



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

THAYS KAROLYNE BARBOSA LIRA

**CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL EM PÁTIO DE ARMAZENAMENTO DE
COQUE VERDE DE PETRÓLEO**

CAMPINA GRANDE - PB
2012

THAYS KAROLYNE BARBOSA LIRA

CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL EM PÁTIO DE ARMAZENAMENTO DE
COQUE VERDE DE PETRÓLEO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito obrigatório para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira

CAMPINA GRANDE - PB
2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

L768c Lira, Thays Karolyne Barbosa.
Controle da poluição ambiental em pátio de armazenamento de coque verde de petróleo. [manuscrito] /Thays Karolyne Barbosa Lira - 2012.
42f.: il. Color

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2012.

“Orientação: Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental”.

1. Coque Verde Petróleo. 2. Pátio de Armazenamento.
3. Impactos Ambientais. I. Título.

21. ed. CDD 363.728 5

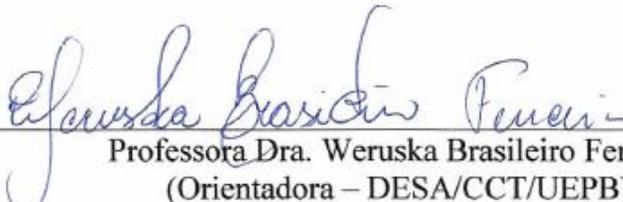
THAYS KAROLYNE BARBOSA LIRA

CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL EM PÁTIO DE ARMAZENAMENTO DE
COQUE VERDE DE PETRÓLEO

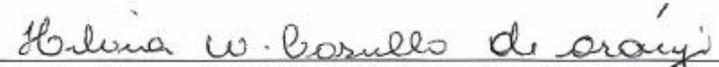
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito obrigatório para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em: 30/11/2012
Nota: 10,0 (dez)

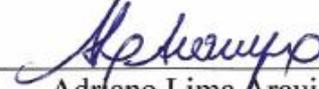
Examinadores:



Professora Dra. Weruska Brasileiro Ferreira
(Orientadora – DESA/CCT/UEPB)



Professora Dr^a. Hélivia Waleska Casullo de Araújo
(Examinadora – DEQ/CCT/UEPB)



Adriano Lima Araujo
(Examinador – Engenheiro Sanitarista e Ambiental - UFPA)

A Deus por Sua presença ao meu lado durante esta caminhada, dando força e coragem para superar cada desafio. A minha família que foi fundamental para a concretização desse sonho, por todo esforço, compreensão e amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre ilumina meus caminhos. Foi Ele quem guiou meus passos até aqui, e sem que eu precise pedir, auxilia nas minhas escolhas e me conforta nas horas difíceis.

Aos meus pais, Maria José Barbosa Lira e Ademir Araújo Lira, pelo amor e apoio incondicional, portodo carinho, cuidado e dedicação. Foram vocês que muitas vezes deram a força e segurança de que precisava para seguir em frente. Serei eternamente grata pela confiança em mim depositada.

Ao meu irmão Arthur Ismael Barbosa Lira e minha irmã Thacyanne Katarynne Barbosa Lira, obrigada por trazerem mais alegria à minha vida. Agradeço a compreensão nos momentos em que precisei de silêncio e por estarem sempre ao meu lado, torcendo pelo meu sucesso.

Agradeço a todos os familiares que, mesmo de longe, também fizeram parte dessa conquista.

Vó Mariza, Tia Nane e Tia Lita, serei sempre grata por me receberem no começo dessa jornada, o apoio de vocês me ajudaram a acreditar que eu conseguiria.

Ao meu noivo, Daniel Delosmar, que se não fosse sua confiança em mim, teria sido muito mais difícil. Agradeço a compreensão por minhas ausências, a serenidade com que tratou todas as situações, e agradeço, acima de tudo, o amor a mim dedicado, que me fez renovar as esperanças a cada nova semana, nesses últimos cinco anos.

Aos colegas do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, pelas alegrias, tristezas e ansiedades compartilhadas. E aos mais que colegas, agradeço por ter encontrado no curso pessoas tão especiais, verdadeiros amigos.

