

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ

Diretoria de Ensino - DIREN

CAPES/ CNPQ

RELATÓRIO FINAL DO  
**PROGRAMA JOVENS TALENTOS PARA CIÊNCIA**

**TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL E SUA IMPORTÂNCIA NA EXPLORAÇÃO  
PETROLÍFERA**

**Aluno(s):**

Rodrigo Delpreti de Siqueira (Engenharia Mecânica / 2º período) Bolsista CAPES/  
CNPQ

**Orientador:**

Aline Guimarães Monteiro Trigo, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

2013 / 2014

## **RESUMO**

Os recursos escassos do mundo globalizado impõem barreiras para o crescimento econômico de todos os países. As organizações já reconhecem que não adianta estabelecer, cegamente, suas vontades à natureza, pois as consequências pelos atos nem sempre poderão ser evitadas ou controladas. Hoje mais do que nunca, é preciso providenciar/ estimular ações/ medidas que envolvam tecnologias eficientes, que gerem uma economia de custo e que preservem o meio ambiente. Um desses recursos é o petróleo. Sua exploração petrolífera, apenas, tornou-se viável e lucrativa, após a segunda guerra mundial, devido ao surgimento de novas tecnologias. As reservas já eram conhecidas a certo tempo, mas agora são rentáveis e seus subprodutos se espalham rapidamente pelo mundo. Essa exploração perdura até hoje, porém está ameaçada de fim por não ser um recurso considerado renovável. Portanto, este trabalho vem apresentar tecnologias sustentáveis ligadas ao setor do petróleo que o permita ser produzido, reaproveitado e/ou ter seu grau de pureza elevado de maneira "sustentável", compreendendo alternativas adequadas ambientalmente, socialmente e economicamente.

**Palavras-chave:** Tecnologia sustentável, Petróleo, Sustentabilidade.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os recursos escassos do mundo globalizado impõem barreiras para o crescimento econômico de todos os países, gerando muitos conflitos; da mesma forma como se verificou na Europa feudal que guerreou por muitos anos pelas cidades que abundavam matéria prima. Dessa vez, entretanto, as populações reconheceram que não adiantava estabelecer, cegamente, suas vontades à natureza, pois as consequências pelos atos nem sempre poderiam ser evitadas ou controladas. Daí, com algum tempo, amadureceu a ideia de uma expansão econômica mais harmônica com a biosfera. Ou seja, gerir os usos dos recursos naturais de forma mais sustentável.

Paralelamente, verificou-se que um dos recursos que mais é utilizado direta ou indiretamente pelo homem é o petróleo e sua exploração petrolífera, apenas, tornou-se viável e lucrativa, após a segunda guerra mundial, devido ao surgimento de novas tecnologias. As reservas já eram conhecidas a um certo tempo, mas agora eram rentáveis e seus subprodutos se espalhavam rapidamente pelo mundo.

Essa exploração perdura até hoje, porém está ameaçada de fim por não ser um recurso considerado renovável, uma vez que o seu tempo de reposição natural é da ordem de milhares de anos. Atualmente, o descobrimento de novos poços vem prorrogando essa produtividade, mas, sua exploração mostrou-se limitada.

### **1.1 Objetivos**

Logo, a partir da motivação acima, tornam-se necessárias tecnologias sustentáveis ligadas ao setor do petróleo que o permita ser produzido, reaproveitado e/ou ter seu grau de pureza elevado de maneira "sustentável", que compreendam alternativas adequadas ambientalmente, socialmente e economicamente para o destino final dos derivados de petróleo e formas de recuperar/ reciclar os resíduos provenientes do petróleo novamente em petróleo, ou em algum de seus derivados, ou ainda em algum composto auxiliar presente na cadeia petrolífera.

### **1.2 Metodologia**

Metodologicamente, este trabalho é classificado como uma pesquisa básica, segundo a natureza, e quanto aos objetivos, enquadra-se como uma pesquisa exploratória, pois tem o “objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito”. A metodologia da pesquisa proposta, do ponto de vista dos procedimentos técnicos adotados (LAKATOS, MARCONI, 2005), compreende o levantamento de material publicado em mídia impressa (pesquisa bibliográfica). Segundo Diehl e Tatim (2004), é um

estudo de caso, pois envolve um levantamento de tecnologias sustentáveis na área de petróleo.

