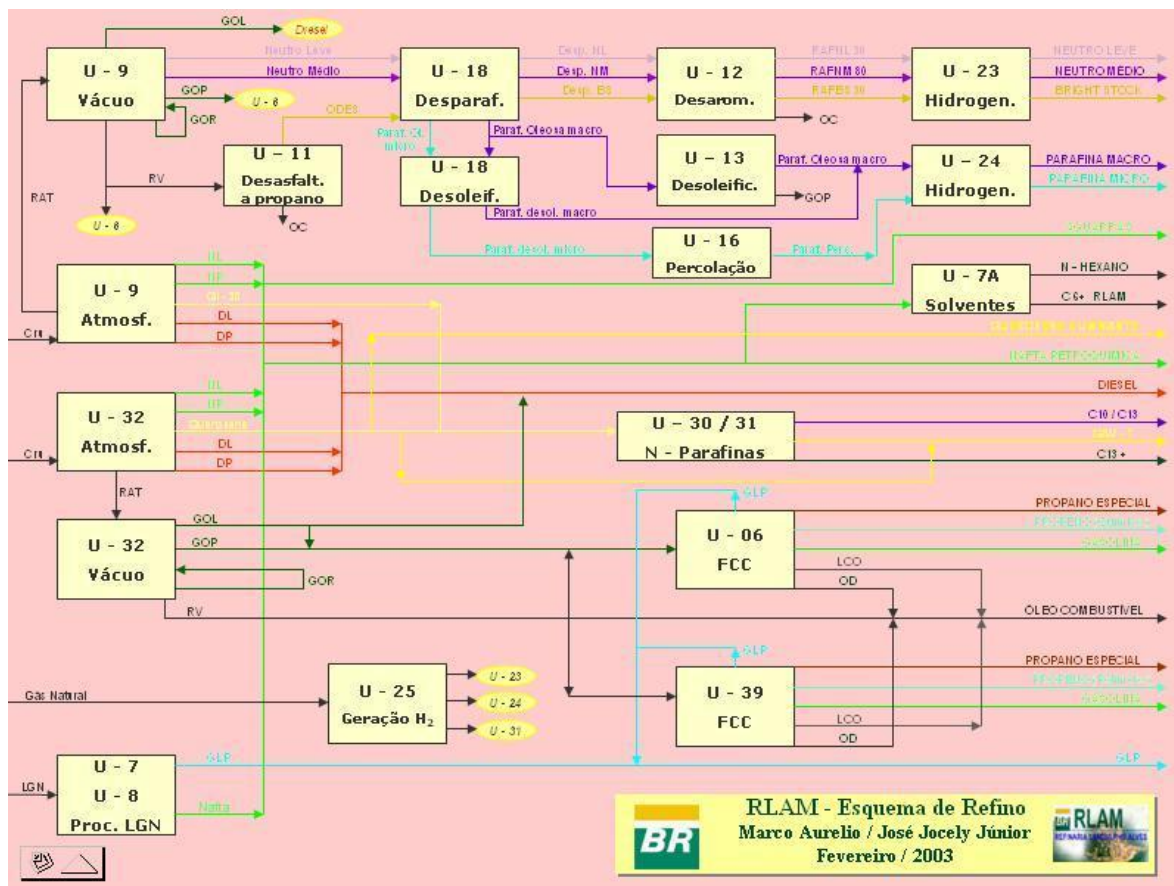


Figura 3.2 - Esquema de Refino da RLAM

3.2 Destilação

O petróleo, para que tenha seu potencial energético efetivamente aproveitado, deve ser desdobrado em cortes de faixas de ebulição características, denominadas frações. Assim, para que esse objetivo seja alcançado, o óleo bruto é submetido ao processo de destilação.

A destilação é um processo físico de separação, baseado na diferença de pontos de ebulição entre compostos coexistentes numa mistura líquida. Particularmente, sabemos que os pontos de ebulição de hidrocarbonetos aumentam com o crescimento de seus pesos moleculares. Desta forma, variando-se as condições de aquecimento de um petróleo, é possível vaporizar-se compostos leves, intermediários e pesados, que, ao se condensarem, podem ser separados. Paralelamente, ocorre a formação de um resíduo bastante pesado, constituído

principalmente de hidrocarbonetos de elevados pesos moleculares, que, às condições de temperatura e pressão na qual a destilação é realizada, não se vaporizam.

Por ser a destilação um processo físico, as propriedades físicas dos componentes de cada fração não são modificadas.

Um outro fator importante no processo de destilação, além da temperatura de aquecimento do óleo, é a pressão a que ele está sendo submetido. Sabe-se que o ponto de ebulição de um determinado líquido é função da pressão que sobre ele está exercendo o ambiente. Quanto maior for a pressão exercida, maior será a temperatura de ebulição do líquido. Logicamente, baixando-se a pressão, baixamos também a temperatura de ebulição do líquido em questão.

A conjugação desses dois parâmetros – temperatura e pressão – permite que o petróleo seja separado em suas diversas frações.

De um modo geral, todas as unidades de destilação de petróleo possuem os seguintes equipamentos: torres de fracionamento, retificadores, fornos, permutadores de calor, tambores de acúmulo e refluxo, bombas, tubulações e instrumentos de medição e controle.

3.2.1 Pré-aquecimento e dessalinização

O processo de destilação tem início com o bombeamento contínuo de petróleo frio através de vários trocadores de calor, onde o óleo é progressivamente aquecido ao mesmo tempo em que resfria os produtos acabados que deixam a unidade. O conjunto dos permutadores de calor dessa seção é conhecido como bateria de pré-aquecimento.

O sistema de pré-aquecimento permite uma economia operacional bastante elevada, pois oferece a vantagem de aquecer a carga com frações que se desejam resfriar, economizando o excesso de combustível que se faria necessário para o aquecimento total da carga, além de oferecer um menor dimensionamento dos fornos.

Antes de o petróleo ser enviado à seção de fracionamento, deverá passar pela dessalgadora, para a remoção de sais, água e suspensões de partículas

sólidas, permitindo uma maior flexibilidade operacional em relação aos tipos de petróleos processados. Esses contaminantes causam sérios danos à unidade de destilação, se não forem removidos do óleo cru, limitando o tempo de campanha e provocando operação ineficiente da unidade.

O processo de dessalinização consiste basicamente no seguinte: o óleo cru pré-aquecido recebe uma corrente de água de processo para misturar com a água residual, sais e sólidos nele presentes. Uma válvula misturadora provoca o íntimo contato entre a água injetada e os sais e sedimentos. A seguir, a mistura de petróleo, água e impurezas, penetra no vaso de dessalgação, caminhando através de um campo elétrico de alta voltagem, mantido entre pares de eletrodos metálicos. As forças elétricas do campo assim criado provocam coalescência das gotículas de água, formando-se muitas gotas grandes, que, por terem uma maior densidade, caem através do óleo cru para o fundo da dessalgadora, carregando dissolvidos os sais e sedimentos.

O petróleo dessalgado flui pelo topo do tambor, e continua seu fluxo dentro da unidade, enquanto que a salmoura formada (água, sais e sedimentos) é contínua e automaticamente descartada do vaso de dessalgação.

O petróleo, após ser dessalinizado, passa numa segunda bateria de pré-aquecimento, onde sua temperatura é elevada ao máximo valor possível conseguido, por troca térmica com as correntes quentes que deixam o processo. Quanto mais alta for a temperatura atingida no pré-aquecimento, menor será a quantidade de combustível gasta nos fornos para o aquecimento final do óleo.

3.2.2 Destilação Atmosférica

O petróleo, após deixar o último trocador da bateria de pré-aquecimento, está ainda com uma temperatura abaixo da requerida para que ocorra um fracionamento eficaz. Com a finalidade de elevar-se mais a temperatura, possibilitando assim que as condições ideais de fracionamento sejam atingidas, a

carga é introduzida em fornos tubulares, onde recebe energia térmica produzida pela queima de óleo e/ou gás combustível.

Para que se consigam vaporizar todos os produtos que serão retirados na torre de destilação atmosférica, a carga deverá ser aquecida até o valor estipulado, porém não deve ser ultrapassada uma temperatura limite, a partir da qual tem início a decomposição das frações pesadas presentes no óleo bruto. O craqueamento térmico é uma ocorrência altamente indesejável em uma unidade de destilação, porque provoca a deposição de coque nos tubos dos fornos e nas regiões inferiores das torres, causando diversos problemas operacionais. A máxima temperatura que se pode aquecer o petróleo, sem que haja perigo de decomposição térmica, é de 400 °C.

À saída dos fornos, com temperatura próxima de 400 °C, boa parte do petróleo já se encontra vaporizado, e nessas condições a carga é introduzida na torre.



Figura 3.3 – Torre Atmosférica da U-9

O ponto de entrada é conhecido como zona de vaporização, e é o local onde ocorre a separação do petróleo em duas correntes: uma constituída de frações

vaporizadas que sobem em direção ao topo da torre, e outra, líquida, que desce em direção ao fundo.

As torres possuem no seu interior bandejas ou pratos que permitem a separação do óleo cru em cortes pelos seus pontos de ebulição, porque, à medida que os pratos estão mais próximos ao topo, suas temperaturas vão descendo. Assim, o vapor ascendente, ao entrar em contato com cada bandeja, tem uma parte de seus componentes condensada. À medida que o vapor se encaminha em direção ao topo, troca calor e massa com o líquido existente em cada prato. Os hidrocarbonetos cujos pontos de ebulição são maiores ou iguais à temperatura de uma determinada bandeja ficam aí retidos, enquanto a parte restante do vapor prossegue em direção ao topo até encontrar outra bandeja, mais fria, onde o fenômeno se repete.