A Marlon, que sempre esteve do meu lado, amigo, companheiro e maior incentivador. Foram seus conselhos e palavras de coragem que me deram a certeza de que posso ir muito mais além. Wilza, amiga indispensável, que acabamos por assumir um pouco da personalidade uma da outra durante essa jornada; Andretti, vou levar sempre comigo a calma e paciência que você transmite. Com vocês as noites de estudos foram muito mais proveitosas. E Juscelino, que sempre disposto a ajudar, foi por muitas vezes meu exemplo de força de vontade. Minha casa estará sempre de portas abertas para vocês.

A professora Weruska Brasileiro, que além de minha orientadora, tenho nela uma amiga, que sempre me aconselhou profissionalmente e pessoalmente. Agradeço também sua total flexibilidade nos horários de atendimento, por entender minhas necessidades nesses últimos dias.

À banca examinadora composta pela professora Hέλvia Waleska Casullo, que gentilmente aceitou avaliar este trabalho, e Adriano Lima Araujo, pela disponibilidade em participar da minha banca, bem como pela oportunidade de crescimento profissional, atençāo e orientaçōes dispensadas a mim.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, que contribuíram significativamente para meu desempenho acadêmico, e alguns até para minha postura pessoal e profissional. Bem como os funcionários e técnicos de laboratório do CCT – UEPB, que estiveram presentes e me auxiliaram nas atividades de monitoria.

E a todos que contribuíram para o êxito deste trabalho, sou grata.

*“O SENHOR é o meu pastor, nada me falta.
Ele me faz descansar em verdes prados, águas
tranquilas me conduz.
Restaura minhas forças, guia-me pelo
caminho certo, por amor do seu nome.
Se eu tiver de andar por vale escuro,
não temerei mal nenhum, pois comigo estás.
O teu bastão e teu cajado me dão segurança.
Diante de mim preparas uma mesa aos olhos
de meus inimigos; unges com óleo minha
cabeça, meu cálice transborda.
Felicidade e graça vão me acompanhar todos
os dias da minha vida e vou morar na casa do
Senhor por muitíssimos anos.”*

Salmo 23

RESUMO

O coque verde de petróleo é um subproduto do refino de petróleo que representa 5 a 10% de todo petróleo que entra na refinaria. Considerado um resíduo problemático é, por outro lado, uma importante fonte alternativa na matriz energética. Algumas empresas exercem a atividade de estocagem e distribuição para o consumidor final, como cimenteiras e gesseiras. A área de estudo foi um pátio de armazenamento de coque verde de petróleo, localizado no município de Cabedelo – PB, cujo apresentou como principais aspectos ambientais adversos, a poeira fugitiva em épocas de seca, ocasionada pela ação dos ventos nas pilhas de material estocado, bem como por ocasião de seu manuseio; e a erosão das pilhas de coque em épocas de chuvas e pela aspersão praticada pelo empreendimento. Como consequência, os impactos apresentados foram a poluição atmosférica local juntamente com a deposição de partículas de coque nas adjacências do empreendimento, e a alta concentração de sólidos presentes no efluente oriundo da drenagem da área do pátio. Os estudos revelaram que a grande maioria dos impactos negativos que o empreendimento pode causar na região, tem meios alternativos de evitar. Nesse sentido, o uso de técnicas de reduções de impactos ambientais torna-se importante na interação de sua mitigação, principalmente quando proporcionam melhorias na redução de custos de implantação e operação.

PALAVRAS-CHAVE: Coque verde de petróleo, Pátio de armazenamento, Impactos ambientais, Medidas mitigadoras.

ABSTRACT

The petroleum green coke is a by-product from the petroleum refining that represents 5-10% of the petroleum that comes to the refinery. Despite of being considered a problematic waste, it is an important alternative source in the matrix energetic. Some companies perform the storage and distribution activity to the final consumer, like cement and plaster industries. The study area was a storage courtyard of petroleum green coke, located in municipality of Cabedelo - PB, which presented as main adverse environmental aspects the fugitive dust in dry season, occasioned by the action of the winds against the heaps of storage material and due to its handling; and the erosion of the coke heaps due to rain seasons and due to the sprinkling practiced by the enterprise. As a consequence, the impacts were the local atmospheric pollution along with the deposition of coke particles around the enterprise, as well as the high concentration of solids present in the effluent arising from the drainage in the courtyard area. The studies revealed that the most part of the negative impacts caused by the enterprise in region can be avoided. In order to this, the use of reductions techniques of environmental impacts becomes important to mitigate these negative impacts, especially when they provide improvements like reduction of implantation and operation costs.

