

Resíduos industriais - técnicas de destinação e valorização dos *floating hoses*: estudo de caso no município de Macaé, RJ

Industrial waste - destination and valuation techniques of floating hoses: case study in Macaé, RJ

Marlon de Almeida Clemente da Silva*

José Augusto Ferreira da Silva**

Jader Lugon Junior***

Marcos Antonio Cruz Moreira****

Uma grande parte do petróleo extraído hoje no Brasil é escoada para a costa, ou até mesmo transportada para embarcações maiores, através de mangotes flutuantes, chamados de *Floating Hoses*. Essa operação de descarregamento do petróleo é denominada de *offloading*, sendo de fundamental importância para o desempenho das unidades operacionais *offshore*. Essas unidades operacionais utilizam-se de sistemas de armazenamento e alívio de petróleo, que podem ser FSO (Unidade Flutuante de Estocagem e Transferência) ou FPSO (Unidade Flutuante de Produção, Estocagem e Transferência). Nesse cenário de transbordo do petróleo, os mangotes flutuantes têm papel primordial, pois são eles os responsáveis por esta operação. Os *Floating Hoses*, após vida útil, são descartados. Como fazer o descarte ambientalmente correto desse resíduo? O destino mais utilizado são os aterros industriais classe 2 para resíduos não perigosos. Buscou-se com a pesquisa desenvolver técnicas de destinação adequadas para os *Floating Hoses*, de forma a obter uma maior valorização possível dos materiais que os compõem, bem como apresentar os riscos em caso de estes serem acondicionados em um aterro, mesmo que seja um aterro controlado. Essa técnica está baseada em uma chamada Manufatura Reversa, todos os seus componentes são reaproveitados e valorizados, tendo uma destinação ambientalmente mais correta e economicamente viável. A metodologia de pesquisa utilizada foi baseada em estudos empíricos de fundamentação fenomenológica, envolvendo equipe operacional de uma empresa de porte médio que possui uma participação ascendente no mercado de tratamento e destinação de resíduos no município de Macaé. Evidenciou-se com a pesquisa que há possibilidade de ganhos potenciais com a aplicação das técnicas de manufatura reversa dos mangotes, tanto em termos de reduções de passivos ambientais, como com o retorno financeiro por meio da valorização dos materiais que os compõem.

Palavras-chave: *Floating Hoses*. Valorização de Resíduos Sólidos. Manufatura Reversa.

A large part of the oil extracted in Brazil today, is drained to the coast, or even transported to larger vessels through Floating Hoses. This oil unloading operation is called Offloading, it is of fundamental importance for the performance of offshore operations. These operating units use storage systems and oil relief, which can be FSO (Floating Storage Unit and Transfer) or FPSO (Floating Production Unit, Stockpiling and Transfer). In this oil transshipment scenario, floating hoses have primary role

* Mestrando em Engenharia Ambiental (IFFluminense, campus Macaé) - Macaé (RJ) – Brasil. E-mail: marlon_clemente@oi.com.br.

** Doutor em Geografia (Unesp). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense, campus Macaé) - Macaé (RJ) – Brasil. E-mail: jasilva@iff.edu.br.

*** Doutor em Modelagem Computacional (UERJ). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense, campus Macaé) - Macaé (RJ) – Brasil. E-mail: jlugonjr@gmail.com.

**** Doutor em Engenharia Elétrica (UFRJ). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense, campus Macaé) - Macaé (RJ) – Brasil. E-mail: macruz@iff.edu.br.

therefore they are responsible for this operation. The Floating Hoses after useful life are discarded. How do the environmentally correct disposal of this waste? The destination most used for this waste are the landfills Class 2, for non-hazardous waste. In this study, we attempted to develop appropriate allocation techniques for Floating Hose, in order to obtain a greater appreciation potential of the materials that compose it, as well as presenting the risk of these being put up in a landfill, even if it is a controlled landfill. This technique is based on a so-called Reverse Manufacturing, all components are reused and recovered, with a more environmentally sound and economically viable destination. The research methodology was based on empirical studies of phenomenological framework, involving operational staff of a medium-sized company with a rising share of Treatment and Waste Disposal Market, in the city of Macaé. It was evidenced in the survey that there is a possibility of potential gains from the application of reverse manufacturing techniques of hoses, both in terms of environmental liability reductions and the financial return through the recovery of materials that compose them.

Keywords: Floating Hoses. Solid Waste Recovery. Reverse Manufacturing.

1 Introdução

A geração de resíduos sólidos é um problema de ordem mundial que se encontra em uma curva ascendente de crescimento. Um cenário onde a competitividade do mercado, aliada à falta de conscientização no momento do descarte de resíduos, torna-se um ambiente propício para que técnicas de destinação ambientalmente corretas deixem cada vez mais de ser utilizadas faz com que, a cada dia, a geração desordenada de resíduos sólidos sem tratamento correto seja um problema difícil de ser solucionado. Diante da problemática apresentada, estudos sobre implementações de técnicas de destinações com menor impacto ao meio ambiente e, consequentemente, ao ser humano, e com um melhor custo benefício vêm sendo amplamente discutidos.

Segundo a NBR 10.004 da ABNT (2004), resíduos sólidos são definidos como:

resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (p.1)

Os mangotes flutuantes (Figura 1), também chamados de *Floating Hoses*, utilizados em grande escala por empresas petrolíferas para transporte e transbordo de petróleo em áreas offshore, são considerados, após seu desgaste e vida útil, um resíduo sólido. Por esse fato e por sua forma construtiva, representam um passivo ambiental para as empresas que exploram petróleo. As características construtivas, como os materiais de fabricação e sua morfologia, garantem sua resistência às condições adversas em que trabalham, porém, ao final da sua vida útil, essas características os transformam em um produto de difícil disposição sustentável.



Figura 1: Exemplo de Floating Hose

Fonte: ISS TECHNOLOGIE (2016)

No Brasil, grande parte dos mangotes são dispostos em aterros industriais, em sua grande maioria, classe 2, não perigoso, o que não é o mais recomendável para esse tipo de resíduo, uma vez que sua taxa de degradação é muito lenta e por se tratar de borracha natural na sua maior composição. Além disso, seu espaço interno, por se tratar de um tubo, ocupa um espaço improdutivo e pode colocar em risco a estruturação do aterro, se, por motivos operacionais ou mesmo externos ao processo, acontecer um deslocamento de talude, que é um plano de terreno inclinado que tem como função garantir a estabilidade do aterro.

Dante desse fato, nasce a necessidade de uma destinação ambientalmente mais correta, que de certa forma traga um benefício não só para o meio ambiente e sociedade, com a redução de um passivo, mas também traga um retorno para o destinador, através da valorização desse resíduo.