Como o líquido existente em cada prato está no seu ponto de ebulição e existe sempre uma diferença de temperatura entre dois pratos vizinhos, podemos concluir que a composição do líquido varia de prato a prato, tornando-se o líquido mais pesado à medida que se aproxima do fundo da torre, e o vapor mais leve à medida que se aproxima do topo.

À proporção que as frações vão se condensando, o nível em cada bandeja vai aumentando, e o excesso é derramado no prato inferior. Ao atingir este prato, que se encontra a uma temperatura mais alta, as frações leves, pertencentes ao prato superior, são revaporizadas. O líquido que transborda prato a prato é conhecido como refluxo interno, sendo essencial a um bom fracionamento.

Em determinados pontos da coluna, os produtos são retirados da torre, segundo as temperaturas limites de destilação das frações desejadas.

Os componentes mais leves da carga, que não se condensaram em nenhum prato, saem pelo topo e são condensados em trocadores de calor fora da torre, e o líquido, depois de resfriado, é recolhido em um tambor de acúmulo. Desse tambor, uma parte retorna à torre como refluxo de topo e a outra parte é enviada para armazenamento ou alimentação de outro sistema. As finalidades principais do refluxo de topo são o controle de temperatura de saída de vapor da torre e a geração do refluxo interno, que, como já comentamos, é fundamental a um perfeito fracionamento.

Como complemento ao refluxo de topo, pode existir um refluxo de produto lateral circulante. O refluxo circulante intermediário é uma corrente que deixa a torre como líquido, é resfriada e devolvida à coluna alguns pratos acima da retirada. Sua função principal é retirar calor da torre, gerando mais refluxo interno. Porém, esta corrente não interfere diretamente no fracionamento, uma vez que o mesmo produto que é coletado num determinado prato é devolvido inalterado em sua composição à coluna.

As frações intermediárias que saem lateralmente na torre possuem componentes mais leves que são retidos no líquido, quando o vapor atravessa o prato de retirada. Esses compostos baixam o ponto inicial de ebulição e o ponto de fulgor dos cortes, sendo necessária a sua eliminação. Isto é feito em pequenas torres conhecidas como retificadoras laterais ou “strippers”.

Nesses equipamentos, injeta-se vapor d'água, que baixa a pressão parcial dos hidrocarbonetos. Embora a pressão total se mantenha constante, o abaixamento da pressão parcial dos hidrocarbonetos equivale a uma diminuição da pressão total, e, dessa maneira, sem que haja variação na temperatura, as frações mais leves são vaporizadas e levadas juntamente com o vapor d'água de volta à torre principal.

Na torre de destilação, usa-se o vapor d'água para retificar o produto de fundo, melhorando o seu ponto de fulgor e recuperando fração arrastadas que pertencem à retirada imediatamente superior à zona de “flash”. As correntes de vapor d'água que entram na coluna saem pelo topo juntamente com os hidrocarbonetos leves e são condensadas em conjunto.

Devido à diferença de densidades entre a água e os hidrocarbonetos líquidos condensados, a primeira é facilmente eliminada no tambor de acúmulo do produto de topo.

Uma torre de destilação de petróleo que trabalhe em condições próximas da atmosférica tem como produtos laterais o óleo diesel, o querosene, e a nafta pesada.

Pelo topo, saem vapores de nafta leve e GLP, que são condensados fora da torre e posteriormente serão separados. O resíduo da destilação atmosférica

que deixa o fundo da coluna é conhecido como resíduo atmosférico (RAT), e dele ainda podem ser retiradas frações importantes, através da destilação a vácuo.

3.2.3 Destilação a vácuo

O resíduo atmosférico, subproduto da destilação atmosférica do petróleo, é um corte de alto peso molecular e de baixo valor comercial. Sua única utilização prática é como óleo combustível. Contudo, acham-se nele contidas frações de elevado potencial econômico, tais como os gasóleos, que não podem ser separados por meio da destilação usual, porque, devido aos seus altos pontos de ebulição à pressão atmosférica, é impossível vaporizá-los, em face do limite de 400 °C imposto pela decomposição térmica dos hidrocarbonetos pesados.

Sabemos que a temperatura de ebulição varia diretamente com a pressão. Logo, se baixamos a pressão, os pontos de ebulição das frações também cairão, ou seja, elas serão vaporizadas a uma temperatura menor que a necessária à sua vaporização quando se trabalha sob pressão atmosférica. Assim, trabalhando-se a pressões sub-atmosféricas, é possível retirar-se do óleo cru reduzido os gasóleos, por meio da destilação a vácuo.

A destilação a vácuo é empregada usualmente em dois casos: produção de óleos lubrificantes ou produção de gasóleos para carga da unidade de craqueamento catalítico.

O resíduo atmosférico que deixa o fundo da torre principal é bombeado e enviado aos fornos da seção de vácuo, para que sua temperatura seja aumentada. Da mesma forma que na destilação atmosférica, a temperatura de saída dos fornos não deve ultrapassar a temperatura inicial de craqueamento térmico. A decomposição dos hidrocarbonetos, além da formação de depósitos de coque nas tubulações e na região abaixo da zona de “flash”, provoca a geração de gases leves, fazendo com que a pressão aumente, devido à sobrecarga no sistema de produção de vácuo.

É comum injetar-se nos fornos de vácuo uma pequena quantidade de vapor d'água. A presença do vapor aumenta a turbulência da corrente de óleo cru

reduzido que está sendo aquecida e diminui o tempo de residência da carga nos fornos. O objetivo dessa adição de vapor é minimizar a possibilidade de depósitos de coque na fornalha.

A carga aquecida, após deixar os fornos, vai ter à zona de “flash” da torre de vácuo. A pressão nessa região da torre é em torno de 100 mmHg, o que provoca a vaporização de boa parte da carga. É importante salientar que, quanto mais baixas forem as pressões atingidas, melhores serão as condições de fracionamento.

As torres de vácuo possuem normalmente um grande diâmetro, de vez que o volume ocupado por uma determinada quantidade de vapor é bem maior em pressões reduzidas que à pressão atmosférica.



Figura 3.4 - Torre a vácuo da U-9

Os hidrocarbonetos vaporizados na zona de “flash”, como na destilação convencional, atravessam bandejas de fracionamento e são coletados em duas retiradas laterais: gasóleo leve (GOL) e gasóleo pesado (GOP).

O gasóleo leve é um produto ligeiramente mais pesado que o óleo diesel e pode, em certas ocasiões, ser a ele misturado, desde que seu ponto final de ebulição não seja muito elevado.

O gasóleo pesado é um produto bastante importante devido a sua utilização como carga para unidades de craqueamento catalítico ou pirólise.

Não existe retirada de produto de topo, saindo neste local somente vapor d’água, hidrocarbonetos leves e uma pequena quantidade de ar proveniente de ligeiros vazamentos nos equipamentos. Esses gases são continuamente succionados da torre pelo sistema de produção de vácuo.

O abaixamento de pressão é feito por intermédio de uma série de condensadores e ejetores que, por intermédio da condensação do vapor d’água e de algum hidrocarboneto, produzem o vácuo. Após o último estágio de ejetores e condensadores, os gases incondensáveis (ar e hidrocarbonetos leves) são lançados aos fornos.

Quando os cortes laterais são destinados ao craqueamento catalítico, deve-se controlar principalmente o ponto final de ebulição, o resíduo de carbono e o teor de metais do GOP. Isto é feito variando-se a vazão de retirada desse produto da torre.

Entre a zona de “flash” e a retirada de gasóleo pesado, existe um conjunto de telas de aço superpostas, conhecido como “Demister pad”. Esse equipamento tem por finalidade evitar o arraste, pelo vapor, de partículas pesadas do produto de fundo, que iriam contaminar os cortes laterais, aumentando o resíduo de carbono e o teor de metais da carga para craqueamento.

O produto residual desta destilação é conhecido como resíduo de vácuo. Ele é constituído de hidrocarbonetos de elevadíssimos pesos moleculares, além de contar com uma razoável concentração de impurezas. Conforme as suas especificações, pode ser vendido como óleo combustível ou asfalto.

Quando se deseja obter asfalto no fundo da coluna de vácuo, além dos gasóleos já citados, deve ser retirado um produto intermediário entre o gasóleo

pesado e o asfalto, conhecido como “slop cut”. Este produto não pode ser retirado com os gasóleos por ser muito pesado, nem com o asfalto, pois impediria a obtenção de um produto consistente.

Quando se deseja obter óleo combustível, a retirada de “slop cut” não é feita, e esta corrente sai incorporada ao produto de fundo, diluindo-o parcialmente.

Tal como na destilação atmosférica também é injetado vapor d’água no fundo da torre visando a retificar-se o resíduo de vácuo, vaporizando as frações mais leves arrastadas.

3.3 Unidade - 9

A unidade U-9 foi projetada inicialmente para processar 8000 m³/dia de petróleo. Após a “revamp”, atingiu a meta de 9000 m³/dia. Esta carga processada é dividida em duas campanhas que duram cerca de 24 dias para o petróleo baiano, responsável pela campanha de lubrificante. Já para o petróleo RGN, o seu processamento dura 6 dias, sendo responsável pela campanha de combustíveis. Os seus produtos finais são: nafta leve, nafta pesada, querosene, diesel leve, diesel pesado e resíduo atmosférico.



Figura 3.5 – Unidade - 9 de Destilação

3.3.1 Bateria de pré-aquecimento da U-9

O petróleo, antes de passar pelo processo de dessalgação e mesmo antes de ser admitido nos fornos ou na torre de destilação, é pré-aquecido numa bateria de permutadores de calor.