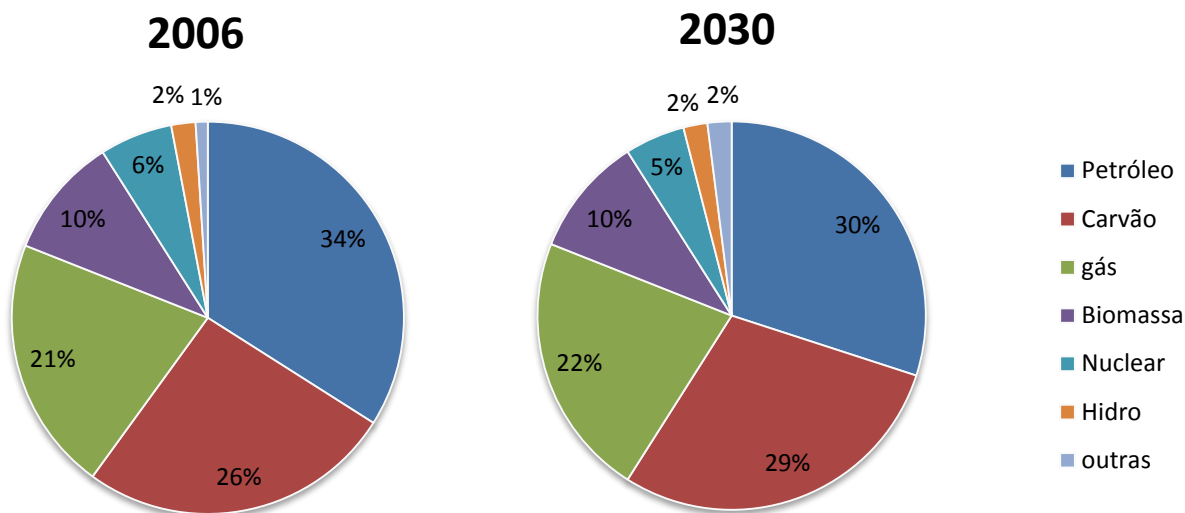
## **2. O CENÁRIO MUNDIAL**

O mundo hoje não desenvolve, de forma satisfatória, as tecnologias sustentáveis. A emissão de 50 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> por ano causa um aquecimento acelerado do planeta, e as perspectivas de redução são inatingíveis a curto prazo. (PETROBRAS, 2013) Um dos fatores dessa ameaça é o lixo urbano, seja sendo queimado ou em volume, toma cada vez mais espaço, o que complica o seu armazenamento e disposição final. As metas para redução das emissões a longo prazo estão assumindo novos valores, que para serem alcançadas, consideram não apenas medidas para reduzir e controlar os impactos, como preveni-los futuramente, sem esquecer o gerenciamento das causas que provocam os impactos.

Os danos não são irreversíveis, pelo contrário, pode-se perceber uma recomposição natural em alguns casos, como a camada de ozônio, que deve recompor-se em poucos anos. Contudo, o ser humano que vive em coletividade tem dificuldade em tomar iniciativas sustentáveis por si só. O que se vê na prática são iniciativas que diversas empresas vêm tomando a partir de incentivos fiscais recebidos.

A economia mundial não se mostra pronta para uma substituição dos recursos não renováveis por renováveis. Mesmo que alguns venham gradativamente e eventualmente a ser trocados, os substitutos em geral ou são inviáveis economicamente, ou não são capazes de desempenhar a mesma função que os produtos originais.

A matriz energética mundial mostrada na figura 1 ressalta que, em longo prazo, o petróleo permanece como a principal fonte de energia, e algumas fontes renováveis assumem maior importância, mas não chegam nem perto de substituir o consumo de combustíveis fósseis.



**Figura 1 – Matriz Energética (PETROBRAS, 2013)**

O Brasil tem o privilégio de utilizar a energia hídrica em uma proporção mais destacável em relação às outras nações, posto que sua participação na matriz energética brasileira é de 65,6%. Entretanto, o petróleo ainda monopoliza a oferta energética total do país. (EPE, 2008)

Outra complicação é que, em geral, quem opta pelo uso de tecnologias sustentáveis no seu processo produtivo, o faz com uso do seu capital de giro. Este, por sua vez, não está nas mãos nem das pequenas empresas, nem da população em geral. Melhor dizendo, iniciativa sustentável até provém de pessoas físicas, mas o capital para fazê-las concentra-se nas mãos de poucas grandes empresas.

