

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## MINIMIZAÇÃO DA POLUIÇÃO DA ÁGUA NO PROCESSO DE REFINO DO PETRÓLEO

\* Carlos Enrique de M. Jerônimo<sup>1</sup>  
Elias Andrade Braga<sup>1</sup>  
André Paulo Santos Novato<sup>1</sup>  
Carlos Eduardo Santos Costa<sup>1</sup>  
Fábio Merçon<sup>2</sup>

### MINIMIZATION OF WATER POLLUTION IN THE PROCESS OF OIL REFINING

Recibido el 7 de marzo de 2012; Aceptado el 29 de junio de 2012

#### Abstract

In the current times of economy and globalization pollution, the word of order of the companies is the biggest productivity, with adequate use of the available water, reuses of effluent, more trustworthy industrial processes and reduction of impacts on the environment. In the industry of the oil refining it is not different, is large the necessity of a more efficient management of the water resources in view of the enormous amounts of water used and, for consequence, the great generation of effluent. In this work one searched to identify opportunity of cleaner production, by means of operational and managing improvements in the management of the water resources in Brazilian refineries of oil. These opportunity's objectives is to eliminate, to reduce, to treat and to make use the effluent ones generated in the refineries. The diagnosis made in two refineries presented opportunities for the segregation and reuse of rainwater, reducing the load of pollutants in the effluents at source of generation and some interventions to reduce the waste of steam. This work demonstrates that the cost reduction in waste water is a viable strategy and impacting on the environmental point of view.

**Key Words:** Characterization, Hospital, Management plan, Healthcare waste.

<sup>1</sup> Engenheiro de Processamento da PETROBRAS S.A.

<sup>2</sup> Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua São Francisco Xavier, nº 524, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, sala 306, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20550-013.

\* *Autor Corresponsal:* Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua São Francisco Xavier, nº 524, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, sala 306, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20550-013. Email: [c\\_enrique@hotmail.com](mailto:c_enrique@hotmail.com)

## Resumo

Nos tempos atuais de economia e de poluição globalizada, a palavra de ordem das empresas é a maior produtividade, com uso adequado da água disponível, reuso de efluentes, processos industriais mais confiáveis e redução de impactos sobre o meio ambiente. Na indústria do refino de petróleo não é diferente. É cada vez maior a necessidade de um gerenciamento mais eficiente dos recursos hídricos tendo em vista as enormes quantidades de água utilizadas e, por consequência, a grande geração de efluentes. Neste trabalho buscou-se identificar oportunidades de produção mais limpa, mediante melhorias operacionais e comportamentais no gerenciamento dos recursos hídricos em refinarias de petróleo brasileiras. Essas oportunidades buscam eliminar, reduzir, tratar e dispor os efluentes gerados nas refinarias. O diagnóstico realizado em duas refinarias brasileiras apresentou oportunidades para o reaproveitamento e a segregação de águas pluviais, redução na carga de poluentes nos efluentes na sua fonte de geração e algumas intervenções para redução do desperdício de vapor. O trabalho demonstra que economicamente a redução nos desperdícios de água é uma estratégia viável e impactante sob o ponto de vista ambiental.

**Keywords:** Clean Production, water and oil refining.

---

## Introdução

No processo produtivo de refino do petróleo o uso da água é um fator de extrema importância e dependência, estando ligada intrinsecamente a qualidade e eficiência dos processos envolvidos, Nacheva (2007) descreve tal preocupação.

Segundo Mariano (2005), as principais funções das águas nas refinarias de petróleo são: resfriamento, geração de vapor para transferência térmica e emprego direto na remoção de constituintes químicos e consumo direto pelos colaboradores da unidade, que na grande maioria dos casos se constitui de uma população considerável. Entretanto, é de domínio público que o consumo de água na maioria das atividades industriais é excessivo e compromete a sustentabilidade das atividades e da garantia da distribuição de água aos populares.

Além disso, frente a questões relativas às leis de oferta e procura, acaba-se por elevar o valor cobrado por tal recurso, conforme descrevem Machado; Reis (2012) em termos das limitações da Petrobras (principal empresa do segmento petrolífero da América Latina).

Diante desse quadro, diversas ferramentas de gestão surgem para auxiliar nesse processo de contornar e aperfeiçoar as formas de utilização desses recursos naturais. Entre elas, a "Produção Mais Limpa", daqui por diante denominada de P+L, cujo objetivo é a incorporação de conceitos de uso sustentável de todos os recursos para a produção máxima dos bens almejados pelo processo produtivo. A P+L é uma ferramenta difundida pela ONU, e no Brasil fica a cargo do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) sua multiplicação, no formato de núcleos regionais.

Neste trabalho, pretende-se apresentar os resultados de uma análise realizada em refinarias de petróleo, a fim de levantar oportunidades para a eliminação ou redução do consumo de

recursos hídricos envolvidos, a partir de simples modificações nas práticas operacionais ou investimentos de simples complexidade.

O conceito de tecnologia limpa foi desenvolvido pelo programa das nações unidas para o meio ambiente (PNUMA) em 1989, sendo introduzido como uma inovadora abordagem para a conservação dos recursos e gestão ambiental, com o objetivo imediato de incrementar o conhecimento sobre o conceito e promover sua adoção pela indústria (PNUMA, 2006).