O sistema de pré-aquecimento permite economizar uma grande quantidade de combustível, que seria necessário para o aquecimento total da carga, além de permitir um menor dimensionamento dos fornos.

Ao aquecer o petróleo, conseguem-se os seguintes efeitos para a dessalgação:

- Redução da viscosidade de petróleo;
- Dilatação das gotículas de água emulsionada no petróleo;
- Aumento da solubilidade dos componentes da película de desemulsificante no petróleo.

Ainda na primeira bateria de pré-aquecimento, são injetados cerca de 30% do total da água ácida retificada utilizada no processo de dessalgação, visando proporcionar uma boa pré-mistura da água com a emulsão original e, ao mesmo tempo, conseguir solubilizar sais que tendam a se incrustar na tubulação.



Figura 3.6 – Bateria de pré-aquecimento da U-9

O petróleo bombeado é dividido em três correntes paralelas, simétricas e independentes, que seguem para o conjunto de permutadores de calor que constituem a 1ª. Bateria de Pré-Aquecimento:

1º.Trem (35%):

- C-901 A/B/K/L (casco: vapores de topo da torre ATM; tubos: petróleo);
- C-902 A (casco: petróleo; tubos: querosene);
- C-961 A (casco: petróleo; tubos: 2ª passagem de GOL);
- C-903 A (casco: petróleo; tubos: RCS);
- C-904 A (casco: 2ª passagem de RIV; tubos: petróleo).

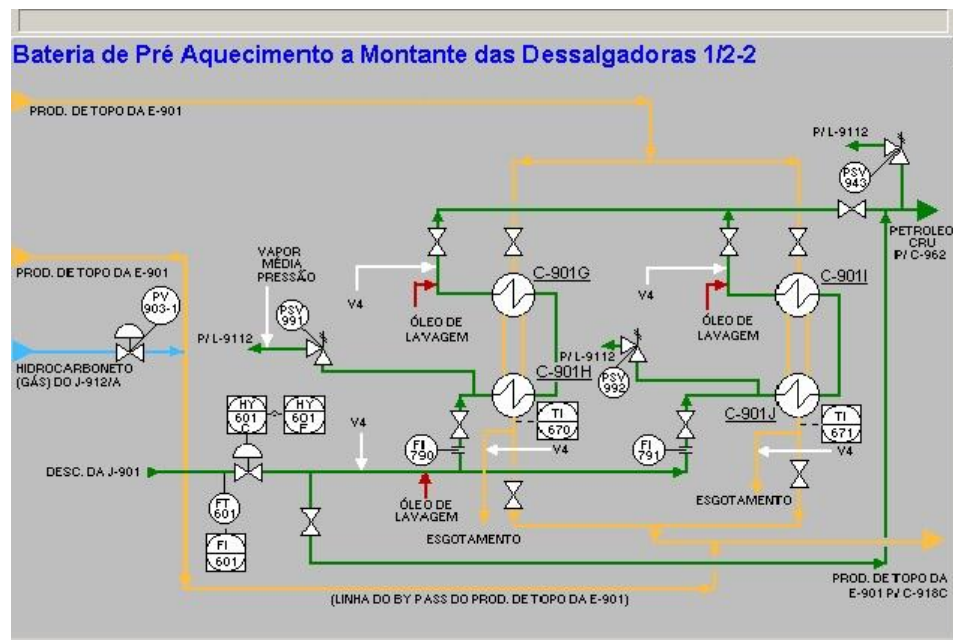


Figura 3.7- Fluxograma do 1º. trem da bateria de trocadores do C-901

2º.Trem (35%):

- C-901 C/D/E/F (casco: vapores de topo da torre ATM; tubos: petróleo);
- C-902 B (casco: petróleo; tubos: querosene);
- C-961 B (casco: petróleo; tubos: 2ª passagem de GOL);
- C-903 B (casco: petróleo; tubos: RCS);
- C-904 A (casco: 2ª passagem de RIV; tubos: petróleo).

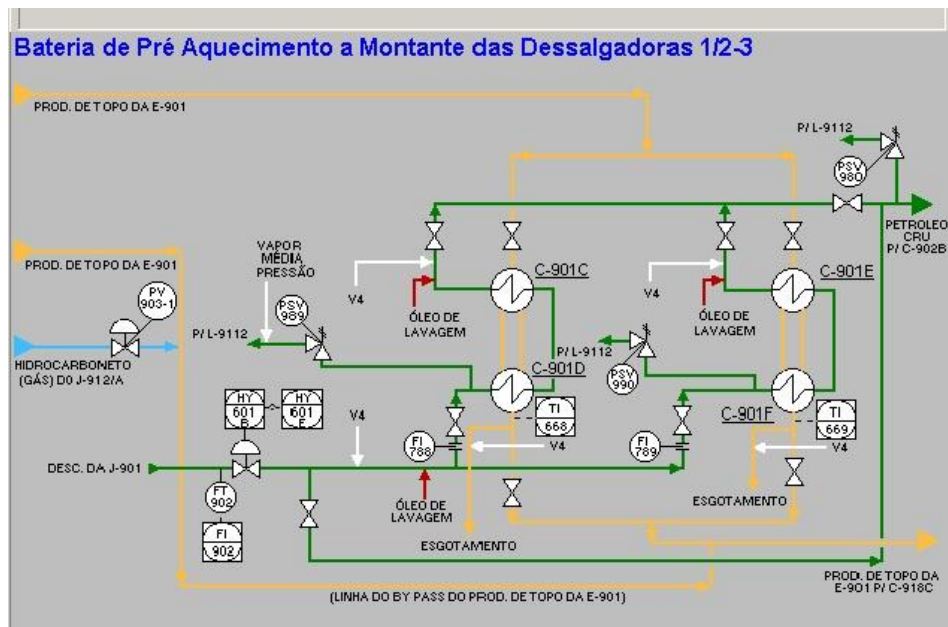


Figura 3.8 - Fluxograma do 2º. trem da bateria de trocadores do C-901

3º Trem (30%):

- C-901 G/H/I/J (casco: vapores de topo da torre ATM; tubos: petróleo);
- C-962 (casco: petróleo; tubos: 1ª passagem de GOL);
- C-963 (casco: petróleo; tubos: neutro médio/pesado);
- C-964 (casco: 4ª passagem de RV; tubos: petróleo).

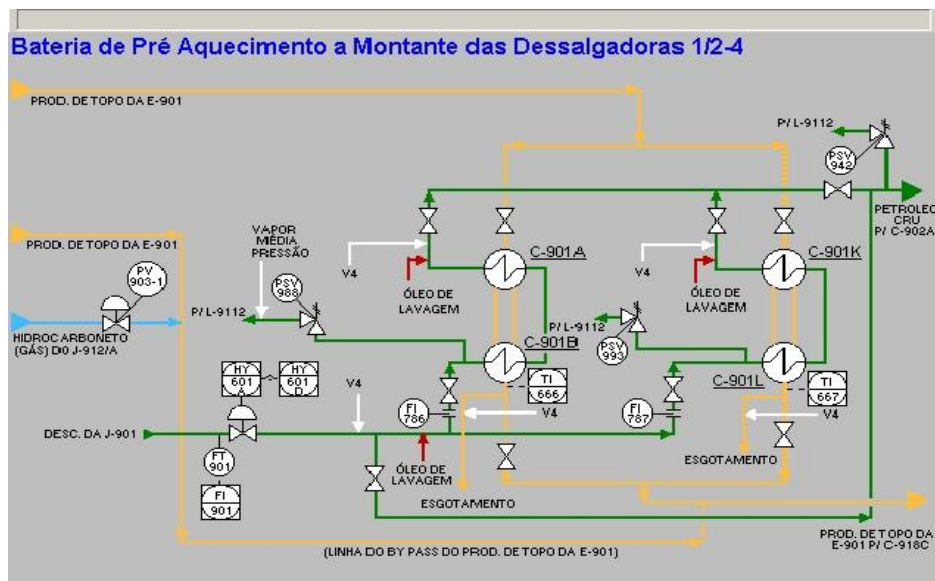


Figura 3.9 - Fluxograma do 3º. trem da bateria de trocadores do C-901

As três correntes de petróleo reúnem-se com temperatura de 148 °C a 156 °C, e fluem até as dessalgadoras. O petróleo, uma vez dessalgado e desidratado, é dividido em três correntes paralelas, simétricas e independentes, que seguem para o conjunto de permutadores de calor que constituem a 2ª. Bateria de Pré-Aquecimento:

1º.Trem (35%):

- C-905 (casco: petróleo ; tubos: 2ª passagem de DP);
- C-907 A (casco: petróleo; tubos: 1ª.passage de RIV);
- C-908 A (casco: petróleo; tubos: RCI);
- C-909 A/B (casco: 1ª passagem do RV; tubos: petróleo).