No ano de 2013, ocorreu a Conferência de Mudanças Climáticas das Nações Unidas (COP 19) em Varsóvia (Polônia), um evento cujo objetivo foi estabelecer acordos climáticos entre as nações. A temática voltou-se para como os cidadãos influenciam o meio ambiente. Entretanto, ainda é um incerto querer que o *Homo Sapiens* evolua para *Homo Harmonicus* por mera vontade própria. Por mais que alguns mudem sua maneira de agir e pensar sobre a natureza, sempre haverá um certo predatismo entre o homem e o planeta.

Há algum tempo, a indústria do petróleo vem sendo alvo de críticas pesadas de ambientalistas devido a sua grande contribuição na emissão de gases de efeito estufa, no aumento da poluição urbana e das chuvas ácidas. Da extração ao consumo, é uma produção que envolve de forma direta e indireta outras indústrias, sejam clientes e fornecedores.

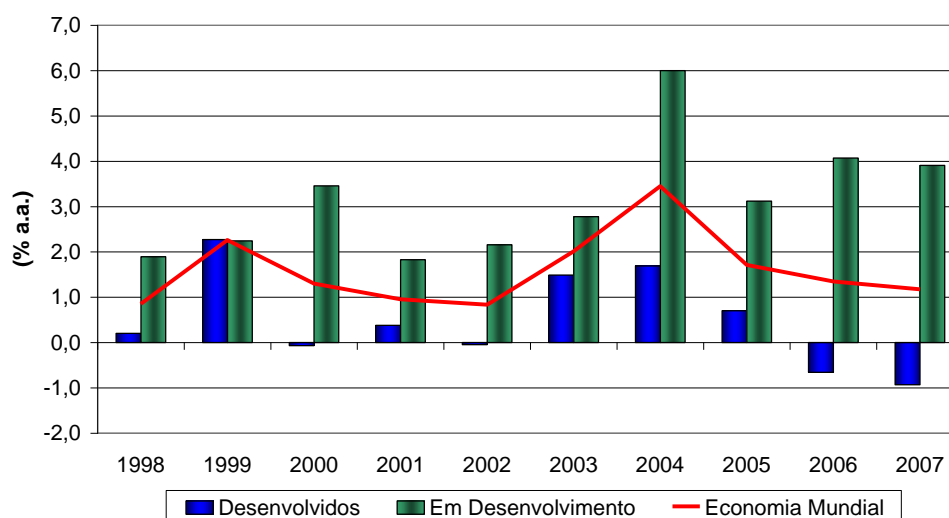
Um dos exemplos apresentados é o setor de transporte, especialmente o rodoviário que é grande consumidor de petróleo. A tabela 1 demonstra o quão elevada é a emissão de CO<sub>2</sub> de alguns derivados do petróleo no setor de transportes. Esses valores contribuem para a emissão mundial de poluentes, dado que o petróleo já fora mencionado como um “gigante” da matriz energética mundial. (PETROBRAS, 2013)

**Tabela 1 – Emissões de CO<sub>2</sub> de derivados de petróleo no setor de transporte - 2012**

Derivado do petróleo	Kg de CO <sub>2</sub> emitido por metro cúbico
Gasolina	776
Diesel	908
Óleo combustível	1.601

O gás metano, cuja emissão também fica concentrada nos combustíveis fósseis sob o ritmo de 85 toneladas/ano, também é tido como um dos principais responsáveis pelo aquecimento global. O efeito estufa, que explica o fato de o aquecimento do planeta se dar de dentro para fora, intensificou-se de maneira assombrosa nos últimos 20 anos. Temperaturas tem se elevado no mundo todo, e as estimativas a longo prazo não são positivas, o que pressiona as empresas petrolíferas. (PETROBRAS, 2013)

Segundo a Petrobras, de 2012 para 2013, houve um aumento no consumo energético a partir de combustíveis da ordem de 12%. Conseqüentemente, a emissão de gases de efeito estufa (GEE) aumentou em 8,9%, e não há previsão para que estes valores revertam. A demanda por petróleo nos últimos anos cresceu, principalmente nos países em desenvolvimento, como mostrado na Figura 2.