KEYWORDS: Petroleum green coke, Storage courtyard, Environmental impacts, Mitigation measures.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Impurezas do <i>petcoke</i> .	15
Figura 2 – Operação portuária para descarga de coque.	18
Figura 3 – Localização do município de Cabedelo.	20
Figura 4 – Posição geográfica do Porto de Cabedelo em relação a outros continentes.	21
Figura 5 - Esquema demonstrativo de 01 unidade de tratamento.	23
Figura 6 – Gráfico da precipitação média mensal.	25
Figura 7 – Descarregamento do caminhão para o solo.	26
Figura 8 – Arrumação do coque verde de petróleo na forma de pilhas.	26
Figura 9 – Unidade de peneiramento.	27
Figura 10 – Carregamento de caminhão com coque sem umectação.	28
Figura 11 – Carregamento de caminhão com coque devidamente umectado.	28
Figura 12 – Procedimento de irrigação (aspersão) das pilhas de coque.	30
Figura 13 – Erosão das pilhas de coque pela irrigação.	32
Figura 14 – Projeção da instalação de barreira de sedimentos em pilha de coque, com via e canaletas desobstruídas.	32
Figura 15 – Sólidos retidos a montante das grades na canaleta.	33
Figura 16 – Aspersion funcionando com efluente proveniente da ETE.	34
Figura 17 – Planta do sistema desaguador de lodo e sedimentos.	35
Figura 18 – Limpeza do canal de decantação por empresa terceirizada.	36
Figura 19 – Exemplo de sistema lavador de veículo proposto.	36
Quadro 1 – Plano de ação para controle da poluição ambiental em pátios de armazenamento de coque verde de petróleo.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição típica do coque de petróleo.	15
Tabela 2 – Composição típica do coque verde de petróleo.	16
Tabela 3 – Distribuição granulométrica de uma amostra de coque verde de petróleo.	27
Tabela 4 – Caracterização dos efluentes bruto e tratado de empresa distribuidora de coque verde de petróleo.	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1	COQUE DE PETRÓLEO.....	13
3.1.1	Composição do coque de petróleo.....	14
3.2	COQUE VERDE DE PETRÓLEO	16
3.3	O USO DO COQUE DE PETRÓLEO	17
3.4	OPERAÇÕES DE CARGA, DESCARGA E ARMAZENAMENTO DE COQUE VERDE DE PETRÓLEO	17
3.4.1	Recomendações de manuseio	18
3.4.2	Impactos ambientais	19
4	METODOLOGIA.....	20
4.1	ÁREA DE ESTUDO	20
4.1.1	Município de Cabedelo.....	20
4.1.2	Área Portuária.....	20
4.1.3	Pátio de Armazenamento.....	21
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	22
4.2.1	Pilhas de Coque	22
4.2.2	Unidade industrial de processamento	22
4.2.3	Sistema de drenagem superficial	22
4.2.4	Sistema de Tratamento dos Efluentes.....	22
4.2.5	Barreira verde	24
4.2.6	Suprimento de água para aspersão das pilhas.....	24
4.3	ESTUDOS REALIZADOS	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
5.1	IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS POR ETAPA DE OPERAÇÃO	26
5.2	MEDIDAS PARA O CONTROLE DA POLUIÇÃO	30
5.3	PLANO DE AÇÃO PARA O MEIO AMBIENTE.....	37
6	CONCLUSÕES.....	39
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

Nas refinarias de petróleo, produtos úteis como gasolina, querosene de aviação, óleo diesel, óleos para motores e ceras são separados do petróleo bruto, deixando um resíduo pesado, parecido com alcatrão. É possível extrair outro produto deste resíduo pesado, ao processá-lo a alta temperatura e pressão, para craquear moléculas grandes em moléculas menores. Este processo, conhecido como coqueamento, deixa como resíduo uma substância dura, semelhante ao carvão mineral, chamado coque de petróleo. Este consiste principalmente em carbono, com quantidades menores de hidrocarbonetos (petróleo) e enxofre, mais vestígios de metais (API e *Petroleum HPV*, 2007).

Esta categoria inclui o coque calcinado e o coque verde de petróleo, sendo o último um subproduto do refino de petróleo que representa 5 a 10% de todo petróleo que entra na refinaria. Considerado um resíduo problemático é, por outro lado, uma importante fonte alternativa na matriz energética (OLIVEIRA FILHO & PEREIRA, 2011).