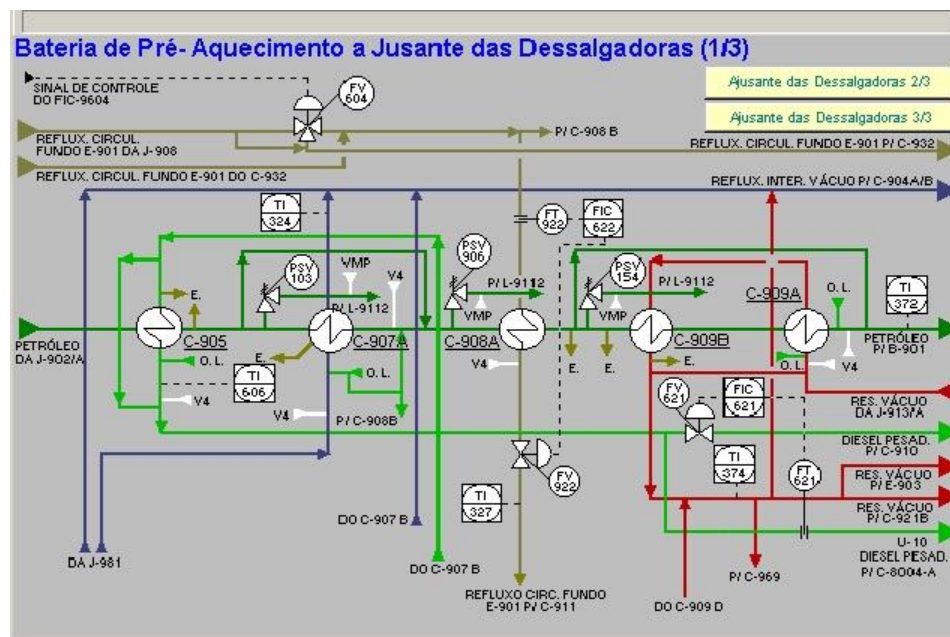


Figura 3.10 - Fluxograma do 1º. trem da 2ª bateria de trocadores

2º.Trem (30%):

- C-965 (casco: petróleo; tubos: NL);
- C-966 (casco: 3ª passagem do RV; tubos: petróleo);

- C-967 (casco: petróleo; tubos: 1ª passagem de DP);
- C-968 (casco: gasóleo pesado; tubos: petróleo);
- C-969 (casco: 2ª passagem do RV; tubos: petróleo).

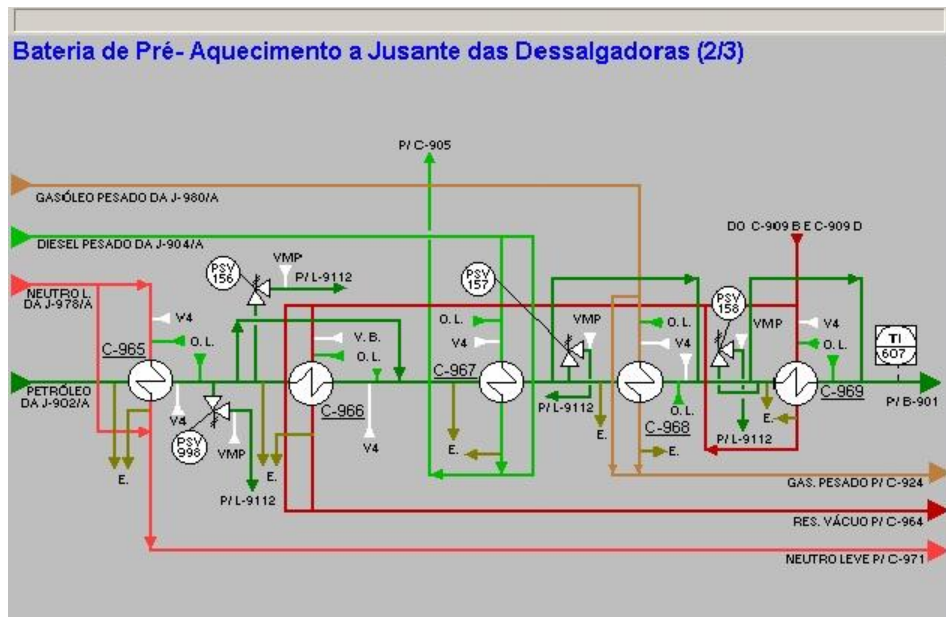


Figura 3.11 - Fluxograma do 2º. trem da 2ª bateria de trocadores

3º Trem (35%):

- C-906 (casco: petróleo; tubos: DL);
- C-907 B (casco: 1ª passagem de RIV; tubos: petróleo);
- C-908 B (casco: petróleo; tubos: RCI);
- C-909 C/D (casco: 1ª passagem de RV; tubos: petróleo).

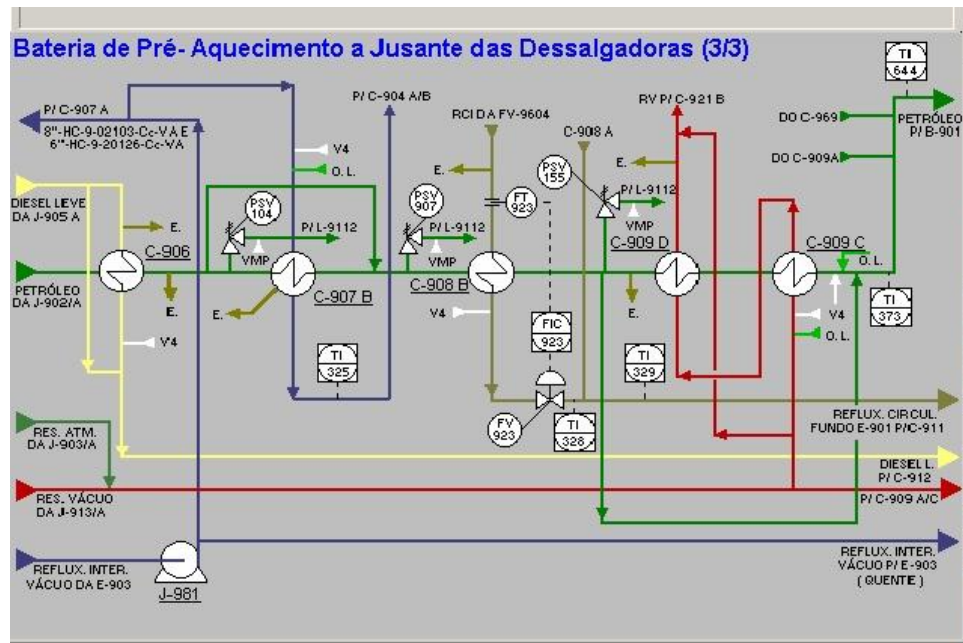


Figura 3.12 - Fluxograma do 3º. trem da 2ª bateria de trocadores

3.4 Tecnologia "Pinch"

A sociedade tem pressionado constantemente pela melhoria do desempenho ambiental das indústrias. Para fazer frente a esta crescente demanda, novos enfoques têm sido desenvolvidos, tanto no campo tecnológico como no gerencial. Estes enfoques visam minimizar o impacto ambiental da atividade industrial a custos reduzidos. A penetração em mercados cada vez mais competitivos exige a otimização da relação custo - impacto ambiental. Para tanto, têm sido desenvolvidas novas formas de combate ao desperdício de energia e à poluição industrial. Os resíduos industriais e o uso ineficiente de energia passam a ser vistos não apenas como agentes poluidores, mas, também, como perdas econômicas a serem eliminadas através de uma ação integrada sobre a totalidade do processo produtivo, desde a compra da matéria prima até o descarte das correntes residuárias.

O custo da energia representa uma parcela considerável do custo final dos produtos químicos. A principal fonte de energia é aquela proveniente de combustíveis fósseis. A minimização do uso da energia não está apenas relacionada ao custo, mas também ao aumento da concentração de gases promotores do aquecimento global do planeta (efeito estufa). O dióxido de carbono proveniente da queima de combustíveis fósseis é a principal fonte destes gases e, no Protocolo de Quioto (MCT, 2001), foram definidas restrições às emissões de dióxido de carbono e foi criado um novo mercado - o mercado internacional de carbono – com o objetivo de capturar este elemento, por exemplo, em novas reservas florestais, removendo-o da atmosfera.

Contudo, o dióxido de carbono não é o único poluente gerado na queima de combustíveis. Os compostos de enxofre estão presentes e têm uma importante contribuição na poluição atmosférica. Na combustão, eles são transformados em óxidos de enxofre que levam à formação da chuva ácida. O enxofre no combustível também tem um importante efeito na formação de particulados (Zannikos, 1995). Além do enxofre, um importante poluente formado durante a combustão é constituído dos óxidos de nitrogênio. Estes são produzidos pela oxidação do nitrogênio presente no ar de combustão principalmente a temperaturas acima de 1000 °C. Os óxidos de nitrogênio são formadores de chuvas ácidas e da névoa fotoquímica e também participam da formação de ozônio (Botsford, 2001). Portanto, quanto menor for o consumo de energia, menor serão as emissões dos gases poluentes, tais como dióxido de carbono, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio que provocam enormes danos à natureza e à saúde do homem.

Um outro aspecto a ser considerado é que uma planta industrial não otimizada energeticamente necessita de torres de resfriamento que funcionam pela evaporação da água. Somente as torres de resfriamento instaladas em Camaçari provocam um lançamento na atmosfera, em forma de vapor, de milhares de metros cúbicos de água por dia, o que daria para abastecer a população de uma cidade de porte médio. O uso e tratamento desta água geram uma grande quantidade de efluentes. Portanto, uma planta energeticamente otimizada terá seus efluentes aquosos minimizados.

Usualmente, em uma planta de processo, um conjunto de correntes quentes deve ser resfriado, e um outro, composto por correntes frias, deve ser aquecido. O aquecimento das correntes frias pode ser feito utilizando-se a energia recuperada das correntes quentes. Entretanto, nem sempre a energia total disponível nas correntes quentes é igual à energia requerida pelas correntes frias. Além disso, devido às restrições termodinâmicas impostas pelas temperaturas das correntes, nem sempre é possível a recuperação total da energia disponível nas correntes quentes. Nesses casos, a temperatura final pode ser atingida mediante o uso de energia externa ao processo, normalmente fornecida por uma corrente auxiliar denominada utilidade. São exemplos de utilidades quentes o vapor d'água, o óleo ou gás combustível de um forno. A água de resfriamento e os fluidos refrigerantes, tais como freon, amônia etc., são as utilidades frias mais utilizadas.