Além disso, não se pode deixar de comentar sobre a responsabilidade agregada à destinação de resíduos de qualquer natureza. De acordo com a Lei Nº 12.305 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tal responsabilidade foi compartilhada:

Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta seção. (p.14)

A partir dessa política, todos os personagens do ciclo de vida da matéria e/ou produto são corresponsáveis por sua utilização, transporte e destinação final. Essa afirmativa justifica ainda mais uma correta destinação dos resíduos, com maior conscientização e responsabilidade.

A destinação para os mangotes flutuantes aqui abordados tem como finalidade principal, além de uma forma ambientalmente mais correta de descarte, uma valorização dos resíduos

fundamentada na chamada Manufatura Reversa. De acordo com a NBR 16.156 da ABNT (2013), que estabelece as normas e diretrizes para proteção ao meio ambiente e para controle de riscos de segurança e saúde no trabalho de atividade de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos, manufatura reversa é definida como sendo "etapas da atividade de reciclagem que compreendem os processos de transformação dos resíduos em partes e peças, insumos ou matérias-primas, sem a obtenção de novos produtos" (p.3).

2 Revisão da literatura

2.1 Operação Offloading

As operações de descarregamento ou alívio, chamadas de *offloading* (Figura 2), são amplamente utilizadas pelas empresas petrolíferas em todo mundo e principalmente no Brasil, sendo de importância primordial para o escoamento da produção de petróleo dos terminais petrolíferos localizados na costa. Sendo uma das operações mais utilizadas no ramo *offshore*, consiste na transferência do petróleo de uma embarcação para outra.

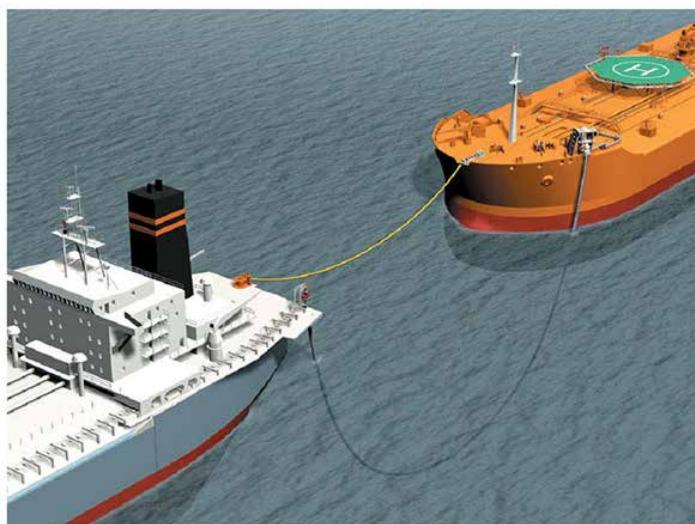


Figura 2: Operação offloading
Fonte: Costa (2007)

Com um percentual de 20% de todo o uso mundial, o Brasil possui 31 unidades de descarregamento ou alívio flutuante, seguido do Japão, que possui 17 unidades. De acordo com sua funcionalidade, as unidades podem ter certas características.

As unidades FSO, que são unidades flutuantes de estocagem e transferência do petróleo, possuem um custo de operação menor do que as FPSO (Figura 3), que são unidades flutuantes de produção, estocagem e transferência de petróleo, por não terem a unidade produtiva e de tratamento dos fluidos provenientes da exploração.



Figura 3: FPSO Cidade de Mangaratiba MV24

Fonte: MODEC (2016)

| 97 |

Entre as etapas da operação *offloading*, estão o alinhamento das embarcações, manobra de amarração, conexão do mangote de transferência (*Floating Hose*) e o bombeamento do petróleo (Figura 4). Quando do término de uma operação *offloading* de alívio, a operação se dá de forma inversa ao início. Apesar de ser amplamente utilizada pelas empresas petrolíferas no ramo *offshore*, a operação *offloading* também é uma operação muito arriscada do ponto de vista ambiental, uma vez que toda a transferência se dá através de mangotes flutuantes, que são os chamados *Floating Hoses*.



Figura 4: Bombeamento de petróleo com Floating Hose

Fonte: CONTINENTAL (2016)

2.2 Floating Hose

Os *Floating Hoses* ou mangueiras de *offloading* são considerados dutos flexíveis de camadas aderentes (Figura 5). Para que seja fornecido reforço estrutural e característica de resistência mecânica, as camadas utilizadas são formadas por tecidos poliméricos, por cordoalhas poliméricas ou por cordoalhas de aço, cuja função é basicamente o aumento da resistência mecânica e estrutural do mangote.

Pode-se ainda, além dessas camadas, utilizar elementos que incrementem a rigidez radial do duto que comumente são formados por hélices ou anéis de aço. De acordo com a composição estrutural, os mangotes podem ser classificados em mangotes de carcaça simples ou dupla. Por carcaça, entende-se o conjunto de camadas, estruturais e de vedação, que devem possuir propriedades específicas e suportar limites estabelecidos em testes padrões definidos por norma. Todos os mangotes devem conter sistema de detecção de vazamentos. Nesse caso, uma diferença marcante entre os mangotes de carcaça dupla e o simples é que o primeiro, além de possuir sistema de detecção de vazamentos, possui também um conjunto adicional de camadas, que conterá o petróleo quando da ocorrência de um vazamento na camada interna (OCIMF, 1991; COSTA, 2007).

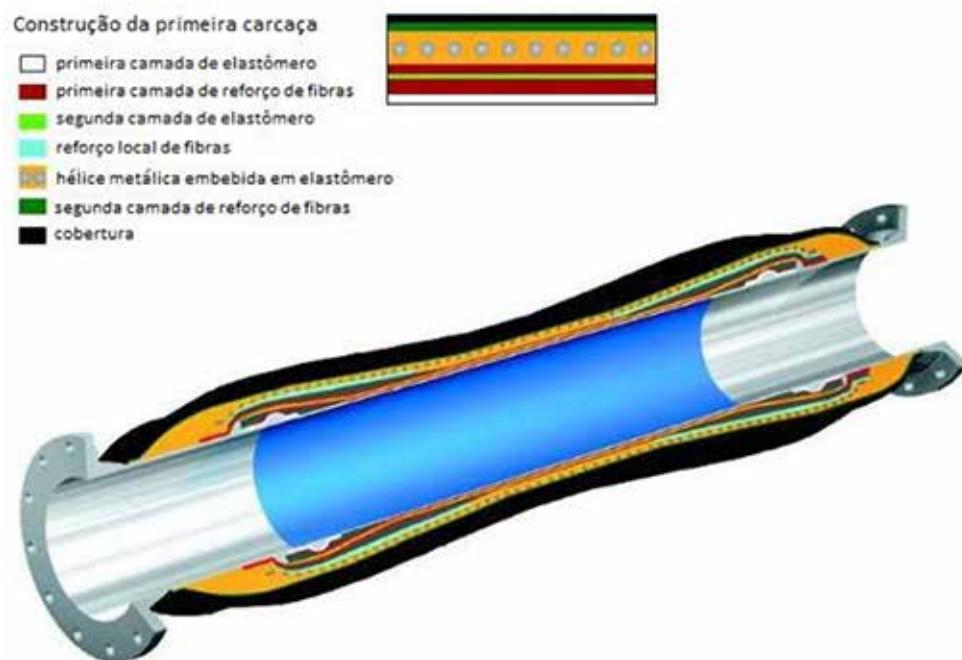


Figura 5: Estrutura de um Floating Hose – carcaça simples

Fonte: Costa (2007)