O maior produtor de coque de petróleo são os EUA, respondendo por cerca de 66 % da produção mundial. Em linhas gerais, 40% da utilização do coque de petróleo no mundo estão concentradas no uso como fonte de energia do próprio setor petrolífero, 16% na indústria do cimento e 14% nas termoelétricas. Nas duas últimas décadas, a produção de coque de petróleo vem aumentando a cada ano, sugerindo a intensificação dos problemas ambientais quando o coque de petróleo de alto teor de enxofre for utilizado (CHEN; LU, 2007).

Em pátios de armazenamento de coque de petróleo os principais impactos estão relacionados à poluição atmosférica, uma vez que a ação do vento nas pilhas de coque em áreas de armazenagem e as operações de manuseio de carga e descarga do produto, dão origem a suspensão de partículas, causando assim uma poluição atmosférica no entorno do empreendimento.

Segundo Marques (2011), uma forma de mitigar tal poluição seria manter tais áreas umedecidas por meio de um sistema de irrigação. No entanto, essa prática acaba por gerar efluentes líquidos com características potencialmente poluidoras dos recursos hídricos e solos do entorno do empreendimento.

Nesse sentido, é importante conhecer os impactos ambientais oriundos da atividade de armazenagem desse produto para que as decisões sejam tomadas visando ações de melhorias e controle ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Levantar as possíveis fontes de poluição ambiental relacionadas à operação de armazenamento e distribuição de coque de petróleo em instalações retroportuárias, visando à adoção de medidas mitigadoras dos danos ambientais identificados em todo processo operacional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a atividade de armazenamento de coque verde de petróleo visando identificar as etapas e aspectos causadores dos principais impactos ambientais;
- Analisar os aspectos e impactos ambientais causados por dispersão atmosférica proveniente do manuseio do coque verde de petróleo;
- Analisar os aspectos e impactos ambientais causados pelos resíduos líquidos oriundos das atividades de armazenamento de coque, bem como o tratamento adotado para o mesmo;
- Analisar as medidas mitigadoras adotadas em uma empresa de armazenamento e distribuição de coque e sua eficiência na minimização do impacto ambiental;
- Propor as medidas mitigadoras cabíveis para cada aspecto causador de poluição identificado na atividade de armazenamento de coque visando minimizar os impactos ambientais.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apesar da importância para o desenvolvimento de um país, região e/ou estado, mesmo sendo o principal meio de intercâmbio econômico, por onde passam 90% de toda mercadoria comercializada no mundo, as atividades desenvolvidas nos portos são consideradas impactantes (KITZMAN; ASMUS, 2006). De modo geral, em operações portuárias com coque de petróleo, bem como no seu armazenamento em pátios de estocagem, destaca-se como um dos principais passivos ambientais a liberação de material particulado para atmosfera. Por isso, segundo Oliveira Filho & Pereira (2011), conhecer os aspectos e impactos ambientais inerentes a esta operação contribuirá para que as decisões estratégicas não ignorem a questão ambiental e assim, possam realizar ações mitigadoras visando à redução dos danos ao meio ambiente, causados em todo processo.

3.1 COQUE DE PETRÓLEO

Segundo Santos (2007) a história do processo de coqueamento do petróleo iniciou-se nas pioneiras refinarias em Northwestern, na Pennsylvania na década de 1860. Para extrair as frações mais valiosas e leves como gasolina, as refinarias passam os sedimentos mais pesados por uma unidade de coqueamento. O coque de petróleo é o único derivado sólido do petróleo, sendo este um subproduto da coluna de destilação do petróleo. Segundo Janssen e Roussel (1991, *apud* MENDEZ, 2005), coque de petróleo é um sólido escuro composto de carbono, produzido a partir da decomposição térmica e polimerização de hidrocarbonetos líquidos pesados derivados do óleo cru. Sua aparência é de um material granular de cor negra que se assemelha ao carvão (COMMANDRÉ E SALVADOR, 2005).

Nos Estados Unidos, cerca de 35 refinarias produzem coque de petróleo em quantidades apreciáveis (mais de 1000 t/dia) (DYNAMIS, 2004). Esse número lhes garante o posto de maior produtor de coque de petróleo, respondendo por cerca de 66% da produção mundial. Tal fato se deve à deterioração da qualidade dos petróleos processados em suas refinarias, uma vez que os EUA importa petróleo de vários países, e, conseqüentemente, quanto maior o processamento de petróleos mais pesados, maior será a produção de frações mais pesadas, obrigando a aumentar o número das unidades produtoras de coque de petróleo (SWAIN, 1997; 2003 *apud* SANTOS, 2007).