O aquecimento ou o resfriamento das diversas correntes é feito utilizando-se um conjunto de trocadores denominado rede de trocadores de calor. Considerando-se uma rede composta de somente duas correntes, uma sendo aquecida e outra resfriada, pode-se construir um gráfico temperatura *versus* energia por unidade de tempo ou entalpia, sendo o ΔT_{min} a menor diferença de temperatura entre as curvas.

Uma característica geralmente observada é que, quanto maior a recuperação de energia, isto é, quanto menor for o ΔT_{min} , menor será a quantidade necessária de energia de utilidades e maior o custo relativo aos trocadores de calor. A Tecnologia "Pinch" consiste, então, em determinar o nível de recuperação de energia que conduza ao menor custo total anual e em projetar a rede que realize tal objetivo.

3.4.1 Sprint

O SPRINT é um pacote de um "software" da UMIST que é ideal para sistemas de energia de plantas industriais. O SPRINT não é só ideal para custos de energia, mas para otimizar a escolha de utilidades para um processo individual e também faz um "design" automático da melhor performance de uma bateria de trocadores de calor, de acordo com a escolha das utilidades.

Um dos primeiros passos é a denominação das correntes e de suas propriedades, logo em seguida definir as especificações das utilidades e seus dados econômicos. Daí segue pras definições dos trocadores de calor onde são atribuídos dados como área, carga térmica, dados econômicos e se é um trocador já existente ou a adição de um novo na rede de trocadores entre outras atribuições. A partir de dados como esses o programa monta a rede de trocadores de calor, onde na sua tela de demonstração aparecem as correntes quentes e frias fazendo suas trocas e mostrando a área de cada trocador, assim como a temperatura de saída do fluido de cada um deles. Ainda com os dados o programa gera gráficos de Temperatura X Entalpia, conhecida como Composite Curve além de outros.

Strm	Name	TS [C]	TT [C]	DH [kW]	CP [kW/C]	HTC [kW/C.m ²]	DT [C]
1: 1 H	STREAM 1	159.0	77.0	187.37	2.285	0.1	Global
2: 1 H	STREAM 2	267.0	80.0	38.148	0.204	0.04	Global
3: 1 H	STREAM 3	332.0	90.0	130.196	0.538	0.5	Global
4: 1 C	STREAM 4	25.0	128.0	96.099	0.933	0.1E-01	Global
5: 1 C	STREAM 5	118.0	265.0	288.267	1.961	0.5	Global
6: 1 Hu	HP STEAM	250.0	249.9	0.1E-03	0.1E-02	50.0	Global
7: 1 Hu	MP STEAM	200.0	199.9	0.1E-03	0.1E-02	50.0	Global
8: 1 Hu	Flue GAS	500.0	160.0	0.34	0.1E-02	20.0	Global
9: 1 Cu	CW	20.0	60.0	0.04	0.1E-02	200.0	Global

No. Streams 9 No. Segments 9

Figura 3.13 - Tela do SPRINT onde se atribuem as propriedades das correntes.

Utility Data

Utility Number of Status

Stream Name

Specification Economics Limits Retrofit

Target Temperature

Supply Temperature [C]

Target Temperature [v]

Min/Max optimisation limit [C]

Cost Stack Losses $CP*(T_{act} - T_{min})$

Figura 3.14 - Dados das Utilidades no SPRINT

Exchanger Data

Exchanger of User Number Name

Specification Capital Cost Retrofit HTC F_{min}

Specification [v]

Duty [kW]

Area [m²]

No. Shells [N]

Hot Stream

Cold Stream

Figura 3.15 – Dados dos trocadores de calor no SPRINT

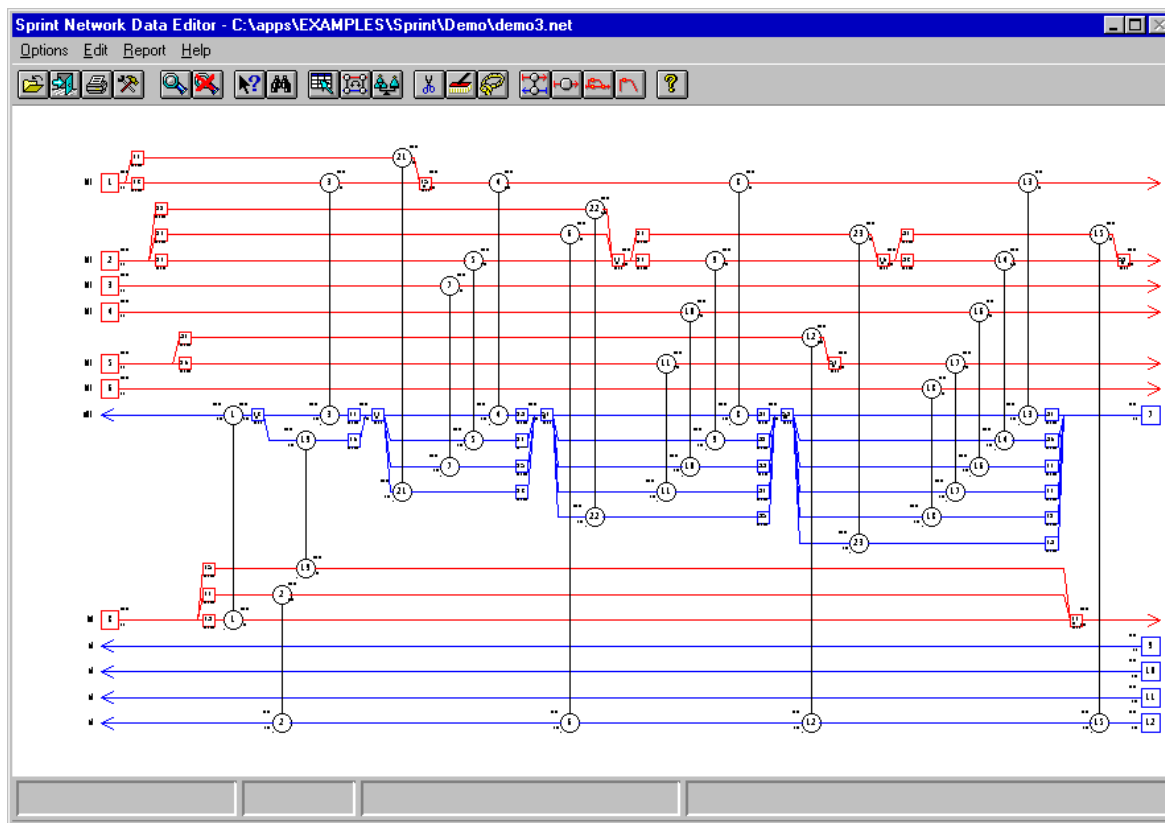


Figura 3.16 – Rede de trocadores de calor

3.4.2 PRO II

O PRO II (programa de simulação de processos) é um simulador rigoroso de balanço de massa e energia para vários processos químicos. Suas aplicações são utilizadas para simulação de novos processos, modernização ou “revamps” de unidades, para monitorar e otimizar plantas, entre outras.

4. Descrição das Atividades

4.1 Estudo da bateria de pré - aquecimento

Objetivo: Estudar a bateria de pré-aquecimento com a finalidade de otimizar a sua rede, fazendo com que se chegue a uma temperatura elevada no último trocador da 2ª. bateria e, assim, de economizar combustível para o forno.

Deu-se início ao estudo da tecnologia “pinch” no CENPES - RJ para se estudar a bateria de pré-aquecimento da unidade U-9 de destilação.

Para isso, foram coletadas as propriedades das correntes através da simulação do petróleo baiano no “software” PRO II. Dados dos trocadores foram obtidos das folhas de dados dos equipamentos. Com estes dados, foi iniciada a configuração da bateria atual no simulador SPRINT. Com a simulação da bateria atual feita, obteve-se um modelo mais próximo da realidade para efeito de comparação. Após este momento, foi dado início às modificações da bateria, na tentativa de aumentar a temperatura de saída do petróleo do último trocador da segunda bateria, pois assim economiza-se óleo combustível para o forno, reduzindo os custos. Com os relatórios elaborados pelo SPRINT, observamos que a troca térmica nos trocadores C-961 A/B que passam na primeira bateria com gásóleo leve (GOL) é muito pequena e que praticamente não interfere no ganho de temperatura. Então, resolvemos disponibilizar estes trocadores para outra função. Passamos a utilizá-los no circuito de RCI na segunda bateria a montante dos trocadores C-908A/B, obtendo-se um ganho de 3,6 °C, equivalente a um fluxo de calor de 1,03 Gcal/h. Em outra modificação analisada, propomos que o fluxo de óleo cru alimentando os C-909A/B e C-909C/D passassem a receber uma mistura proveniente do C-908 A, C-908B e C-969. Com isto, na simulação, obtivemos um ganho de temperatura de 4,6 °C, equivalente a um fluxo de calor de 1,29 Gcal/h, dando uma economia de óleo de combustível de US\$ 17.918,00 por mês.

Considerações: A simulação foi feita em dados de projetos. Para a segunda modificação, seria necessário que a torre estivesse operando nessas condições.