Como são mangotes flutuantes, possuem uma camada adicional de poliuretano de baixa densidade, que possibilita a flutuabilidade da estrutura. Por fim, as camadas são revestidas por uma última camada de cobertura, que deve ser resistente às intempéries do ambiente e caracterizada por uma coloração quente (OCIMF, 1991).

Fabricados com os comprimentos-padrão de 9,1 ou 10,7 metros, os mangotes têm a necessidade de serem conectados uns aos outros, devido a sua função de transportar o petróleo de uma embarcação para outra. Por esse motivo, um sistema resistente e confiável de conexão se faz necessário, de modo a formar uma linha contínua de mangotes, sem que haja risco de vazamentos ou desconexões. O flange é o componente do mangote que tem a finalidade de fazer essa conexão, onde normalmente é forjado de aço carbono (ASTM 105). As formas de engate dos flanges de mangotes são diversas, por exemplo: macho-fêmea, rosca, porca e parafuso etc. Devido ao seu diâmetro e ao fato de as operações de *offloading* serem normalmente realizadas em condições de mar calmo, é tipicamente utilizado o sistema de porcas e parafuso, o qual, se bem executado, fornece vedação satisfatória e confiável para o sistema.

2.3 Aterros Industriais Classe 2

Os aterros são uma forma de disposição dos resíduos no solo, nos quais, mediante critérios e normas de engenharia, esses resíduos são acondicionados de forma ambientalmente correta e segura. De acordo com a NBR 10.004 da ABNT (2004), um aterro consiste em técnicas de disposição de resíduos no solo sem que sejam causados danos ou riscos ao ambiente e à saúde pública. Podem ser classificados em Classe 1 (Perigosos) ou Classe 2 (Não Perigosos). Os critérios para projeto, implantação e operação de aterro de resíduos não perigosos, classe 2, integram a NBR 13.896 (1997), que define seu objetivo como sendo:

| 99 |

Fixar as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e populações vizinhas. (p.1)

É a NBR 13.896 (1997) que define os critérios relativos ao local para a instalação de um aterro dessa natureza. O impacto ambiental a ser causado pela instalação de um aterro deve ser o mínimo possível, e, por outro lado, a sua aceitação por parte da sociedade afetada do entorno deve ser a máxima possível. Em muitos casos, a liberação para a instalação de um aterro é precedida de uma audiência pública.

Além dos critérios de localização acima mencionados, segundo a NBR 13.896 (1987), vários critérios técnicos ainda devem ser analisados antes da liberação e da operação para recebimento de resíduos no aterro (Figura 6). Entre eles estão a topografia do terreno em que será implantado o aterro, a geologia e o tipo de solo existente na região, a influência do aterro nas águas superficiais e subterrâneas, a tipologia da vegetação existente, os acessos, seu tamanho, sua vida útil e a distância mínima de núcleos populacionais, os quais são fatores de grande importância na tomada de decisão de sua implantação.

Todos os resíduos antes de sua entrada no aterro devem ser previamente analisados e caracterizados, determinando, assim, suas características físicas e químicas. Essa operação é de suma importância, pois, a partir daí, define-se sua correta disposição e manuseio. Análises

periódicas das águas subterrâneas e superficiais de aterro, monitorando a qualidade de suas águas, devem ser uma ação normal em um aterro, uma vez que as águas devem garantir seu uso para abastecimento público, atendendo os padrões de potabilidade estabelecidos pelas normas vigentes.

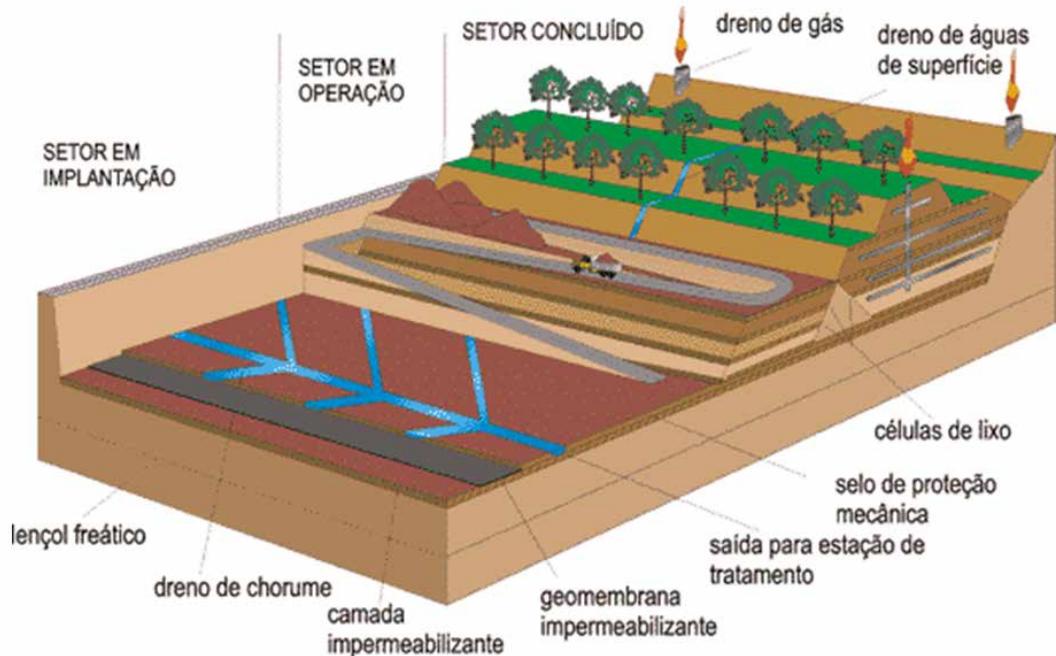


Figura 6: Forma construtiva de um aterro classe 2

Fonte: ATERROS sanitários (2016)

Segundo a NBR 13.896 (1997), o aterro deverá manter impermeabilizada toda a área onde os resíduos são depositados, e essa impermeabilização dever ser de maneira tal que cubra toda a área, de modo que o resíduo ou o líquido percolado não entre em contato com o solo natural.