**Figura 2 – Crescimento da demanda de petróleo no mundo (EPE, 2008)**

Todo esse panorama volta-se para a necessidade de invenção e inovação nesse setor. A implantação de tecnologias sustentáveis no setor de petróleo seria capaz de manter a economia de pé, não trazendo alterações substanciais ao ambiente e na sociedade.

### **3. SUSTENTABILIDADE**

Para a caracterização das iniciativas sustentáveis no setor petrolífero, é importante verificarmos a condição em que se encontram os recursos naturais e seus serviços ambientais associados. Há uma busca por práticas que levem a formas produtivas que não danifiquem nem esgotem a biosfera. Recursos escassos combinam-se de forma insatisfatória com essa definição, pois exigem práticas demasiadamente avançadas; caso contrário irão simplesmente restringir o crescimento econômico.

Nesse sentido, surge a questão de a escassez ser o lado restritivo da economia, mas é importante salientar que há também o lado positivo, a partir da transformação dos recursos. Ele é praticado ao reciclar materiais, e ao se criarem novos processos que permitam o uso de menos recursos naturais dentro de determinado processo produtivo. Assim, buscamos, através dos benefícios econômico, ambiental e social, gerados por esses novos produtos e serviços, um equilíbrio a ser verificado em exemplos de projetos sustentáveis.

Preocupados não apenas com o cenário atual, mas com o futuro, pesquisadores de todo o mundo vem procurando ações para solucionar o desequilíbrio causado pelo homem na natureza. Alguns tomam uma posição de que são as práticas produtivas que precisam ser alteradas, enquanto outros mais radicais defendem uma mudança na essência humana. De qualquer maneira, torna-se essencial a busca por medidas que gerem efeitos benéficos em termos econômico, social e ambiental. Sendo assim, promove-se a sustentabilidade. (Figura 3)



**Figura 3 – Tripé da Sustentabilidade (AMARAL, 2003)**

Reduzir, reciclar e reutilizar são procedimentos indispensáveis para atingir esse equilíbrio. Contudo, ainda verificamos que a maneira de se “pensar verde” posiciona-se mais como um apelo para o indivíduo que vive em sociedade do que pela própria necessidade de ser sustentável (se não, não há sobrevivência). Acredita-se, portanto, que o avanço em pesquisa sobre tecnologias sustentáveis seja a forma mais adequada de se buscar o equilíbrio entre o homem e o meio ambiente.

### **3.1 Tecnologias sustentáveis**

Tecnologia sustentável é a agregação e aplicação de todas as Ciências, visando prioritariamente à continuidade da existência de todo ser vivente na Terra. Tem como desafio redirecionar as concepções atualmente existentes em novas formas de pensar e agir, com responsabilidade ao meio em que vivemos e as consequências das ações tomadas e não tomadas no seu devido tempo, adaptando as tecnologias existentes e as futuras para que sempre possa co-existir o crescimento populacional e o nosso ecossistema. (WIKIPEDIA, 2014)

Ao longo dos últimos anos, nasceram diversas iniciativas no intuito de reformular os atuais processos produtivos. Como resultado de pesquisa realizada no setor de petróleo, inicialmente surgiram equipamentos capazes de reduzir a poluição proveniente dos antigos. Posteriormente, apareceram tecnologias que podiam substituir os antigos métodos de exploração, no intuito de minimizar a poluição causada pela atividade econômica. Houve também estudos no uso de novas matérias-primas para a confecção dos mesmos produtos, com o fim de facilitar seu descarte. Ao todo, esse conjunto de novidades disponíveis para o mercado atual, que busca melhorar as relações entre a exploração de recursos e o meio ambiente são exemplos de tecnologias sustentáveis.