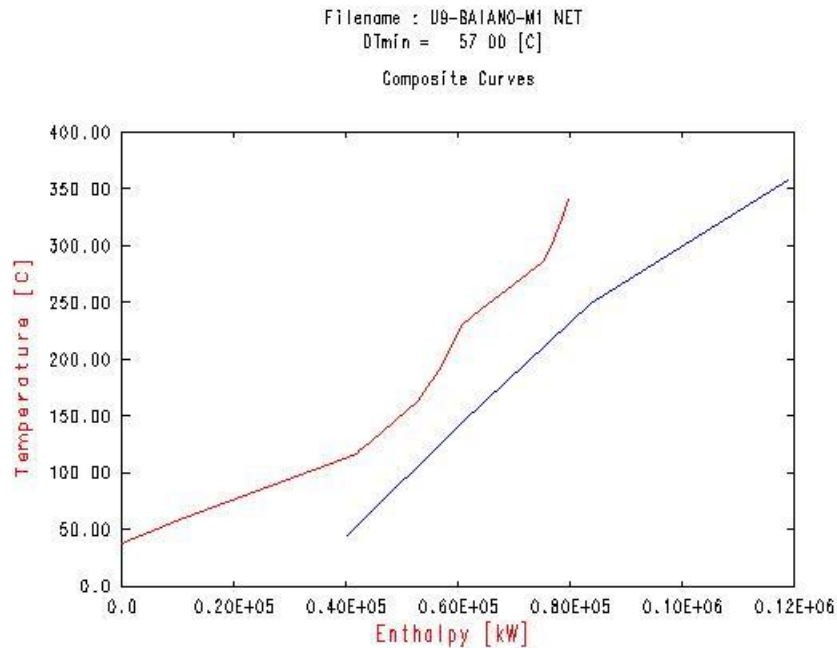


Figura 4.1 Gráfico Temperatura X Entalpia das Correntes

Com este estudo, observamos a falta de instrumentação adequada para o acompanhamento da bateria de pré-aquecimento, e então elaboramos uma Solicitação de Execução de Projeto (SEP) para substituição dos TI's de campo por termopares com indicação no Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), verificando, nos fluxogramas de processo da U-9 e na própria área, os locais onde seria necessária essa substituição. No Centro Integrado de Controle (CIC), verificamos nas telas o provável local dos novos TI's. Juntamente com o setor de engenharia, foi feita uma estimativa de custo de materiais e de serviços para a obra.

4.2 Resfriamento dos gases do topo da E-901

Objetivo: Reduzir a temperatura do vaso de topo da torre atmosférica (F-901) para evitar o envio de gases para queima no sistema de tocha ("flare"), com grande perda de hidrocarbonetos.

1ª Proposta: Trocar os “air-coolers” C-918 por “compablocs”

Inicialmente, foi estudado o sistema de refrigeração para avaliar a quantidade de água disponível para a adição de um trocador do tipo “compabloc”. A torre de refrigeração que fornece água para a U-9 é a torre T-5901. Vimos que essa quantidade de água seria muito grande, e que não haveria toda essa água disponível proveniente da torre 5901.



Figura 4.2 - Air-coolers (C-918) da U-9 e Modelo de um “Compabloc”

Então, surgiu a segunda proposta: adicionar os “compablocs”, colocando-os em série com o C-918. Com isso, a quantidade de água para o resfriamento seria bem menor. Porém, a perda de carga que se adicionaria ao sistema seria superior ao desnível disponível para escoar por gravidade, podendo assim inundar o trocador C-901.

A proposta escolhida então foi trocar seqüencialmente os “air-coolers” pelos “compablocs” até o limite de água disponível, utilizando para auxiliar a água reusada dos condensadores do sistema de vácuo C-926. O primeiro passo, então, foi a elaboração de uma MC para que, na parada de manutenção da U-9 que ocorrerá no meio do ano de 2004, possam se instalar os “tie-ins” (pequenos trechos de tubulação com válvula de bloqueio) na linha de água de refrigeração e

posteriormente instalar os condensadores a água, o que permitirá operar o F-901 com temperaturas abaixo de 70° C, evitando o envio de gás para o “flare”.

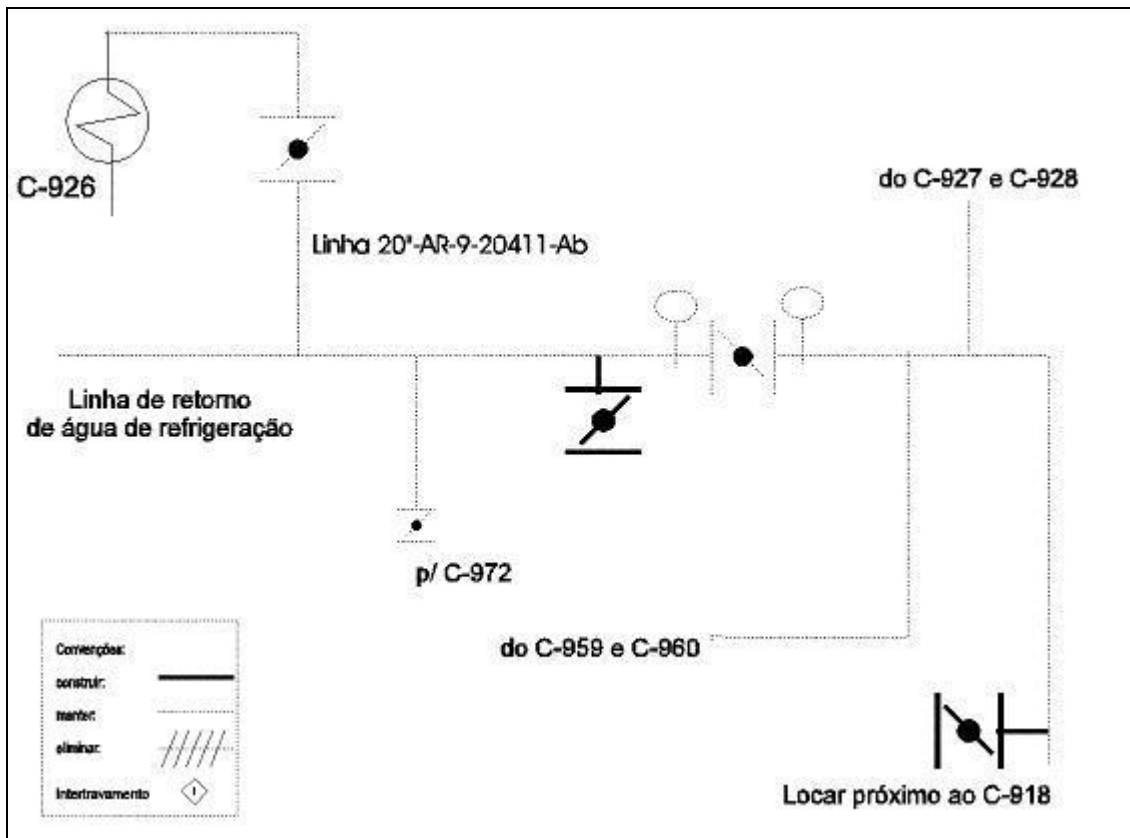


Figura 4.3 - Croqui da instalação de “tie-ins” dos novos condensadores da E-901

4.3 Resfriamento de DL e DP a 38 °C

Objetivo: Reduzir a temperatura da corrente de diesel (a média, hoje atua na faixa de 50 °C) até 38 °C, melhorando a secagem e a turbidez.

Assim como no caso anterior, a primeira tentativa seria trocar os “air-coolers” C-910 e C-912 pelos novos resfriadores do tipo “compabloc”, mas, devido à indisponibilidade da quantidade necessária de água no sistema, não foi possível

realizar essa troca. Então, a proposta seguinte foi a adição dos “compablocs” em série com os “air-coolers”. Para isso, foi elaborada uma MC para aproveitar a parada da unidade e instalar os “tie-ins” nas linhas de DL, DP e de água de refrigeração (suprimento e retorno). Posteriormente, serão instalados resfriadores a água com o objetivo de reduzir a temperatura da corrente de diesel, melhorando a secagem e a turbidez.