O aterro deverá dispor de um sistema de drenagem do percolado (chorume – líquido proveniente da decomposição da matéria orgânica), construído imediatamente acima da impermeabilização, de modo a possibilitar sua coleta regular para o devido tratamento. Essa lâmina não poderá ultrapassar 30 cm sobre a impermeabilização. Deverá prover também tubulação de gases, de forma a possibilitar o escape dos gases gerados, provenientes da decomposição da matéria orgânica existente nos resíduos. A responsabilidade de um proprietário de aterro vai muito além de sua operação de acordo com critérios e normas de engenharia. Após seu fechamento, por um período de 20 anos, o aterro deve garantir o monitoramento de suas águas subterrâneas e a geração de percolado.

2.4 O Risco da Destinação de Floating Hose em Aterros Industriais

A NBR 13.896 (1997) define impermeabilização como sendo:

Deposição de camadas de materiais artificiais ou naturais, que impeça ou reduza substancialmente a infiltração no solo dos líquidos percolados, através da massa de resíduos. (p.1)

A impermeabilização deve ainda ter suficiente espessura e resistência, de modo a evitar rupturas devido a pressões hidrostáticas e hidrogeológicas, contato físico com o líquido percolado ou resíduo, condições climáticas e tensões da instalação da impermeabilização ou aquelas originárias da operação diária. Para a impermeabilização é utilizada manta de Polietileno de Alta Densidade (PEAD – Figura 7), com espessura de 2,0 mm.



| 101 |

Figura 7: Manta de PEAD – 2,0 mm

Fonte: Os autores (2016)

A manta de PEAD é disposta acima das tubulações de dreno de percolado, ficando à espera da deposição dos resíduos. Essa deposição é intercalada com camadas de argila impermeável, e sua compactação é realizada normalmente por tratores de esteira. Um aterro industrial é dinâmico, ou seja, sua estabilidade depende fundamentalmente das características físicas dos resíduos (peso específico e umidade *in situ*) e dos parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito), que estão relacionados diretamente com a forma de disposição e com o grau de compactação dos resíduos no aterro na fase de operação. Levantamentos topográficos são realizados, de forma a controlar e minimizar os impactos gerados por essa instabilidade.

Por este motivo e pela própria característica do resíduo, a destinação do *Floating Hose* em aterro industrial torna-se um risco para sua integridade, pois, com as movimentações dinâmicas e

normais da operação, o *Floating Hose*, além de ocupar um grande volume, poderá entrar em atrito com a manta de PEAD e perfurá-la, fazendo com que o risco de uma contaminação do solo por percolado, seja iminente (Figura 8).



| 102 |

Figura 8: Floating Hoses dispostos em aterro industrial

Fonte: Os autores (2016)

2.5 Manufatura Reversa como Forma de Valorização de Resíduos

A Manufatura Reversa é uma atividade relacionada à Logística Reversa. Segundo Leite (2003), a logística reversa é uma nova área da logística empresarial, concentrada principalmente no estudo dos fluxos reversos que fluem no sentido inverso ao da cadeia produtiva direta, a partir dos produtos descartados como pós-consumo ou dos produtos pós-venda, visando agregar-lhes valor de diversas naturezas, por meio da sua reintegração, de seus componentes ou materiais constituintes ao ciclo produtivo e de negócios.

Por ser uma técnica para reutilização ou destinação de resíduos oriundos de processos produtivos ou que tiveram o término da vida útil atingido, a manufatura reversa vem sendo amplamente aplicada como forma de valorização de resíduos. A valorização dos resíduos consiste em agregar valor aos materiais, fazendo com que estes, em vez de gerarem custo para suas devidas destinações, possam ser uma fonte econômica da cadeia produtiva.

A PNRS (2010) define por destinação final ambientalmente adequada:

a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema

Nacional de Meio Ambiente, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária e do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária. (p.2)

A manufatura reversa pode ser enquadrada como uma forma de recuperação do aproveitamento energético ora contido no resíduo, porém, por suas características, pode ser confundida com a reciclagem. Segundo a PNRS (2010), em seu parágrafo 19, inciso XII, o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos deverá prover mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda mediante a valorização dos resíduos sólidos (p.12).

2.6 Nota Técnica Ambiental para Exploração e Produção (E&P) de Petróleo e Gás Natural no Brasil

Devido ao crescimento das atividades de Exploração e Produção (E&P) de petróleo e gás natural no Brasil, nos últimos anos a preocupação com os impactos ambientais gerados por essas atividades aumentou. Tal preocupação tende a aumentar em virtude das concessões de novos blocos exploratórios e consequente entrada de novas empresas no país. Essa problemática levou o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a definir um conjunto de regras mais rígidas para o controle dessas atividades, buscando a padronização dos programas ambientais.

Em março de 2011, o IBAMA publicou a Nota Técnica CGPEG/DILIC/IBAMA Nº 01/11, definindo as premissas para a padronização do Projeto de Controle da Poluição (PCP), que consiste em uma diretriz para apresentação, implementação e para elaboração de relatórios nos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos marítimos de exploração e produção de petróleo e gás.

O IBAMA define a Nota Técnica como sendo:

um conjunto de procedimentos, tanto a bordo, nas unidades marítimas e embarcações inseridas nesses processos de licenciamento, quanto fora dessas unidades e embarcações, de modo a buscar a minimização da poluição advinda: da geração de resíduos a bordo, de sua disposição em terra, do descarte de rejeitos no mar e das emissões atmosféricas (p.3).

De acordo com a Nota Técnica CGPEG/DILIC/IBAMA Nº 01/11 (2011), o empreendedor terá que reportar a quantidade de resíduos gerada, armazenada e destinada, bem como as formas de tratamento e disposição utilizadas para cada tipo de resíduo, e ainda definir metas quantitativas para a redução da geração de resíduos na atividade de produção e escoamento, e metas percentuais para disposição de resíduos nas atividades de perfuração, e produção e escoamento.

Por meio da CGPEG/DILIC/IBAMA Nº 01/11 (2011), os objetivos previstos para minimização da geração de resíduos são:

- Gerar o mínimo possível de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas.
- Reciclar o máximo possível dos resíduos desembarcados.
- Proceder à disposição final adequada, isto é, de acordo com as normas legais vigentes,

- de todos os resíduos desembarcados e não reciclados.
- Buscar procedimentos que minimizem a poluição gerada pelas emissões atmosféricas e pelos resíduos sólidos e efluentes líquidos passíveis de descarte no mar; e
 - Aprimorar continuamente os procedimentos citados nos itens anteriores. (p.6)

A Nota Técnica define ainda um modelo de relatório para o Projeto de Controle da Poluição (PCP) que deverá ser elaborado pelas empresas, no qual deverá ser reportado o quantitativo de resíduos gerados, devendo ser entregue ao IBAMA em períodos pré-determinados.