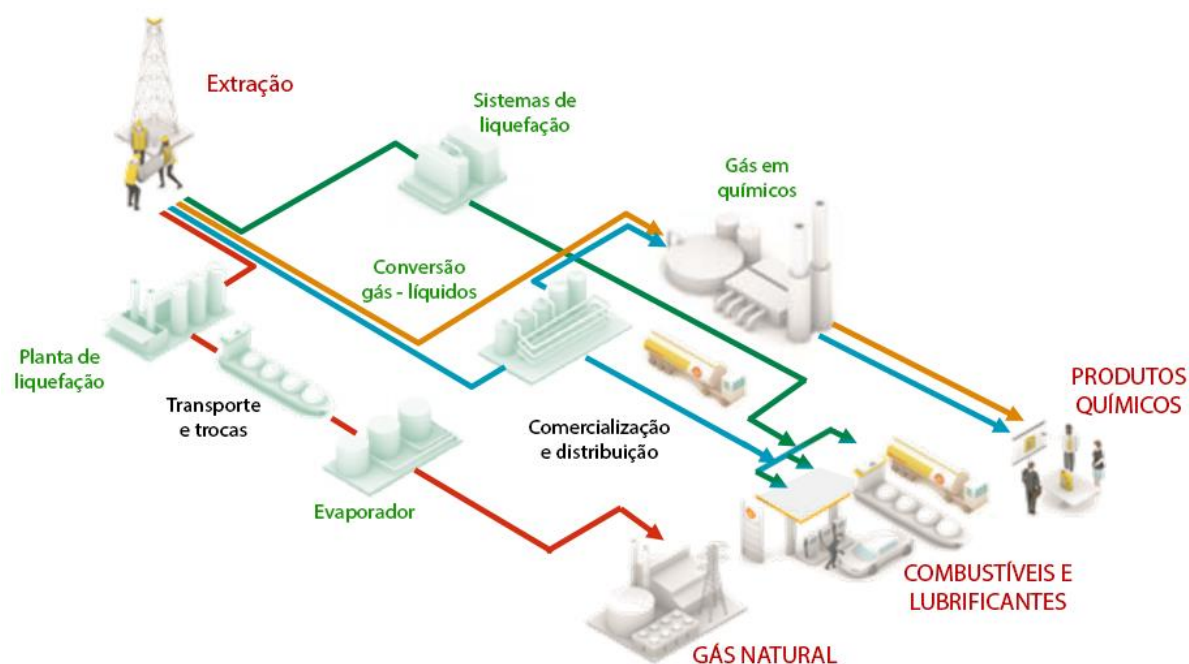


O exemplo mais recorrente que há de tecnologia sustentável é a produção de energia elétrica a partir das fontes renováveis.

#### 4. A CADEIA DO PETRÓLEO

O petróleo é um líquido altamente inflamável composto principalmente por hidrocarbonetos. Foi encontrado na natureza em bolsões subterrâneos e passou a ser extraído posteriormente, quando o ser humano desenvolveu tecnologia suficiente para explorá-lo. Sua reposição natural anual é quase nula e portanto ele não pode ser considerado um recurso renovável. Seus principais usos são sob forma de combustíveis e plásticos, mas para tal ele precisa ser refinado, pois sua forma natural contém muitas impurezas.

A figura 4 resume bem o caminho que o petróleo percorre para ser consumido. Nota-se que junto dele também são extraídos gás e outros subprodutos, e que, em geral, o processo de refino ocorre em local próximo à extração, por questões logísticas.



**Figura 4 - Cadeia do petróleo**  
**Adaptação - Shell 2012**

A produção petrolífera mundial desde a extração até o produto final é um tema excessivamente abordado pelos ambientalistas não só por ser um produto encontrado em muitas cadeias produtivas, mas também por gerar muitos subprodutos indesejáveis e/ou de difícil reaproveitamento. A decomposição lenta desse material agrava o seu potencial,

pois é um composto que, apesar de versátil, é usado rapidamente e logo em seguida é descartado, passando mais tempo sob a forma de resíduo do que de utensílio.

Recuperar petróleo tem sido apontado como uma solução menos desestabilizadora às economias do mundo, uma vez que não se podem prever os efeitos da introdução de produtos substitutos, muitos dos quais deixam a desejar, no mercado. Essa recuperação pode ser feita na própria extração ou após o uso do derivado, uma vez que a etapa de refino como mostrada na figura 4 consiste apenas em processamento químico por métodos de separação, não apresentando reinserção ou reaproveitamento do petróleo em sua cadeia produtiva. Entretanto, é de suma importância o aprimoramento do refino com a intenção de produzir um composto menos poluente, como veremos mais detalhadamente na seção 4.2.