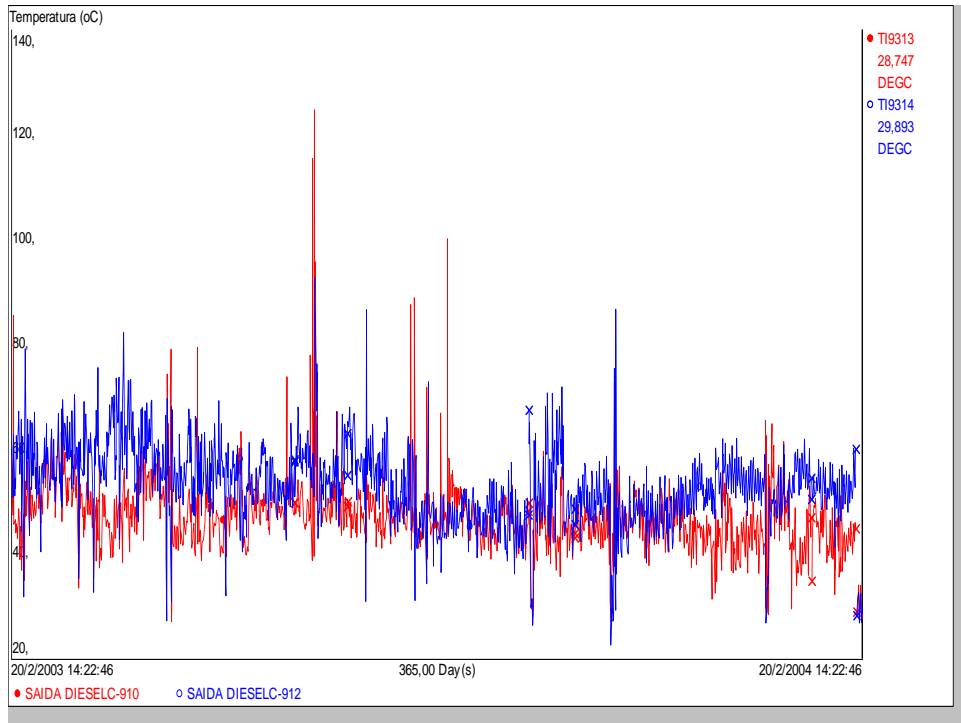


Figura 4.4 – Gráfico de temperatura de saída dos C-910 e C-912

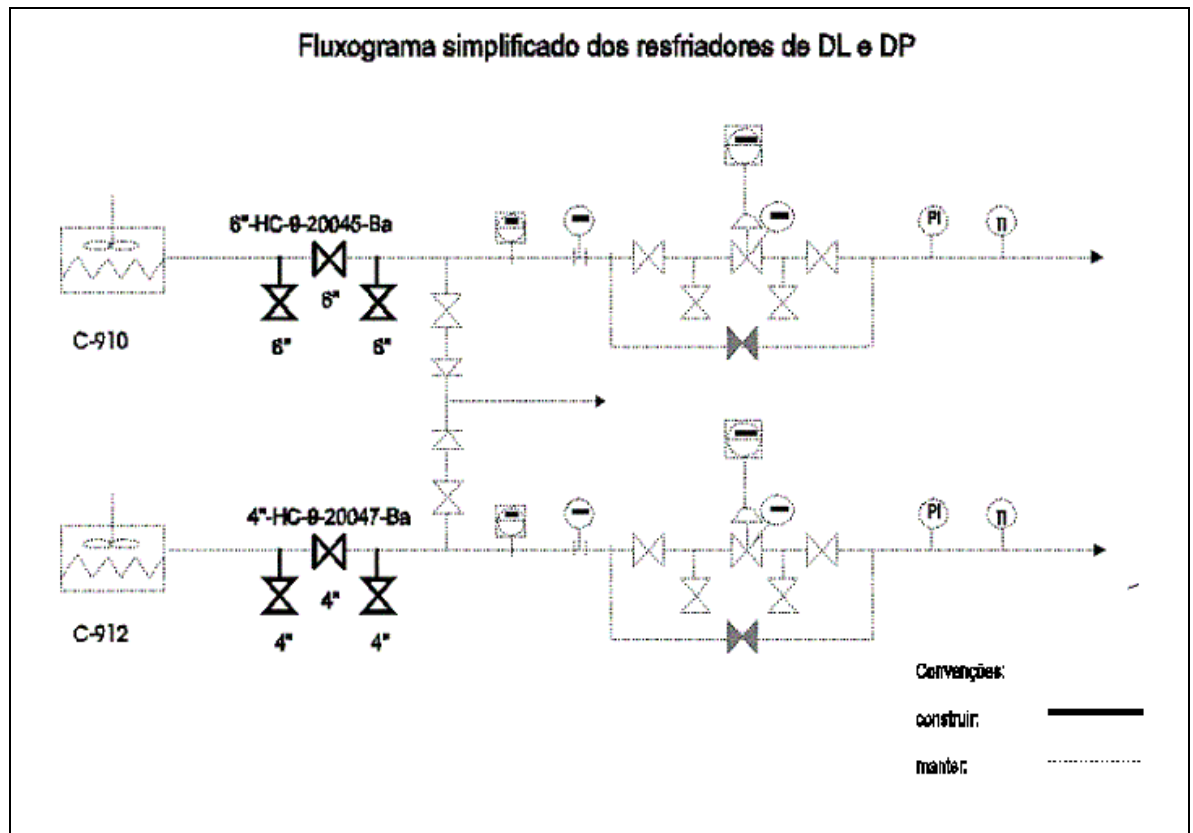


Figura 4.5 - Croqui de instalação de “tie-ins” nas linhas de Diesel

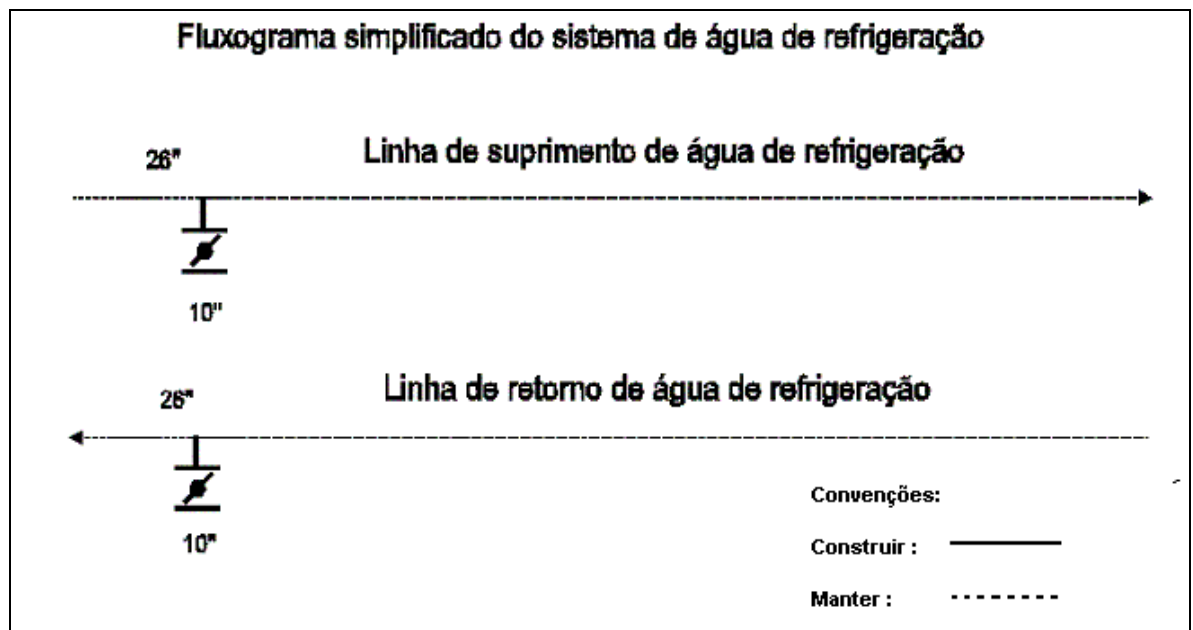


Figura 4.6 - Croqui de instalação de “tie-ins” nas linhas de água

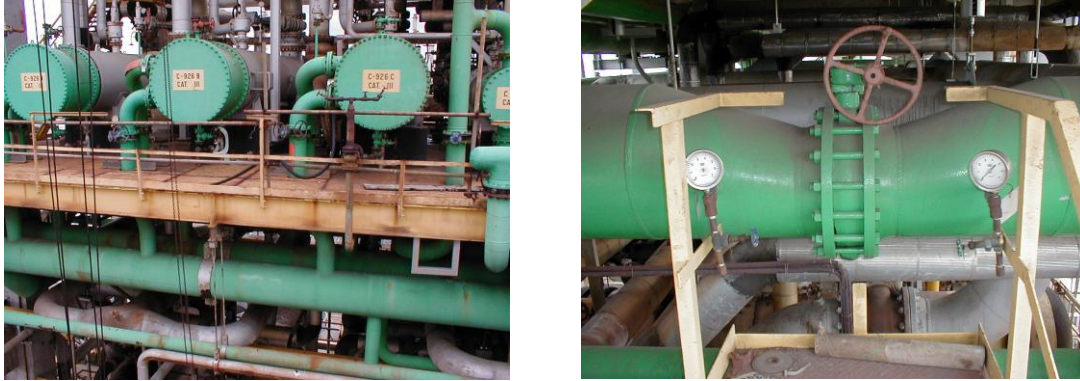


Figura 4.7 - Linha de água de refrigeração onde se instalarão os “tie-ins”.

4.4 Modificação no prato de retirada de DP da torre atmosférica

Objetivo: Modificar o retorno de gases da retificadora para que o líquido da torre não retorne por esta linha e inunde a retificadora.

O prato de DP da torre atmosférica da U-9 foi projetado erradamente em termos de cota, com o retorno dos gases da retificadora muito próximo da retirada de DP. O que está acontecendo é que está entrando líquido em contracorrente pelo retorno de gases da retificadora, podendo assim inundar a mesma. A solução encontrada foi a de se adicionar uma chaminé lateral no retorno dos gases da retificadora para evitar a entrada do líquido.



Figura 4.7 Saída dos gases para a retificadora.