Esses relatórios devem obedecer à localização geográfica definida pelo órgão ambiental. Neles devem-se identificar os empreendimentos de E&P de acordo com suas localizações, e devem ser elaborados obedecendo a sua atividade e sua localização

A Nota Técnica alterou as exigências relacionadas ao licenciamento das atividades de exploração, produção e escoamento de petróleo no Brasil, atrelando as formas de tratamento e disposição dos resíduos. Com isso, estabeleceu a disposição permanente em aterros como uma das últimas práticas a serem utilizadas. Vale ressaltar que os aterros foram a opção mais comum durante muito tempo no Brasil em razão de sua extensão territorial, do menor custo e do baixo emprego de tecnologia.

Diante da Nota Técnica, que determina a redução do envio dos resíduos para aterros, e levando em consideração que o *Floating Hose*, objeto da pesquisa, se caracteriza como um resíduo de borracha não contaminada oriundo das atividades de Exploração e Produção (E&P) de petróleo e gás natural, a aplicação das técnicas de manufatura reversa nesses mangotes surge como alternativa legalmente e ambientalmente correta, no sentido da redução de passivos ambientais, e economicamente viável, pelo fato da valorização dos resíduos.

| 104 |

3 Material e métodos

3.1 Material

No estudo de caso em questão, foram utilizados os materiais e equipamentos abaixo:

- Mangotes *Floating Hoses*;
- Trituradores Industriais;
- Detector de Metais;
- Tesoura Hidráulica;
- Escavadeira Hidráulica;
- Empilhadeira;
- Maçarico Oxi-corte;
- Caçambas Industriais;
- Tambores Metálicos;
- Cestas Metálicas;
- Sacos Plásticos.

3.2 Métodos

A pesquisa está baseada em métodos empírico-fenomenológicos, com descrições individuais e conexões causais obtidas por meio de interpretações oriundas das experiências de vida dos atores envolvidos, revisões literárias e documentais, além de entrevistas qualificadas (informantes-chave) com especialistas. Os dados empíricos foram coletados por meio de evento controlado, que, no caso da pesquisa, foram as informações relativas ao experimento de manufatura reversa do *Floating Hose*.

Foram feitas coletas e análise de dados quantitativos. Os resultados dos testes em campo foram utilizados para verificação da viabilidade da técnica de manufatura reversa para o *Floating Hose*, bem como para fazer um comparativo qualquantitativo com a destinação convencional do *Floating Hose*.

3.3 Objeto de Estudo

O estudo de caso se deu com um lote de 264 *Floating Hoses* que foram destinados como resíduo de borracha não contaminados por uma empresa que exerce atividades de Exploração e Produção (E&P) de petróleo e gás natural no Brasil para um aterro de resíduos não perigosos de uma empresa de porte médio, que possui uma participação ascendente no mercado de tratamento e destinação de resíduos no município de Macaé. Por ser uma líder em multissoluções ambientais para a indústria e por ser uma empresa especializada em multitecnologia para a gestão ambiental integrada de resíduos industriais, essa empresa, busca sempre o melhor aproveitamento e o uso eficiente dos recursos da cadeia produtiva. Em média são destinados cerca de 200 t/mês desse resíduo para esse aterro industrial (Figura 9), o que significa cerca de 50 *Floating Hoses*/mês, considerando um peso médio de 4 t/mangote.

| 105 |



Figura 9: Floating Hoses armazenados em aterro industrial

Fonte: Os autores (2016)

O aterro possui um quantitativo de aproximadamente 500 *Floating Hoses* armazenados em suas dependências, aguardando a sua devida destinação.

3.4 Manufatura Reversa dos *Floating Hoses*

Pelo fato do *Floating Hose* ter aproximadamente 10 metros de comprimento, cada mangote foi seccionado em 10 (dez) partes aproximadamente iguais, compostas por oito anéis e dois flanges (Figura 10). O seccionamento foi realizado por uma tesoura hidráulica acoplada em uma escavadeira hidráulica com capacidade de corte de 4 mangotes/h.



Figura 10: Floating Hoses separados em anel e flange

Fonte: Os autores (2016)

Após os mangotes serem picados pela tesoura hidráulica, de modo a ficarem separados em anel e flange, foi feita a descaracterização e separação do flange e dos metais que o compõem. A separação foi feita com a utilização de um maçarico oxi-corte (Figura 11).



Figura 11: Separação dos flanges e materiais metálicos

Fonte: Os autores (2016)

Com o apoio da empilhadeira, os anéis de borracha foram colocados na primeira linha de picagem (Figura 12), onde os materiais, após triturados, passaram por um detector de metais, com objetivo de separação da borracha, espuma e metal.



Figura 12: Anéis na primeira linha de Trituração

Fonte: Os autores (2016)

A capacidade do triturador utilizado foi de 1,5 ton/h, porém os materiais saíram com uma granulometria alta para sua destinação final (Figura 13).

| 107 |



Figura 13: Saída do material com granulometria alta

Fonte: O autor (2016)

Na segunda linha de picagem, a espuma e a borracha foram picadas a uma granulometria de 0,5 mm, granulometria capaz de suprir a necessidade de sua destinação final, que é a queima em fornos Clínquer, que são os fornos das cimenteiras (Figura 14).



Figura 14: Material com granulometria 0,5 mm

Fonte: Os autores (2016)

3.5 Composição dos Materiais Pós-Manufatura Reversa

| 108 | Após a técnica de manufatura reversa ter sido aplicada em todos os *Floating Hoses*, os materiais foram separados, e seus volumes computados separadamente. Para fins da pesquisa os materiais foram divididos em grupos, que são: borracha, metal e rejeito (Gráfico 1).