#### 4.1 A extração

O petróleo é encontrado na natureza em bacias subterrâneas, formadas pela decomposição de matéria orgânica soterrada. Desse modo, ele precisa ser bombeado à superfície para sua utilização. Entretanto, a pressão desse material não é suficiente para extraí-lo todo. Após a perfuração, é possível retirar apenas cerca de 10% do que há na bacia, sendo necessário injetar água no poço por outro furo para empurrar mais 30% de petróleo. Esse método, entretanto, perde sua eficiência quando a água cria um caminho livre de petróleo para passar. Assim, os poços são desativados mesmo possuindo muitas reservas potenciais. (MARIANO, 2001)

Essa área é uma das que mais exige em inovação tecnológica, o que agrega valor ao barril. Empresas petrolíferas de todo o mundo tem investido nos últimos anos para driblar esse falso esgotamento dos reservatórios naturais. Uma prática comum, ainda pouco explorada no Brasil, é a injeção de polímeros junto à água para aumentar a aderência do petróleo e a densidade do líquido que o empurra para fora. (MARIANO, 2001)

A empresa Norte-americana *Glori Energy* desenvolveu um equipamento com basicamente o mesmo objetivo, mas que consiste em ativar micróbios no subsolo que aumentam o escoamento do petróleo em relação à água, permitindo extrair, em tese, mais 10% da reserva original a baixo custo. Recentemente, a empresa foi premiada pelo instituto da energia por sua inovação e eficiência, e pela *Cleantech Group* por ter um projeto de destaque. (MARIANO, 2001)

#### 4.2 O refino

Após extraído, o petróleo bruto possui muitas impurezas, sendo necessário refiná-lo para o uso. O petróleo bruto passa por um grupo de processos de separação e purificação, que o divide em seus mais variados subprodutos. Suas principais etapas são a destilação, o craqueamento e a polimerização.

Os sais, o asfalto, os compostos aromáticos e as parafinas presentes são retirados em processos separados específicos, enquanto o que sobra é dividido conforme sua temperatura de fusão. À pressão atmosférica, não se pode ultrapassar o limite de 400°C durante a destilação, pois isso poderia decompor o petróleo, sendo muitas vezes necessário realizar o processo à vácuo. (MARIANO, 2001)

No craqueamento, os hidrocarbonetos são repartidos com mais precisão, geralmente sob a ação de catalisadores, chegando assim a substâncias, como o óleo de motor e o gás de cozinha. A polimerização é a conversão de compostos orgânicos em polímeros, que são muito usados sob a forma dos mais diversos plásticos. (MARIANO, 2001)

#### **4.3 Pós uso**

Garrafas plásticas, sacos plásticos, copos descartáveis, gasolina e outros diversos derivados do petróleo são produtos que fazem parte do nosso dia-a-dia. Seu descarte, entretanto, é uma complicação, pois o que é queimado sob forma de combustível, elimina gases de efeito estufa; o que vira asfalto impermeabiliza e esquenta o solo, e o resto tem em geral um tempo de decomposição muito lento.

O asfalto vem sendo incrementado com borracha de pneu velho, enquanto estuda-se um sistema de filtros para contenção dos gases, que tem sido entendidos como os principais vilões. Contudo, é importante delimitar todo o resto. A maior parte fica sob a responsabilidade da coleta seletiva, que não é o método mais eficaz, e nem sempre é capaz de ser reutilizado. (MARIANO, 2001)

### **5. TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS NO SETOR DE PETRÓLEO**

A seguir, encontram-se exemplos de ações/ tecnologias utilizadas para o reaproveitamento/ reciclagem de derivados de petróleo, bem como de seus resíduos em outros subprodutos.

Várias empresas tem feito o recolhimento de óleo de cozinha usado, o que possibilita um mercado para usados desse tipo. A maior parte do que é reciclado retorna sob a forma de outros lubrificantes e de sabonetes. Há dados da coleta de mais de um milhão de galões de óleo usado para revenda.

Outra alternativa muito interessante vem da empresa Plastoil, que tem sido pioneira na reciclagem de alguns tipos de plásticos transformando-os em petróleo sintético, que depois vira gasolina, querosene e diesel. Ela recolhe polietilenos encontrados em sacolas e garrafas plásticas, polipropileno de tampas e canudos e poliestirenos usados em embalagens protetoras e em descartáveis. O seu equipamento comercial é capaz de produzir a mesma quantidade que uma bomba pequena, com a diferença que ele decompõe a biomassa que iria para lixões e aterros, sendo uma solução para grandes aglomerações urbanas.

Especialmente com relação ao processo de refino, existem diversas técnicas para minimização dos resíduos perigosos gerados, tais como a utilização de substâncias desmulsificadoras, a utilização de misturadores, a otimização de processos e etc.