No Brasil a P+L foi iniciada através do Centro Nacional de Tecnologia Limpas, instalado na federação das indústrias do estado do Rio Grande do Sul, em 1995, apoiado financeiramente pela UNIDO/UNEP como parte do programa de implantação dos 10 primeiros centros distribuídos por vários países em desenvolvimento (CNTL, 2000).

O objetivo da P+L é atender a necessidade de produtos de forma sustentável, isto é, usando com eficiência materiais e energias renováveis, não nocivos, conservando ao mesmo tempo a biodiversidade. Assim, utilizando a menor quantidade de matéria-prima, menos água e energia, gerando a menor quantidade de resíduos, como também a minimização dos custos de produção. Tem uma abordagem multidisciplinar e integrada para questões ambientais centradas no produto.

Adotar uma tecnologia limpa não significa dizer, entretanto, que as instalações de uma indústria existente tenham que ser inteiramente substituídas e sucateadas. Modificações localizadas, introduzidas em alguns setores críticos das instalações, quase sempre são soluções suficientes para a maioria das indústrias já implantadas são pontos que destacam Do Valle (1996) e Diógenes et al (2012).

A minimização do uso de matérias-primas já permite, por si, reduzir a massa de resíduos gerados, em razão da maior eficiência do processo e das técnicas de produção empregadas. Essa maior eficiência resulta, naturalmente, em menores desperdícios materiais e, conseqüentemente, em menor geração de resíduos. Tais aspectos são descritos por Barbosa et al (2012) como elementos críticos no atual cenário do licenciamento ambiental brasileiro.

Os processos produtivos utilizados passam por uma reavaliação e podem sofrer modificações que resultam:

- Segregação, na origem, dos resíduos perigosos e não-perigosos;
- Promoção e estímulo ao re-processamento e à reciclagem interna;
- Integração do processo produtivo em um ciclo que também inclua as alternativas para a destruição dos resíduos e a maximização futura do reaproveitamento dos produtos;
- Melhoria da eficiência dos processos, através da diminuição dos custos com a água e energia e eliminação de vazamentos e perdas, dos custos de matérias-primas e de

pressões sobre as fontes naturais renováveis e dos custos com o tratamento dos efluentes;

- Redução do consumo (e conseqüentemente do custo) de matérias-primas, através do uso de materiais simples e renováveis, de menor consumo material e energético, com o aproveitamento de materiais reciclados;
- Redução da quantidade de resíduos gerados, ao invés do seu tratamento e contenção para assegurar a conformidade com os limites das regulamentações ambientais locais;
- Redução do potencial poluente de determinados processos ou produtos;
- Melhoria das condições de trabalho na indústria, em conformidade com as exigências legais e medidas pró-ativas (antecipadas), envolvendo aspectos de segurança e saúde no trabalho e a prevenção de riscos em cada operação unitária e no processo produtivo, como um todo;
- Redução dos custos de tratamento dos resíduos, através de modificações no processo e fechamento de ciclos nas diferentes operações.

As intervenções previstas num processo de implantação do programa de P+L contemplam aspectos gerenciais e tecnológicos e podem incluir desde melhorias nas práticas de gestão e manutenção, até modificações nos processos e produtos e inovações tecnológicas de diferentes graus de complexidade (Marinho, 2001).

Através da Produção mais Limpa é possível observar a maneira como um processo de produção está sendo realizado, e detectar em quais etapas deste processo as matérias-primas estão sendo desperdiçadas, o que permite melhorar o seu aproveitamento e diminuir ou impedir a geração do resíduo. Isto faz com que produzir de forma mais limpa seja, basicamente, uma ação econômica e lucrativa, um instrumento importante para conquistar o Desenvolvimento Sustentável e manter-se compatível com a vigente Legislação Ambiental.

Logo, pretende-se como objetivo, neste trabalho, levantar oportunidades de melhorias operacionais e gerenciais dos recursos hídricos em refinarias de petróleo de forma sustentável do ponto de vista econômico, técnico e ambiental, auxiliando na priorização das melhorias a serem implementadas.

### **Metodologia**

O estudo foi realizado em duas refinarias brasileiras e com casos extremos para a disponibilidade de água bruta para o processo (alta e baixa disponibilidade). A capacidade de processamento de petróleo somada perfaz cerca de 56.000 m<sup>3</sup>/d, correspondendo a aproximadamente 18 % da capacidade de processamento no Brasil, conforme calculado com base em dados descritos em Mariano (2005).

As unidades de refino possuem no seu ciclo produtivo o perfil básico de processo, com unidades de destilação, craqueamento e utilidades, sendo utilizados apenas tais esquemas como objeto da análise, não sendo contemplados processos específicos, tais como: hidrotratamento, produção de enxofre, coqueamento, produção de óleos lubrificantes, parafina etc.

Para o levantamento dos dados e observação dos processos produtivos, quatro pesquisadores, engenheiros químicos e com atuação na indústria ou detentores de conhecimentos na temática ambiental, permaneceram durante 70 dias, em regime de imersão de 8 horas diárias, acompanhando as rotinas operacionais das refinarias, a fim de levantar as oportunidades de P+L para os recursos hídricos do processo de refino.