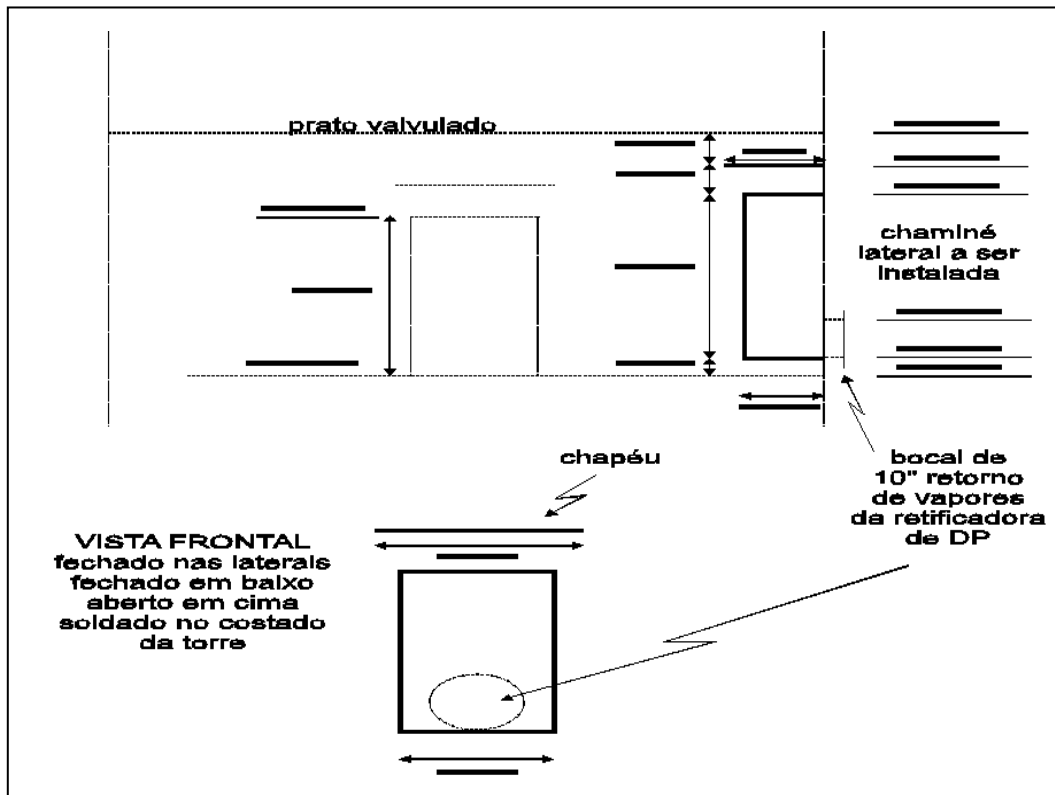


Figura 4.8 – Detalhe da chaminé lateral.

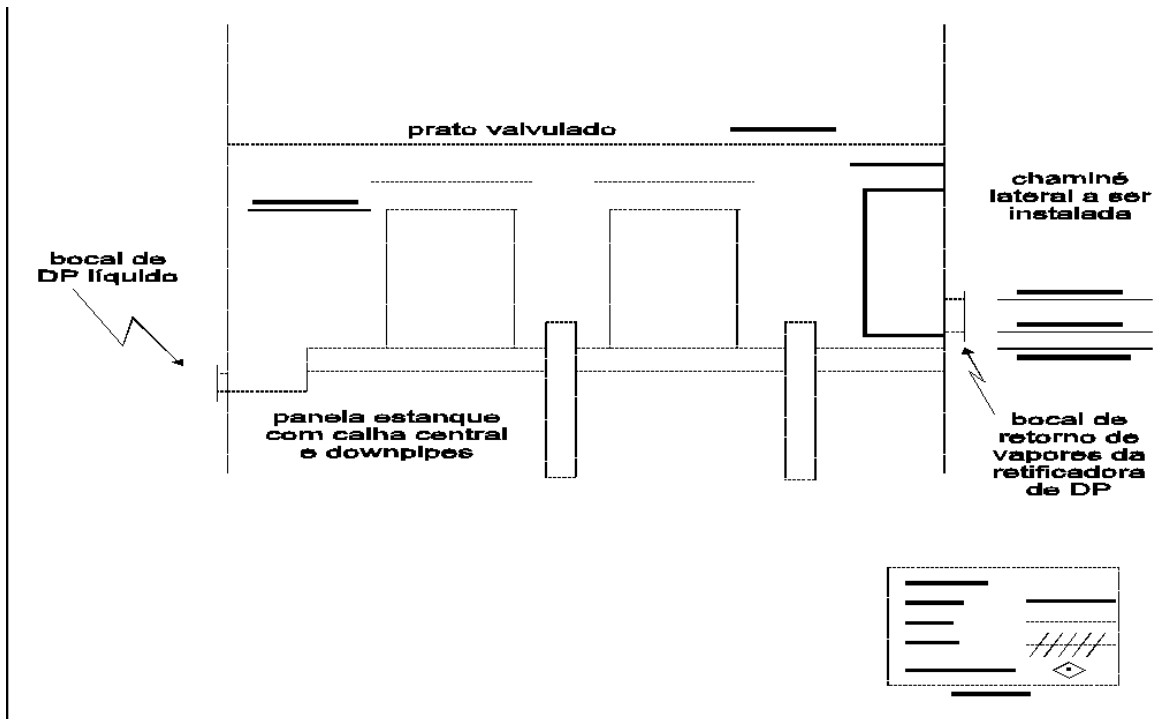


Figura 4.9 – Vista parcial da panela de retirada de DP da E-901.

4.5 Outras Atividades

Outras atividades foram desenvolvidas e/ou acompanhadas com outros engenheiros do setor e serão apenas citadas.

Configuração da bateria de pré-aquecimento da U-30: com os dados do processo, foi feita a configuração da bateria no SPRINT e a simulação da adição de três trocadores que foram retirados na “revamp” da U-32, para melhorar o processo e obter uma melhor temperatura do querosene na entrada do forno.

Dimensionamento de linhas, válvulas e bombas.

Cálculos de perda de carga: utilizando o software Pcharge, foram calculadas várias perdas de cargas de diversas situações.

Cálculos de placa de orifício: utilizando o software FLOWCALC, foram calculadas várias placas de orifício para diversas situações.

Acompanhamento de cálculo de PSV.

Curso de PI (Process Book): Curso básico para os estagiários, disponibilizando a visualização de dados reais do processo diretamente de planilha Excel e do software Process Book.

Curso de Controle de Processos e Controle Avançado: Curso básico de controle para os engenheiros da Otimização, com o enfoque em sintonia de controle.

Curso de Parada de Unidade e espaço confinado: Curso específico para a parada de manutenção e “revamp” das Unidades 6 e 32, alertando para os cuidados com segurança e, no caso de espaço confinado, dando a possibilidade de entrar em equipamentos durante a parada.

Participações diárias de MISSA e DDS: Missa – Reunião matinal com as gerências, engenheiros de acompanhamento e coordenadores de turno, onde se passam todas as informações e ocorrências do turno anterior. DDS – Diálogo Diário de Segurança, que acontece tanto ao final de cada Missa, assim como no início da tarde no setor de otimização, focando assuntos de segurança no trabalho.

Noções básicas de HYSYS, HEXTRAN, PROII, SPRINT, VISUAL BASIC: Simuladores de processos bastante utilizados na engenharia química e outros mais específicos para a área de trocadores de calor, e ainda o Visual Basic, importante em linguagem de programação.

Visitas na RLAM:

Unidades	Descrição
U - 4/9/32	Unidades de Destilação
U - 6/39	Unidades de Craqueamento
U - 7 /8	Destilação de LGN
U - 7A	Fracionamento de Naftas
U - 30/31	Unidade de Normais Parafinas e QAV
U - 21	Destilação a vácuo de petróleo asfáltico
U - 51	CAFOR – Casa de Força
U- 59	Torre de Resfriamento
U - 84	Osiose Reversa
Laboratórios	Controle de qualidade e especificações
CIC	Centro Integrado de Controle
CARLAM	Parte Administrativa
GERAL	Parque de Tancagem, ETDI, Transpetro, Termobahia etc.

Visita no CENPES: na Engenharia Básica, no setor de FCC, Coque e Separação (FCS) e aos Laboratórios de Testemunhos/Tecnologia de Rochas, Ensaios Veiculares e Mini-Refinaria.

Visita a SEDE da Petrobrás no RJ: no setor de Tecnologia de Refino e Tecnologia da Informação.

5. Conclusão

O estágio supervisionado foi de extrema importância, tanto para a minha vida acadêmica, consumando a aplicação da teoria vista em sala de aula na prática, numa indústria de refino, e, além do mais, proporcionando novos conceitos, novos aprendizados, como também na vida profissional, convivendo diariamente na rotina de trabalho de engenheiros e demais profissionais. Em relação às atividades desenvolvidas, o estudo da tecnologia “pinch” abriu portas não só para aplicar o conhecimento numa única unidade (na unidade de estudo), mas em qualquer unidade industrial, sendo até possível, no caso do estágio, auxiliar outro colega no desenvolvimento da integração energética da U-30, passando os conhecimentos aprendidos no CENPES, mais especificamente com o software SPRINT. O trabalho da tecnologia “pinch” na U-9 foi elaborado nas condições padrão da torre atmosférica, só se podendo fazer as modificações se aquela torre estiver operando em tais condições; porém, concluímos que, para melhor acompanhamento da bateria e do estudo, seria necessária uma melhor instrumentação na mesma. Para o resfriamento dos gases do topo da E-901 e do DP/DL, só foi possível a elaboração de um projeto para a instalação de “tie-ins” aproveitando a parada da U-9 em 2004, e só posteriormente é que se fará outro projeto para instalar os “compablocs”, mas, pelo menos, a solução do problema já foi pensada e analisada. Em relação à saída de gases da retificadora, é provável que se resolva o problema ainda este ano, durante a parada da U-9 para manutenção, com a construção da chaminé lateral a ser instalada no retorno dos gases da retificadora.

6. Referências Bibliográficas

- Apostila – Fundamentos de Destilação Vol II, Petrobras
Flow of fluids, CRANE CO, Technical Paper Nº 410 M , 1979
Intranet da RLAM/ PETROBRAS
Manual de Operação da U-9
Otimização de Redes de trocadores de calor, utilizando Pinch Technology;
Piosevani, P.D; B. Técnico Petrobrás, RJ 35(1/4): 47-53, jun/dez 1992
Refino de Petróleo – Processos de Refinação, Abadie, E. Petrobras, 2003
www.simsci.com/products/proll.stm
www.cpi.umist.ac.uk/Software/products/sprint.asp