Os resíduos perigosos tendem a ser persistentes dentro do meio ambiente. Segundo Mariano (2001, p. 36), este fato se verifica por conta da falta de capacidade dos organismos naturais existentes de produzir as enzimas necessárias para processar essas substâncias.

Normalmente, os resíduos sólidos tipicamente gerados na indústria de refino de petróleo compreendem a lama dos separadores de água e óleo (API), a lama dos flutuadores a ar dissolvido e a ar induzido, os sedimentos do fundo dos tanques de armazenamento do petróleo cru e derivados, borras oleosas, as argilas de tratamento, lamas biológicas, lamas da limpeza dos trocadores de calor e das torres de refrigeração, além de sólidos emulsionados em óleo. (MARIANO, 2001)

A seguir são descritas por Mariano (2001), algumas estratégias de prevenção à poluição que vêm sendo empregadas pelas refinarias, incluindo o uso de equipamentos mais eficientes e o uso de tecnologias sustentáveis.

- Uso de misturadores com a finalidade de reduzir os volumes de resíduos gerados: muitas refinarias utilizam misturadores permanentes nos seus tanques de armazenamento de petróleo cru, com a finalidade de obter um petróleo homogêneo que servirá de corrente de alimentação para as suas unidades de destilação. Eles também agregam à fase líquida os hidrocarbonetos pesados e os materiais particulados, que caso não houvesse a mistura formariam uma lama indesejável;

- Reciclagem dos sedimentos nas unidades de processo das próprias refinarias: Essas refinarias removem os sedimentos dos tanques durante a limpeza e utilizam-nos como carga para outras unidades, tais como coqueamento, destilação, craqueamento catalítico e unidades de produção de asfaltos. Os fatores que influenciam a viabilidade da reciclagem desse sedimento ainda não foram bem investigados, mas provavelmente dependem dos tipos de unidades de processamento disponíveis em cada refinaria e do tipo de petróleo que é processado. Nos EUA são reciclados cerca de 44 % do sedimento gerado pela indústria de refino norte-americana;

- Controle de derramamentos: Instalação de equipamentos para a coleta de derrames acidentais. O sedimento derramado é coletado e reincorporado ao restante do sedimento. A redução dos derramamentos reduz a quantidade de solo contaminado que deveria ser corretamente disposto juntamente com o sedimento do tanque, o que contribui para a redução de volume do resíduo.

- Lama de dessalinização: Para a minimização destes resíduos, verifica-se a utilização de substâncias desmulsificadores ou de precipitadores eletrostáticos associados a misturadores.

- Resíduos do coqueamento retardado: Quando estes não são comercializados junto ao coque, seus finos são recuperados com a utilização de água. Para tal, é comum a instalação de filtros nas canaletas de esgoto e a manutenção da unidade, bem como a utilização de hidrociclones.

- Tanques de armazenamento: Lama de fundo: Para que seja reduzida a geração de resíduo nos tanques de armazenamento, são adotadas algumas técnicas de prevenção nas refinarias, dentre elas destaca-se o uso de misturadores nos tanques de armazenamento, a reciclagem dos sedimentos em outras unidades da refinaria, como por exemplo a destilação, o coqueamento e o craqueamento catalítico, o aumento da eficiência das etapas de lavagem e maior controle contra derramamentos acidentais de óleo.

- Lamas da estação de tratamento de efluentes: Otimizar o processo de tratamento de efluentes é decisivo para a minimização dos volumes gerados, cabe ressaltar que algumas tecnologias de tratamento biológico geram menores quantidades de lodos do que outras, cabe ao gestor ambiental da refinaria adotar aquele que apresente melhor viabilidade financeira e ambiental.

- Lama dos trocadores de calor: Assim como para o catalisador exausto da reforma catalítica e do craqueamento catalítico, a técnica mais utilizada para a minimização da lama dos trocadores de calor é a otimização dos processos, através de um maior controle das cargas que passam pelos mesmos.