Na metodologia P+L o levantamento de oportunidades, tradicionalmente, começa pelo balanço de massa e energia do processo. Neste trabalho esta etapa foi simplificada, utilizando algumas informações disponíveis na refinaria. A principal aplicação do P+L foi no estabelecimento de critérios de priorização das oportunidades e na busca das soluções das mesmas. Sendo utilizada, basicamente, sua filosofia e não sua estrutura metodológica rígida. E seguem metodologias semelhantes as adotadas por Maria et al (2010), Milan; Graziottin (2012) e Diógenes et al (2012).

A fim de demandar casos pensados pelos colaboradores das refinarias foram realizadas palestras curtas, com um período máximo de 15 minutos, para boa parte dos colaboradores (operadores, engenheiros, coordenadores e gerentes das plantas industriais), com a finalidade de sensibilizar os colaboradores das refinarias e se obter dados (oportunidades) para a exploração na temática do trabalho. Essas palestras eram orientadas após as reuniões diárias apresentadas para a troca de turno das refinarias.

Além das orientações enviadas pelo corpo operacional de colaboradores das refinarias, periodicamente foram feitas visitas técnicas às áreas de processo, a fim de acompanhar o fluxograma de processo, em especial, nos pontos de consumo de água e geração de efluentes.

Alguns dados de oportunidades foram extrapolados para valores globais com a finalidade de se obter dados mais expressivos, mesmo sabendo que não existe uniformidade nas refinarias, podendo assim incurrir um erro devido esta extrapolação. Existem outras oportunidades que é particular das refinarias estudadas.

### **Resultados e discussões**

Após as visitas técnicas e avaliações nas áreas produtivas dos empreendimentos estudados, foram levantadas inúmeras oportunidades de melhorias na temática dos recursos hídricos, entretanto, para discussão nesse artigo serão apresentados seis desses estudos.

É feita a apresentação dos casos (oportunidades) e na seqüência, a orientação para os ganhos econômicos, técnicos e ambientais.

Na Tabela 1 são apresentadas as oportunidades que serão discutidas neste trabalho, bem como uma identificação numérica para cada uma delas, classificando-as quanto ao tipo da oportunidade (redução, eliminação...) e a área de abrangência. Na seqüência são apresentados os descritivos para os seis casos, em questão.

**Tabela 1.** Lista e classificação de oportunidades levantadas

Numeração	Oportunidade	Classificação da Oportunidade	Área de Abrangência
1	Vazamento de vapor	Redução e/ou eliminação do consumo	Manutenção
2	Vazamento em válvulas e hidrantes	Redução e/ou eliminação do consumo	Manutenção
3	Água de dessalgação	Alterações de processo	Novos empreendimentos
4	Consumo desnecessário de vapor no processo	Alterações de processo	Novos empreendimentos
5	Concentração de fenóis nos efluentes	Alterar forma de tratamento	Gestão e Controle
6	Controle no consumo excessivo de água	Alterar forma de tratamento	Controle

### Vazamentos de vapor

O processo de refino do petróleo faz uso de montantes consideráveis de água na forma de vapor, cuja relação está na faixa de 4 a 6 quilogramas de vapor por metro cúbico de petróleo processado, segundo dados de Mariano (2005). Essa utilidade é, sobretudo, uma corrente de alto valor agregado, não apenas pela incorporação energética que é feita para a mudança de estado físico, mas, pelo rígido tratamento recebido para remoção de sais e outros componentes degradantes ao processo de evaporação nas caldeiras. Logo, o custo com resinas, aditivos, processos específicos de desaeração compõe esse alto valor.

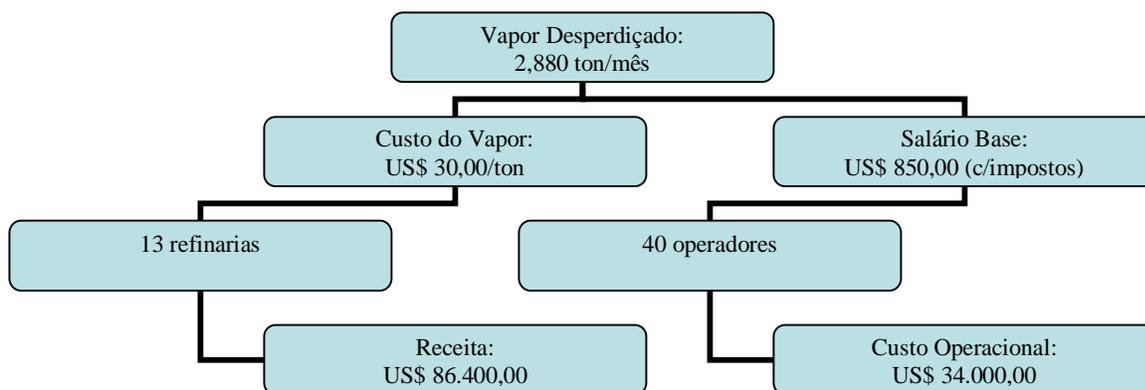
Apesar de todo esse custo envolvido, identificou-se nas refinarias estudadas a oportunidade de implantar uma sistemática para inspeção nas tubulações de vapor, bem como, manutenção preventiva a fim de eliminar possíveis pontos de desperdício, principalmente nas junções de tubulações e furos.