Até 1934 o coque de petróleo era considerado apenas um resíduo e descartado no meio ambiente. Desde então, por ser uma rica fonte de carbono, de fator energético, e por conter baixo teor de cinzas, tornou-se um produto essencial para diversas indústrias (UNIMETAL, 2012).

De acordo com a CONCAWE (1993), o coque de petróleo existe nas seguintes formas básicas:

- Coque verde: produto imediato de um processo semicontínuo de coqueamento, conhecido como coqueamento de processo retardado, que contém um teor significativo de hidrocarbonetos residuais;
- Coque calcinado: produto derivado do coque verde, no qual os hidrocarbonetos foram removidos por aquecimento sob condições redutoras em fornos a temperaturas superiores a 1200°C. Este processo de calcinação retira quase todo o óleo residual, de forma que o coque calcinado consiste principalmente em carbono puro, com vestígios de enxofre e metais. O menor conteúdo de óleo torna o coque calcinado um material mais poeirento que coque verde. O coque calcinado é utilizado para fazer grafite sintético e eletrodos para fornos de fundição.
- Coque de processo fluido: produto de um processo contínuo de coqueamento em assento fluidificado. Possui grãos esféricos, cujo tamanho é inferior a 6mm;
- Flexicoque: similar ao coque de processo fluido, mas contém material ainda menos volátil e tem grãos muito mais finos.

3.1.1 Composição do coque de petróleo

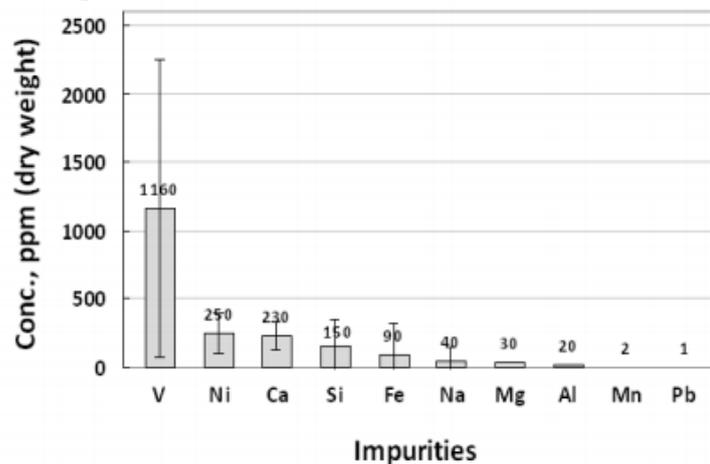
As propriedades de um coque de petróleo tem relação direta com a fonte de óleo bruto da matéria-prima e com o processo específico usado. No entanto, em termos gerais, as composições dos coques de petróleo tipicamente residem nas faixas apresentadas na Tabela 1. Segundo Bernardo (2009), seu poder calorífico varia entre 33.640 a 37.700 KJ/Kg. Também conhecido como *petroleum coke*, *petcoke*, ou apenas *coke*, os altos teores de C, S, e H (> 95% de seu peso), contidos no *petcoke*, são responsáveis pelo seu poder calorífico relativamente alto (DIETEL *et al*, 2010).

Tabela 1 – Composição típica do coque de petróleo.

	Média	Variação
C, % de peso	86	81-89
S, % de peso	5,5	2-7
H, % de peso	3,6	2-5
N, % de peso	1,8	1-4
O, % de peso	1,7	0-3
Voláteis, % de peso	11	5-16
Cinzas, % de peso	1,2	0-6
Poder calorífico, MJ/kg	35	33-35

Fonte: Commandré e Salvador, 2005.

O percentual de enxofre na composição do coque de petróleo, considerado alto para questões de controle ambiental, implica num baixo custo do produto, pois o usuário deste combustível terá que investir em equipamentos capazes de capturar os poluentes gerados, conhecidos como SO_x, que pode provocar diversos efeitos adversos ao meio ambiente, como por exemplo a chuva ácida. A Figura 1 mostra as principais impurezas do *petcoke*. Destas, o Vanádio (V) é de longe a maior impureza, com uma concentração média cerca de 1160 ppm, variando de 350 para 2500 ppm (DIETEL *et al*, 2010). O vanádio é considerado um dos principais elementos indicadores de poluição do ar proveniente da queima de combustíveis fósseis, devido sua associação com petróleo e carvão (NEVES, 2005).