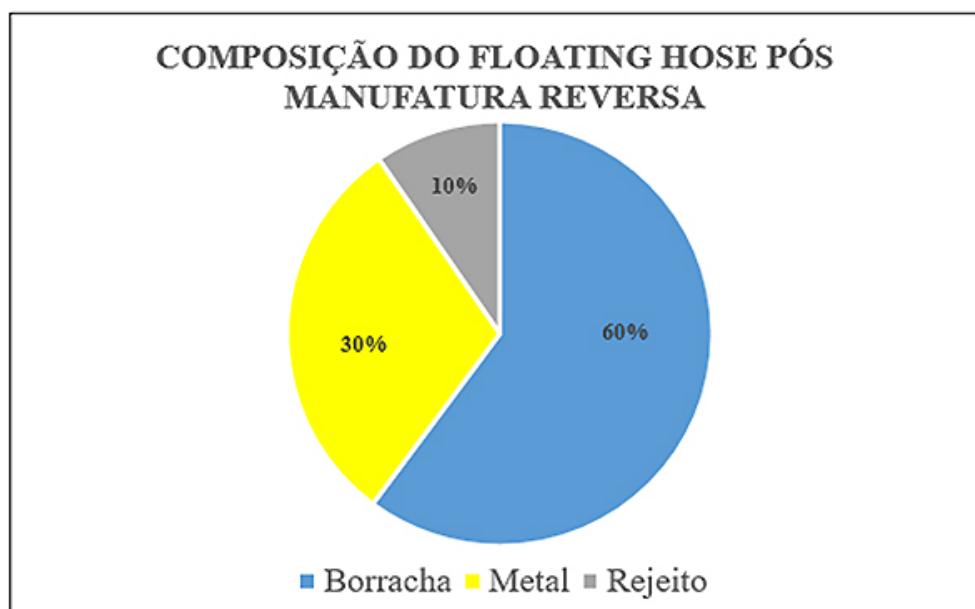


Gráfico 1: Composição do Floating Hose pós-manufatura reversa

Fonte: Os autores (2016)

Tomando como base o peso médio de cada *Floating Hose*, que é de 4 t, e de acordo com os percentuais encontrados para cada tipo de material que o compõe, chega-se ao volume de cada material.

A borracha foi o material com maior percentual encontrado na composição do *Floating Hose*, totalizando aproximadamente 2,40 t. Também com uma grande concentração na composição do *Floating Hose*, está o metal, com aproximadamente 1,21 t. Por fim, com aproximadamente 0,39 t, foi separado o rejeito, que corresponde ao material sem valor agregado, que não terá sua destinação computada nesta pesquisa.

Considerando que a técnica de manufatura reversa foi aplicada a todo o lote dos *Floating Hoses*, isto é, a 264 unidades, perfazendo um volume total de 1.056 ton, os volumes encontrados de cada material para o lote foram: 635 t de borracha, 318 t de metal e 103 t de rejeito.

4 Resultados e Discussões

Para análise dos resultados obtidos por meio da pesquisa, algumas premissas foram adotadas, quais sejam:

- 22 dias/mês foi a quantidade de dias trabalhados mensalmente;
- 8 h/dia foi a quantidade de horas trabalhadas em uma jornada diária de trabalho;
- Apenas um turno de trabalho;
- Capacidade das linhas de picagem – 1,5 t/h;
- Eficiência da tesoura hidráulica – 4 *Floating Hoses*/hora;
- A mão de obra utilizada foi a da própria empresa;
- O triturador e a tesoura hidráulica foram locados;
- A destinação adotada para a borracha triturada foram os fornos de cimenteira, com um custo de R\$ 50,00/t;
- A destinação para o metal foram as fundições de metal, com a receita de R\$ 170,00/t;
- Os rejeitos foram destinados para aterro industrial, com um custo de R\$ 75,00/t;
- O lote de *Floating Hoses* entrou no aterro industrial a uma receita de R\$ 704,00/t.

| 109 |

Dante desse cenário, foram necessários um total de 63 dias para aplicação da técnica de manufatura reversa no lote de 264 *Floating Hoses*, de forma que todos os materiais estivessem aptos a serem destinados em suas respectivas tecnologias.

Os custos operacionais para processamento do lote foram divididos em grupos: Mão de obra, insumos/combustível, manutenção, destinação, frete, aluguel e outros custos (Gráfico 2).

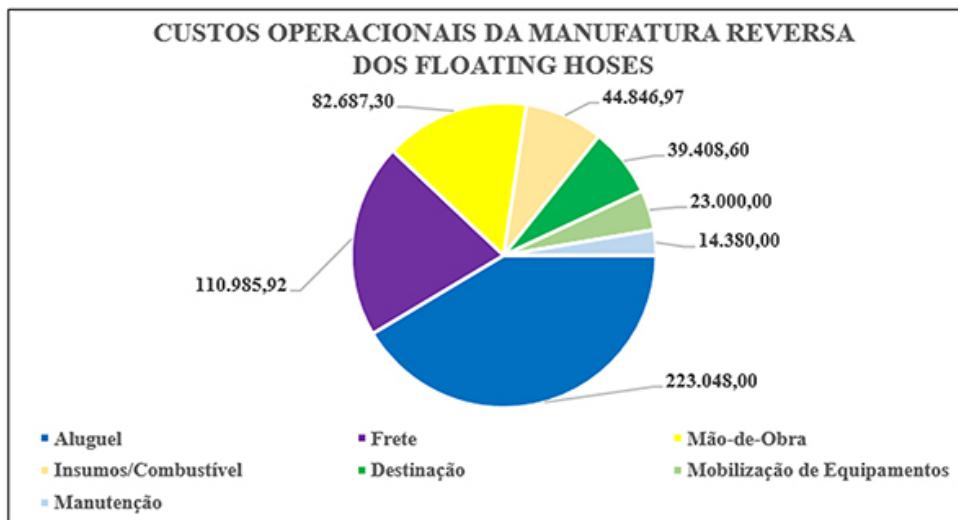


Gráfico 2: Composição dos custos operacionais da manufatura reversa dos Floating Hoses

Fonte: Os autores (2016)

Os custos operacionais totais para a aplicação da técnica de manufatura reversa nos *Floating Hoses* foram de R\$ 538.356,79.

Considerando que a receita de entrada (Gráfico 3) dos *Floating Hoses* no aterro industrial foi de R\$ 704,00/t e que a receita da destinação do metal foi R\$ 170,00/kg, obteve-se:

| 110 |

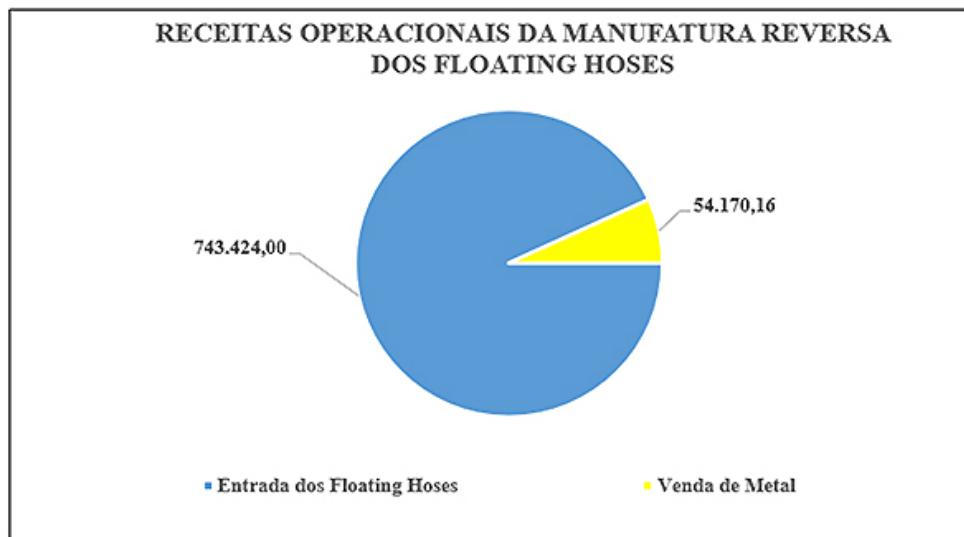


Gráfico 3: Composição das receitas operacionais da manufatura reversa dos Floating Hoses

Fonte: Os autores, (2016)

As receitas operacionais totais para a aplicação da técnica de manufatura reversa nos *Floating Hoses* foram de R\$ 797.594,16.