Um dos casos mais crítico, dos evidenciados, no período de avaliação consistiu na permanência em cerca de 30 dias, de um vazamento com 7,2 cm de diâmetro (valor exorbitante e visualmente impactante), cujo desperdício se dava de forma ininterrupta. Esse exemplo é

apenas pontual, tendo sido constatados outros vazamentos em toda a extensão da linha de abastecimento de vapor, desde a sua geração aos pontos de consumo. E conforme os registros de consumo no processo e levantamentos técnicos das próprias refinarias subsidiaram o levantamento para as estimativas dos índices de desperdício.

Analisando-se de uma forma ampla toda a rede de distribuição e os controles operacionais feitos, estima-se a partir de dados de refinarias que cerca de 5 % do vapor é dissipado pelos vazamentos. Isso corresponde em média a 0,32 kg de vapor por metro cúbico de petróleo processado. O que se estimado pela capacidade brasileira de refino, repercute em índices da ordem de 96 toneladas de vapor por dia que são desperdiçados com os vazamentos. Isso representa que cerca de 15.000 m<sup>3</sup> de petróleo poderiam ser processados com esse vapor.

A solução para tal problema parte de medidas simples do ponto de vista operacional, com a inclusão de colaboradores aptos e capacitados para realizar a inspeção e a manutenção preventiva e corretiva das tubulações chamados de “corredores”. Esses “corredores”, assim chamados, em unidades de transferência de petróleo em áreas de riscos, tornar-se-iam uma alternativa de empregabilidade, e cujo retorno do investimento feito com os salários e o material utilizado na manutenção seriam equiparados ao desperdício que se tem. Além disso, os ganhos ambientais e sociais advindos são incalculáveis. No diagrama da Figura 1 é feito um descritivo econômico do sistema idealizado.



**Figura 1.** Diagrama econômico do sistema idealizado.

Para o cenário do refino brasileiro, estima-se (a partir de informações de refinarias) que 40 operadores sejam suficientes para realizar o processo de vistoria contínua nas refinarias, a fim de eliminar os possíveis vazamentos que ocorrem durante as campanhas operacionais, aqui

estimados com base na capacidade produtiva instalado, com uma média de um operador para cada 7.500 m<sup>3</sup> de petróleo processado por mês. O salário base deste colaborador “contratado” seria em torno de US\$ 450,00, tendo-se um custo mensal inserido os encargos em torno de US\$ 850,00. O que custaria de uma forma global, US\$ 34.000,00 por mês, tendo-se ainda os custos com as soldagens e manutenções, que foram estimados em cerca de US\$ 40.000,00. Para isso, tem-se neste sistema uma margem de segurança de cerca US\$ 12.400,00. Todo esse cálculo, não contabiliza as taxas pelo uso de águas captadas por mananciais, tendo-se uma previsão para seu aumento de forma efetiva.

A inclusão desse procedimento de reparo no sistema de gestão das refinarias impacta, ainda, na redução da carga de efluentes, visto que a maioria da vazão descartada cai na superfície, e acaba por ser impregnada de óleo da área industrial, sendo assim, direcionada para as valas que captam os efluentes oleosos. Incorporando, um novo custo, que é o de seu tratamento.

#### Vazamentos em válvulas e hidrantes

Da mesma forma que o caso anterior, não se detectou um procedimento para inspeção das válvulas e hidrantes que contém a água bruta de abastecimento do processo e redes de combate a incêndio. Sendo evidenciados vazamentos substanciais, ao longo de todas as áreas visitadas.

Segundo informações coletadas frente às refinarias, tem-se que o índice de vazamento nas mesmas é da ordem de 0,04 metro cúbico de água vazada pelas válvulas e hidrantes por metro cúbico de petróleo processado. A partir deste índice encontra-se, para o cenário brasileiro, que cerca de 12.000 m<sup>3</sup> de água bruta é desperdiçada por dia. Considerando que o consumo diário médio de água por habitante é da ordem de 0,2 m<sup>3</sup> (ABNT, 2002), conclui-se que tal montante de água desperdiçada seria suficiente para abastecer uma população de 60.000 habitantes.

Esse desperdício, por não ter um valor agregado significativo, nem sempre é priorizado como alvo de otimização nas refinarias. Entretanto, uma simples solução é a adoção de procedimentos de inspeção e controle. Atualmente, visto pelo aspecto econômico estes procedimentos não é atrativo, porém, com as medidas futuras de cobrança de água e as limitações nas outorgas de uso, esses índices podem-se tornar bem mais atraentes.

Daí, a importância na severidade dos requisitos estabelecidos nas políticas de gerenciamento de recursos hídricos, e a visão holística e futurista a ser considerada nos procedimentos de otimização de qualquer processo produtivo.