- Resíduos de enxofre: Como visto, o enxofre é extraído em diversas etapas do processo de refino através da utilização de catalisador a base de amina. A redução do resíduo de amina gasta envolve a modificação dos processos e a reciclagem da solução, além da instalação de filtros, de coletores, que capturam a amina drenada dos filtros

Na realidade, a utilização dos resíduos sólidos gerados nas refinarias de petróleo no co-processamento vem representando também uma nova alternativa para ambas as partes. A indústria cimenteira se interessa por introduzir os resíduos do refino em seu processo, pois os mesmos aumentam o rendimento térmico de sua clínquerização. Em contra partida, as refinarias eliminam um grande passivo ambiental, a custos menores do que aqueles associados a outras metodologias de tratamento, como a incineração e o plasma, sem a necessidade de dispor cinzas ou quaisquer materiais resultantes dos processos. Esta é uma grande saída para gerenciar estes resíduos, benefícios mútuos,

ambientalmente neutros, visto que, os fornos geram o mesmo volume de emissões, com a utilização destes resíduos ou não. (MARIANO, 2001)

## 5. CONCLUSÃO

Hoje mais do que nunca, é preciso providenciar/ estimular ações/ medidas que envolvam tecnologias eficientes, que gerem uma economia de custo e que preservem o meio ambiente.

A redução do volume de lixo urbano, a reutilização de poços desativados e a reciclagem de derivados do petróleo apresentam-se como as soluções que trazem um equilíbrio entre os aspectos ambiental, social e econômico da sociedade. É preciso debater mais o tema “sustentabilidade” no setor de petróleo, pois, afinal, o recurso natural não renovável movimentava grande parte da economia do mundo, bem como causa conflitos entre aqueles (poucos) que detém o recurso e os que nada tem, e para tal, adquire a altos preços. Por isso, tecnologias sustentáveis são desenvolvidas no sentido de reduzir as consequências negativas que o mesmo traz ao ambiente, bem como, de forma positiva, aproveitá-lo ou reciclar seus resíduos ou subprodutos a fim de atender a demanda da sociedade.

Seja através da reciclagem, do reuso, da redução, ou de uma combinação das três metodologias, a proteção ao meio ambiente torna-se eficaz, reduzindo os custos de gestão com o menor volume de resíduos. Assim, focados na eco-eficiência, estes conceitos tornam-se essenciais para o gerenciamento dos resíduos industriais gerados nas refinarias.

## 6. REFERÊNCIAS

AMARAL, Sergio Pinto. **Estabelecimento de indicadores e modelo de relatório de sustentabilidade ambiental, social e econômica:** Uma proposta para a indústria de petróleo brasileira. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE/PPE, 2003.

**Biotecnologia** - Metano na atmosfera. Disponível em <<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio07/metano.pdf>> Rio de Janeiro 10/03/2014

CARBONELL, M.M. **Modelagem fluidodinâmica e reacional com avaliação ambiental do processo de hidroconversão de resíduos de petróleo.** Tese de Doutorado. São Paulo: Campinas. Faculdade de Engenharia Química/ UNICAMP, 2003.

CUNHA, Carlos Eduardo Soares Canejo Pinheiro. **Gestão de resíduos perigosos em refinarias de petróleo.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2009

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Contexto mundial e preço do petróleo: uma visão de longo prazo.** Rio de Janeiro, 10/12/2008

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> em projetos de produção e uso de biocombustíveis.** Rio de Janeiro, 2006

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Editora Atlas, 2005.

MACIEL, M.M.W. **Obtenção de asfaltenos e óleo lubrificante a partir do resíduo de petróleo empregando diferentes solventes na desasfaltação supercrítica** - análise computacional e experimental. Tese de Pós-Doutorado. Faculdade de Engenharia Química (FEQ). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, SP, Brasil. 2013.

MARIANO, Jacqueline Barboza. **Impactos ambientais do refino de petróleo.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE/PPE, 2001.

NATURAL SOIL BACTERIA PUMP NEW LIFE INTO EXHAUSTED OIL WELLS. Disponível em: <<http://glorienergy.com/>> Acesso em 20 de fevereiro de 2014

Plastikabfall – eine neue Energiequelle der Zukunft. Disponível em: <<http://www.plastoil.ch/>> Acesso em 28 de dezembro de 2013

PETROBRAS. **Relatório de Sustentabilidade 2013** Disponível em <<http://www.petrobras.com.br/pt/sociedade-e-meio-ambiente/relatorio-de-sustentabilidade>>. Acesso em 02/08/2014

STAY GREEN OIL MARKETPLACE. Disponível em: <<http://www.staygreenoil.com/>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2014.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CEFET/RJ e a CAPES/CNPQ pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.