Aplicando o conceito da análise financeira para obtenção da margem bruta (Quadro 1) da aplicação da técnica de manufatura reversa nos *Floating Hoses*, chegou-se ao seguinte resultado:

ANÁLISE FINANCEIRA - MANUFATURA REVERSA DOS FLOATING HOSES					
CUSTOS OPERACIONAIS			RECEITAS		
Item	Empreitada	(R\$/ton)	Item	Valor Total	Margem
Mão de Obra	R\$ 82.687,30	R\$ 78,30	Receita Bruta	R\$ 797.594,16	100,00%
Insumos/Combustíveis	R\$ 44.846,97	R\$ 42,47	Imposto ¹	-R\$ 115.651,15	-14,50%
Manutenção	R\$ 14.380,00	R\$ 13,62	Receita Líquida ²	R\$ 681.943,01	85,50%
Destinação	R\$ 39.408,60	R\$ 37,32	Custos Operacionais ³	-R\$ 538.356,79	-75,80%
Frete	R\$ 110.985,92	R\$ 105,10	Margem Bruta ³	R\$ 143.586,22	18,00%
Aluguel	R\$ 223.048,00	R\$ 211,22			
Mobilização de Equipamentos	R\$ 23.000,00	R\$ 21,78			
TOTAL	R\$ 538.356,79	R\$ 509,81			

Quadro 1: Análise financeira da aplicação da técnica de manufatura reversa dos *Floating Hoses*

Observando o quadro acima, fica evidente o resultado, em que a aplicação da técnica de manufatura reversa nos *Floating Hoses* apresentou uma margem bruta de 18%, ou seja, um lucro de R\$ 143.586,22.

4.1 Destinação Convencional e Manufatura Reversa dos *Floating Hoses* – Relação Custo-Benefício

| 111 |

Para fins de comparação entre a destinação convencional e a técnica de manufatura reversa dos *Floating Hoses*, foram utilizados os custos médios mensais do aterro industrial (Gráfico 4) para onde os mangotes foram destinados. Os custos operacionais de um aterro podem variar, porém, basicamente, estão divididos em: mão de obra, aluguel, serviços de terceiros, materiais aplicados a produção e depreciação/amortização.

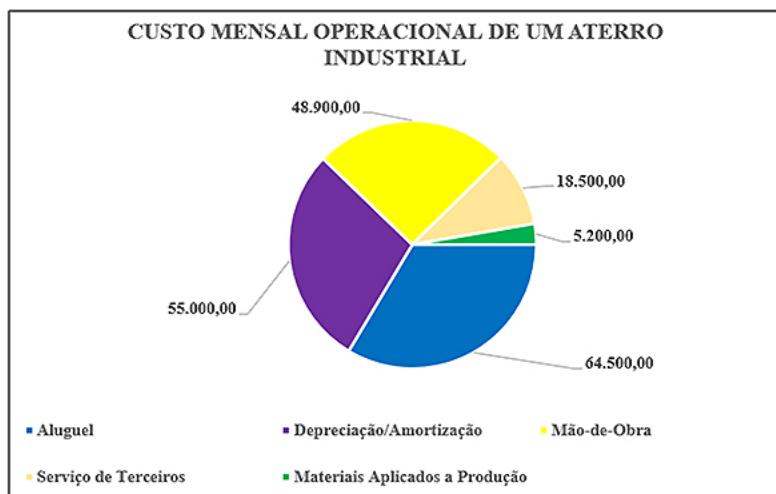


Gráfico 4: Composição do custo mensal operacional de um aterro industrial

Fonte: Os autores (2016)

O custo operacional médio mensal de um aterro industrial é R\$ 192.100,00. Considerando o valor de R\$ 240,00/t como sendo o valor médio da receita de destinação para o *Floating Hose* em um aterro industrial e considerando ainda que, para a devida destinação do lote em estudo, seriam necessários 22 dias de trabalho, ou seja, um mês, aplicou-se, então, o conceito de análise financeira para obtenção da margem bruta dessa operação (Quadro 2):

ANÁLISE FINANCEIRA - DESTINAÇÃO CONVENCIONAL DOS FLOATING HOSES					
CUSTOS OPERACIONAIS			RECEITAS		
Item	Empreitada	(R\$/ton)	Item	Valor Total	Margem
Aluguel	R\$ 64.500,00	R\$ 61,08	Receita Bruta	R\$ 253.440,00	100,00%
Depreciação/Amortização	R\$ 55.000,00	R\$ 52,08	Imposto ¹	-R\$ 36.748,80	-14,50%
Mão de Obra	R\$ 48.900,00	R\$ 46,31	Receita Líquida ²	R\$ 216.691,20	85,50%
Serviços de Terceiros	R\$ 18.500,00	R\$ 17,52	Custos Operacionais	-R\$ 192.100,00	-75,80%
Materiais Aplicados a Produção	R\$ 5.200,00	R\$ 4,92	Margem Bruta ³	R\$ 24.591,20	9,70%
TOTAL	R\$ 192.100,00	R\$ 181,91			

1 - Os impostos podem variar de acordo com a região;
 2 - A receita líquida foi obtida a partir da retirada do valor dos impostos da receita bruta;
 3 - A margem bruta é o valor da receita líquida após a retirada dos custos operacionais.

Quadro 2: Análise financeira da destinação convencional dos Floating Hoses

De posse de todos os resultados obtidos, foi feito um comparativo qualquantitativo (Quadro 3) da aplicação da técnica de manufatura reversa com a destinação convencional dos *Floating Hoses*, de forma a estabelecer uma relação custo-benefício.