#### Processo de Dessalgação do Petróleo

Em uma das unidades de processo pesquisadas o processo de dessalgação não foi projetado para recircular a água do segundo estágio para o primeiro, prática usual na maioria das unidades em funcionamento no Brasil. Para os casos observados com a ausência desse tipo de

procedimento, tem-se um consumo de água fresca (água de diluição) da ordem de  $0,16 \text{ m}^3$  de água por  $\text{m}^3$  de petróleo processado. Tomando-se por base uma unidade que processe  $2.800 \text{ m}^3/\text{d}$ , tem-se uma distribuição de 50% para cada estágio conforme o esquema da Figura 2.

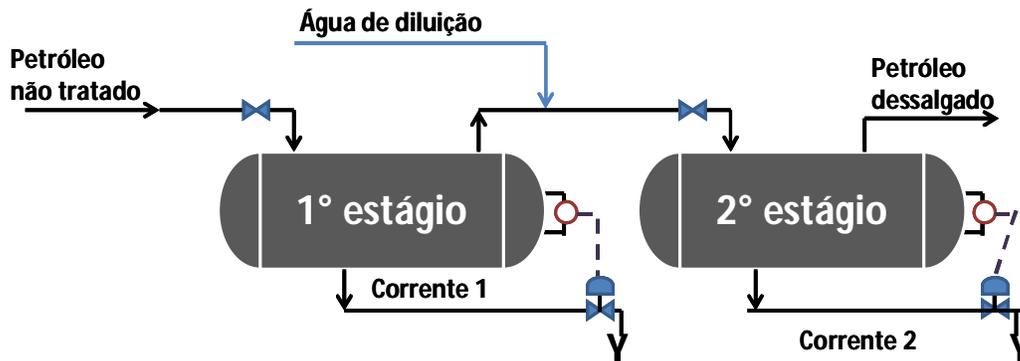


Figura 2. Esquema de dessalgação sem reciclo de água para o primeiro estágio

Diante desse quadro, uma simples alteração processual, de forma que a água efluente do segundo estágio seja redirecionada para o primeiro conforme esquematizado na Figura 3, evitaria o consumo excessivo e traria uma redução direta no consumo em 50% do montante utilizado. Isso representaria uma economia anual em cerca de  $81.760 \text{ m}^3$  de água, ou seja, um equivalente populacional de 408.000 habitantes durante um dia de consumo.

Segundo Faria (2004) o reuso das correntes de efluentes aquosos é, atualmente, uma importante prática que vem a cada dia tornando-se mais freqüente no setor industrial. As refinarias de petróleo mostram-se com inúmeras possibilidades de reuso destes efluentes e estão em busca de soluções eficazes para este fim, tendo-se no caso da dessalgação apenas uma dessas possibilidades.

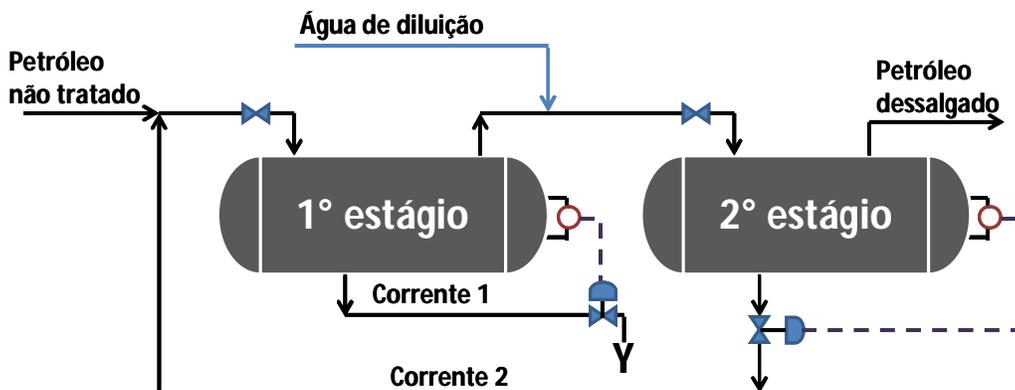


Figura 3. Esquema de dessalgação com reciclo de água para o primeiro estágio

Os investimentos necessários para tal melhoria consistiriam no novo alinhamento (direcionamento do fluxo), bem como na instalação de eventuais tanques pulmões para um melhor controle operacional. As estimativas feitas com base nos custos de pequenos projetos na refinaria indicam um investimento da ordem de US\$ 20.000,00, a instalação de pequeno trecho de linha soluciona tal questão. Para um valor da água em cerca de US\$ 0,30/m<sup>3</sup> captado (Azevedo, 1999), representa anualmente um retorno de cerca de US\$ 25.000,00. Logo, o investimento feito seria pago em pouco menos de um ano. Lembrando, que não foram levados em consideração os custos de tratamento dos efluentes, o que provavelmente reduziria ainda mais o tempo de retorno do investimento. Cenário semelhante também é descrito por Amorim (2005), para um caso na refinaria da cidade de Paulínia, REPLAN.

#### Consumo desnecessário de vapor no processo

No processo de refino é comum uma etapa chamada de “stripping” de frações com vapor d’água, para agregar valor e/ou garantir os padrões de qualidade de determinados produtos. Esse processo consiste na retirada de componentes mais leves (devido ao abaixamento da pressão parcial dos componentes com a injeção de vapor) que compõe uma determinada fração para certo produto, como por exemplo, nas frações de querosene para especificação do ponto de fulgor. Esta operação também é chamada de “retificação”.

No caso das unidades de refino pesquisadas, observou-se um desses casos, onde, numa determinada região do processo produtivo, utiliza-se o vapor para a retificação de frações de querosene processada.

Nesta seção da coluna de destilação o refluxo circulante externo (RC) da coluna de é retirado após a retificação da corrente total (reciclo circulante + corrente de produto que segue para tanque). Isto leva a um consumo excessivo de vapor (água) uma vez que a vazão de querosene circulante é retificada, mas retorna para coluna ficando assim em circuito fechado.

Na Figura 4 mostra-se o esquema do processo atual, e na Figura 5 a configuração proposta, com as melhorias de redução na fonte da carga a ser retificada.

Pelas estimativas preliminares, mantendo-se a mesma relação querosene/vapor, ter-se-ia como reduzir em 79 % o consumo de vapor nesta unidade, com os ajustes para que a retirada do reciclo seja realizada antes da retificação.

Para viabilizar tal melhoria, faz-se necessário o alinhamento do sistema e a substituição de alguns acessórios, o que custaria em torno de US\$ 50.000,00, com base nos custos de pequenos projetos na refinaria para instalação de pequenos trechos de linhas. Para o consumo atual de vapor, este valor representa uma economia anual em torno de 2.190 toneladas, ou seja, cerca de US\$ 65.700,00. O que viabiliza o investimento, com um retorno em pouco mais de 280 dias.

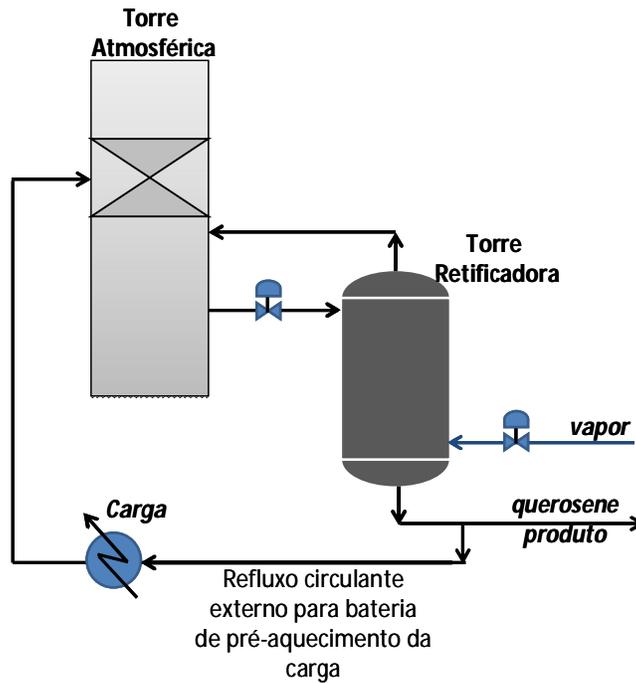


Figura 4. Esquema de retificação do querosene na configuração atual

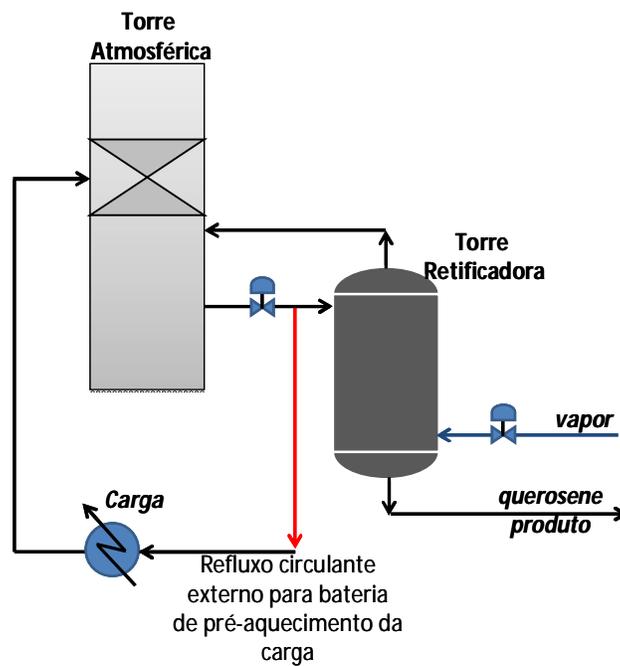


Figura 5. Esquema de retificação do querosene na configuração proposto.

### Fenóis

Um ponto, ambientalmente complexo, é o caso da concentração de fenóis na saída da estação de tratamento de despejos industriais (ETDI). Na grande maioria das refinarias este contaminante se torna um problema operacional significativo, frente ao atendimento do limite máximo de emissões de 5 mg/L para lançamento em corpos receptores superficiais (CONAMA 357/2005). Esse mesmo padrão foi mantido com a alteração recente na legislação brasileira para o CONAMA 430/2011.

Para as refinarias pesquisadas, comumente as análises desse componente apresentam concentrações superiores ao limite estabelecido, tendo-se registros inclusive de valores superiores a 10 mg/L.