DESTINAÇÃO CONVENCIONAL E MANUFATURA REVERSA DOS FLOATING HOSES - CUSTO - BENEFÍCIO		
ITEM	DESTINAÇÃO CONVENCIONAL	MANUFATURA REVERSA
Está de acordo com a Nota Técnica do IBAMA 01/11?	NÃO	SIM
Tem Risco de Passivo Ambiental?	SIM	NÃO
Valor Médio da Destinação	R\$ 240,00/ton	R\$ 704,00/ton
Custos Operacionais	R\$ 192.100,00	R\$ 538.356,79
Indicador do Custos Operacional	R\$ 181,91/ton	R\$ 509,81/ton
Receita Bruta	R\$ 253.440,00	R\$ 797.594,16
Margem Bruta	9,70%	18,00%
LUCRO	R\$ 24.591,20	R\$ 143.586,22

Quadro 3: Comparativo qualquantitativo das técnicas de destinação

5 Conclusão

Analisando o quadro comparativo qualquantitativo da aplicação da técnica de manufatura reversa com a destinação convencional dos *Floating Hoses*, fica evidente que a primeira, apesar de

ter seus custos operacionais maiores do que a destinação convencional, tem uma margem bruta maior. Ou seja, o lucro da técnica de manufatura reversa com relação à destinação convencional chega próximo do dobro.

Em uma análise qualitativa, fica claro, no decorrer da pesquisa, o risco de possíveis danos ambientais por conta da destinação convencional dos *Floating Hoses* em um aterro industrial. Além disso, na Nota Técnica 01/11 do IBAMA, fica evidenciada a determinação para redução da destinação de resíduos oriundos das atividades de Exploração e Produção (E&P) de petróleo e gás natural em aterros, o que vem de encontro à destinação convencional.

Em uma busca incessante de técnicas ambientalmente corretas e economicamente viáveis para destinação de resíduos sólidos, a aplicação da técnica de manufatura reversa dos *Floating Hoses* se mostra bastante promissora.

Porém, para desenvolvimento da técnica em escala industrial, um ponto deverá ser analisado: a viabilidade econômica da implantação de uma linha de manufatura reversa para uma escala maior, levando em consideração um lote mínimo de recebimento, comparando-a com a locação mensal dos equipamentos.

Referências

ABETRE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS. *Panorama das Estimativas de Geração de Resíduos Industriais*. Relatório Final. São Paulo, 2003.

| 113 |

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR - 10.004: Resíduos sólidos – classificação*. 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR – 13.896: Aterros de Resíduos Não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação*. 1997.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR – 16.156: estabelece as normas e diretrizes para proteção ao meio ambiente e para controle de riscos de segurança e saúde no trabalho de atividade de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos*. 2014.

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*. São Paulo, 2014.

ALBARELLI, J. Q.; SANTOS, D. T. S.; HOLANDA, M. R. Estudo da Viabilidade Econômica de Centrais de Cogeração Utilizando Resíduo Sólido Municipal. *Revista Analytica*, São Paulo, n. 29, p. 70-76, jun./jul. 2007.

ATERROS Sanitários. *Quem sou eu? Visualização Lateral*. Google. Disponível em: < <http://aterrossanitarios.blogspot.com.br> >. Acesso em: 20 jun. 2016.

BARRETO, E. J. F.; PINHO, J. T. *Sistemas Híbridos: Soluções Energéticas para a Amazônia*. 1^a Ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

BIDONE, F. A. *Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização*. Rio de Janeiro: ABES. PROSAB 2. 240 p.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 23 dez. 2010.

BURANI, G. F.; GRIMONI, J. A. B.; RIBEIRO, F. S.; UDAETA, M. E. M. *Cogeração Através de Aproveitamentos Energéticos a partir de Resíduos Urbanos*. Instituto de Energia e Eletricidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. *Política Nacional dos resíduos sólidos*. 2. ed. 2012.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA nº 316*. Brasília, 2002.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE –*Resolução CONAMA nº 382*. Brasília, 2006.

COSTA, A. P. *Estudo de uma nova concepção de linhas de mangotes para transferência de óleo no mar*. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado) – COPPE. UFRJ, 2007.

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS. *Determinação de Análises Laboratoriais*. MA.LB.01.04. Rev. 04, Magé, RJ, 2014.

FERREIRA, A. Z. G. *Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos pelo Processo de Incineração: Análise Técnica e Ambiental*. USP, São Paulo, 2013.

HINRICHES, R. A.; KLEINBACH, M. *Energia e Meio Ambiente*. Tradução da 3ª Edição Norte-Americana. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

IBAMA. Diretrizes para apresentação, implementação e para elaboração de relatórios, nos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos marítimos de exploração e produção de petróleo e gás. *Nota técnica CGPEG/DILIC/IBAMA n. 01/11*, 2011.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais*. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.

ISS INDUSTRIAL & SHIP SERVICES BV. *Floating Hose*. Google. Disponível em: < http://www.iss-technologie.com/?Hoses:Floating_hoses >. Acesso em: 15 jun. 2016.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A. Introdução à Gestão Ambiental de Resíduos. *Infarma – Informativo Profissional do Conselho Federal de Farmácia*, Brasília, v. 16, n. 11/12, p. 67-77, 2004.

MODEC. *FPSO Cidade de Mangaratiba MV24*. Google. Disponível em: < http://www.modec.com/fps/fpsos_fso/projects/cernambi.html >. Acesso em: 15 jun. 2016.

MORGADO, T. C.; FERREIRA, O. M. *Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, Aproveitamento na Cogeração de Energia. Estudo para Região Metropolitana de Goiânia*. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2006.

NOTA Técnica DEN 06/08: Avaliação Preliminar do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS. 2008. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética; Brasília: Ministério das Minas de Energia, 2008.

OCIMF. *Guide to Purchasing, Manufacturing and Testing of Loading and Discharge Hoses for Offshore Moorings*. Londres, Inglaterra: Witherbyd & CO. LTDA, 1991.

PAVAN, M. C. O. *Geração de Energia a partir de Resíduos Sólidos Urbanos: Avaliação e Diretrizes para Tecnologias Potencialmente Aplicáveis no Brasil*. 2010. 187 f. Tese (Doutorando em Energia) - Programa de Pós-Graduação em Energia – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

REIS, L. B. *Geração de Energia Elétrica: Tecnologia, Inserção Ambiental, Planejamento, Operação e Análise de Viabilidade*. 3. ed. Barueri, SP: Manole, 2003.

SANETAL ENGENHARIA E CONSULTORIA. *Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Valinhos, SP*. Agosto 2011.

SCHALCH, V. *Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos*. São Carlos: Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, 2002.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. *Resolução SMA 079*. Brasília, 2009.

SIQUEIRA, A. Resíduos Sólidos: da Classificação à Disposição Final. *Revista Fármacos & Medicamentos*, Editorial Racine, p. 10 – 16, jan/fev. 2001.

SOARES, E. L. S. F. *Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos*. COPPE. UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.