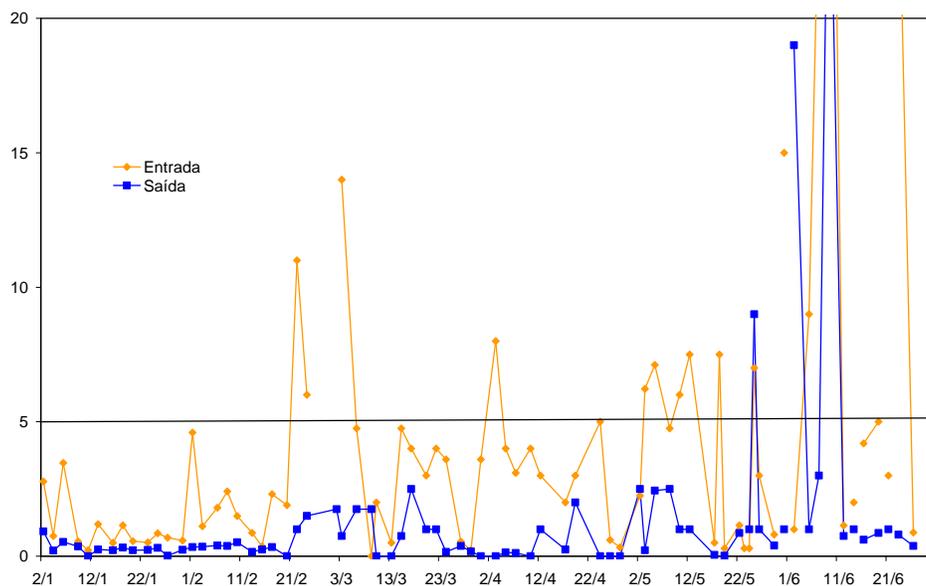
Entretanto, o maior entrave é observado pelo não estabelecimento de um padrão de levantamento de dados satisfatório nessas unidades, bem como, ao não atendimento a um procedimento padrão de controle. Ou seja, a maioria das evidências observadas é decorrente do lançamento indevido de determinadas correntes pontuais do processo produtivo, fora da carga que as ETDI (Estação de Tratamento de Despejos Industriais) se comportam, o que acaba por aumentar a complexidade para todo o sistema de tratamento, visto que com uma carga superior a planejada toda a estação é afetada.

Logo, para minimizar tais questões um procedimento simples poderia ser adotado para que a comunicação interna e o controle das vazões de águas oleosas e contaminadas sejam seguidos, de tal forma que a carga a ser tratada seja homogênea, e que os critérios operacionais sejam estabelecidos.

Observa-se que neste caso não há necessidade de investimentos, basicamente o que se observa é a ausência de um sistema de controle, que interligue os diferentes setores operacionais das refinarias.

Em termos de impactos, na Figura 6 podem-se observar esses eventos, com a ultrapassagem dos limites dispostos pelas legislações e estabelecidos como metas ambientais dos indicadores das refinarias. Nesta figura, observa-se, ainda, a ocorrência de alguns de eventos, ao longo de um ano de atividades, que direcionam a impactos significativos e advindos pelo lançamento irregular de fenóis. Inclusive, sendo uma questão passível de multas pelos órgãos reguladores. Sendo necessário, o estabelecimento de uma estratégia para minimizar tais ocorrências, já que para não causar danos ambientais, quando detectados tais ultrapassagens dos limites, custos adicionais de contenção e tratamento químico são estabelecidos. Sendo esses problemas facilmente resolvidos pelo estabelecimento de padrões preventivos nos despejos efetuados pelo processo produtivo.

No caso da adoção de técnicas avançadas de tratamento existem inúmeras possibilidades, segundo Santaella (2009) que desenvolveu um processo de degradação dos efluentes do refino de petróleo por fungos, o tratamento oxidativo químico e a combinação com o biológico adaptado torna-se uma possibilidade. Entretanto, tais autores afirmam que mais estudos precisam ser realizados para se encontrar a concentração ideal de fonte primária de carbono que favoreça a remoção de DQO e fenóis totais, sem provocar crescimento excessivo do fungo. Além disso, outras pesquisas, tais como sugere Wieczorek et al (2007), devem ser desenvolvidas para que se conheça mais detalhadamente a influência e as inter-relações das concentrações de oxigênio e pH do meio, através de técnicas de respirometria. Finalmente, outros fungos poderiam ser estudados para degradação dos compostos recalcitrantes, tais como aqueles presentes na própria água residuária.



**Figura 6.** Série temporal de monitoramento da concentração de fenóis, na entrada e saída da ETDI de uma das refinarias pesquisadas

### Controle do consumo de água

Nas refinarias pesquisadas foi observada a ausência de indicadores de consumo de água no processo. Desta forma não se tem sensibilidade na interpretação e identificação de vazamentos, nem se a quantidade de água consumida no processo está condizente com a carga processada. Esse aspecto de controle auxilia a prevenir possíveis cargas excessivas, ajuda na detecção de problemas operacionais, apropriam de forma eficaz os custos advindos pelo consumo de água no processo, dentre outros.

Para isso, uma melhoria pode ser conseguida a partir da instalação de diversos hidrômetros ao longo de todo o processo produtivo. Após tais medidas, pode-se estabelecer indicadores de processo que possam ser vinculados a carga processada e auxiliem na redução de água, pela eliminação de possíveis focos de desperdício. Tais medidas de controle são pontos de destaque nas orientações descritas por Ramos et al (2007) para o caso das novas refinarias que vem sendo instaladas no Brasil.

### Conclusões

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho é possível concluir que:

Foi realizado o diagnóstico de duas refinarias, tendo-se obtido um detalhamento técnico-econômico-ambiental para oportunidades de melhoria na gestão dos recursos hídricos e a execução das palestras garantiu o início de um ciclo de sensibilização dos colaboradores das refinarias para a temática, resultados esses monitorados pela participação e colaboração dada ao desenvolvimento do projeto.

É possível reduzir o consumo de água e a geração de efluentes em uma refinaria de petróleo a partir de medidas simples, muitas vezes com apenas ajustes operacionais e mudança na postura frente a abordagem ambiental dada pelos empreendimentos.

As medidas apresentadas, neste estudo, possibilitam conciliar os interesses empresariais envolvidos no processo de refino do petróleo com a preservação dos recursos naturais, ou seja, demonstra-se que pode ser um bom negócio investir na economia de água.

É importante salientar que a simples taxação na captação de água e descarte de efluentes não é o principal motivador para a redução na geração de efluentes, e sim os ganhos advindos com a redução dos custos com a captação, clarificação, desmineralização e despejos de efluentes. Portanto, o tratamento e reutilização de efluentes se justificam pelo custo de tratamento de água e, principalmente, de efluentes. Logo, se possível, tratar e reutilizar efluentes antes que os mesmos sejam tratados na ETDI, é a melhor forma, visto que o custo do tratamento proposto tem valor inferior.

### Referências bibliográficas

- ABNT. (2002). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBRs. Rio de Janeiro.
- Amorim, R. S. (2005). Abastecimento de água de uma refinaria de petróleo: Caso REPLAN. *Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense*. Niterói.
- Azevedo, C. A. (1999). Minimização de efluentes em refinarias. *Monografia de final de curso*, São Paulo-SP.
- BARBOSA, E. M. et al. A saúde no licenciamento ambiental: uma proposta metodológica para a avaliação dos impactos da indústria de petróleo e gás. *Ciência & Saúde Coletiva*, **17**(2): 2012, p. 299-310.
- CNTL. (2000). Manual de implantação de programas de produção mais limpa. *Mimeo*. Porto Alegre.

- CONAMA. Resolução de número 357 de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- CONAMA. Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011 que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterou parcialmente e complementou a Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA a qual “dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes”.
- Diógenes, V. H. D. (2012). Aplicação da produção mais limpa no setor de turismo: um estudo de caso em um hotel de Natal/RN. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Ano 7, nº 1, p. 141-156.
- DO Valle, C. E. (1996). Como se preparar para as Normas ISO 14000: qualidade ambiental. O desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo: Editora Pioneira, 1996.
- Faria, D. C. (2004). Reuso das correntes de efluentes aquosos em refinarias de petróleo. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Machado, M., Reis, C. (2012). A Petrobras na nova configuração energética global. *Geo UERJ, América do Norte*, 2, jan. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/geouerj/article/view/2460/1732>. Acesso em: 18 Mai. 2012.
- Maria, C. (2010). A utilização de painéis solares como forma de produzir energia limpa e renovável. *Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense*. v. 1, p. 263-266.
- Mariano, J. B. (2005). Impactos Ambientais do refino de Petróleo. Rio de Janeiro: Interciência.
- Milan, G. S.; Grazziotin, D. B. (2012). Um estudo sobre a aplicação da Produção mais Limpa (P+L). *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Ano 7, nº 1, p. 127-140.
- Nacheva, P. M. et al. Tratamiento de aguas de la desalación del petróleo para su aprovechamiento en inyección al subsuelo. *Revista AIDIS*. Disponível em: <http://www.journals.unam.mx/index.php/aidis/article/view/14391/13730>. Acesso em: 17/05/2012. Argentina. 2007.
- PNUMA (2006). Programa de las naciones unidas para el Medio Ambiente. Producción más limpia: um paquete de recursos de capacitación. Disponível em: <http://www.unepie.org/home.html>. Acesso em: 11 jun. 2006.
- Ramos, M. H. A. (2007). A implantação de uma refinaria de petróleo em SUAPE-PE: Uma avaliação dos impactos sócio-econômico-ambientais a partir da interpretação de Agendas 21 Locais. *VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*. Fortaleza.
- Santaella, S. T. (2009). Tratamento de efluentes de refinaria de petróleo em reatores com *Aspergillus Níger*. *Eng Sanit Ambient*. v.14. n.1. jan/mar. p. 139-148.
- Wieczorek, A. (2007). Melhoria na qualidade da água pela implantação de um novo sistema de tratamento de efluente industrial na refinaria REPLAN/PETROBRAS. *Holos Environment*, Brasil, 5, jun. Disponível em: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/article/view/330/289>. Acesso em: 18 Mai. 2012.