Figura 1 – Impurezas do *petcoke*.

Fonte: DIETEL *et al*, 2010

3.2 COQUE VERDE DE PETRÓLEO

No Brasil, desde 1920, o processo de coqueamento retardado vem sendo utilizado e aperfeiçoado, contudo a primeira refinaria da Petrobras a produzir o Coque Verde de Petróleo (CVP) foi a RPBC - Refinaria de Presidente Bernardis em Cubatão, São Paulo - em 1972 e as demais unidades implantadas posteriormente, foram motivadas pelas características do petróleo nacional.

O coque verde tem um odor distinto de hidrocarbonetos, podendo conter até 15% de material volátil, incluindo hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) (CONCAWE, 1993). De acordo Norma Técnica CPRH N° 1.007 - Condições para Utilização de Coque Verde de Petróleo como combustível em fornos e caldeiras, a composição do coque verde de petróleo é distribuída conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Composição típica do coque verde de petróleo.

Análise imediata %	
Carbono Fixo	84-97
Enxofre	0,5-7,5
Material Volátil	2-15
Hidrogênio	Até 5
Cinzas	0,1-0,8
Metais Pesados, mg/kg	
Ferro (Fe)	50 – 2.000
Vanádio (V)	5 – 5.000
Boro (B)	0,1 – 0,5
Níquel (Ni)	10 – 30.000
Propriedades	
Densidade aparente, Kg/m³	700 - 900
Poder Calorífico, MJ/Kg	34 - 36

Fonte: Norma Técnica CPRH N° 1.007 (2004)

3.3 O USO DO COQUE DE PETRÓLEO

O coque de petróleo pode servir como fonte de energia ou fonte de carbono. Segundo Commandré e Salvador (2005), o coque de petróleo é extremamente utilizado como combustível, principalmente nas indústrias de cimento Portland. Todavia, de acordo com Santos (2007), o coque verde do coqueamento retardado é o que apresenta melhores condições de queima, devido ao seu maior teor de matéria volátil, bem como por sua maior relação H/C. Uma característica particularmente atraente do uso coque de verde petróleo é o seu alto poder calorífico em comparação com o do carvão (18 – 31 MJ/Kg), e ao contrário do carvão, deixa muito pouca cinza (OXBOW, 2012).

Aproximadamente 75% da produção de coque de petróleo são utilizadas como combustível, principalmente nas refinarias de petróleo, em termelétricas e na indústria de cimento. Outra importante aplicação do coque de petróleo, cerca de 20% da produção mundial, é a confecção de anodos para a produção de alumínio e eletrodos para produção de aço. Nesse caso o coque é utilizado sob a forma calcinada. Outros 5% são utilizados na fabricação de autopeças, pneus, peças de grafite, etc. (DYNAMIS, 2004).

Com a elevação dos custos da energia, o coque de petróleo surge como uma boa opção, pois seu custo, atualmente, gira em torno de US\$ 1,50/MBTU¹, enquanto que o gás natural está na faixa de US\$ 4,00 a 4,50/MBTU e o óleo combustível na faixa de US\$ 5,00 a 5,80/MBTU (SANTOS, 2007). Optar pelo uso do coque como combustível primário torna-se mais atrativo se o processo absorver os poluentes gerados pela sua queima, minimizando o passivo ambiental causado pelo seu uso.

3.4 OPERAÇÕES DECARGA, DESCARGA E ARMAZENAMENTO DE COQUE VERDE DE PETRÓLEO

Essa atividade compreende as operações relacionadas com a transferência de grânulos sólidos desde os navios até as instalações portuárias. Usando um guindaste equipado com *grab*, a mercadoria é transferida do navio, passando pela moega de descarga, para os caminhões. Este por sua vez transporta o material até o pátio de estocagem, onde permanecerá provisoriamente, até a distribuição para o consumidor final. O armazenamento é feito em

¹ MBTU = mil unidades térmicas britânicas; 1 mil BTU [MBTU] = 1,055 MegaJoule [MJ].

pilhas ao ar livre, podendo assim gerar impacto significativo relacionado às poeiras fugitivas, tornando-se necessária adoção de melhores práticas para as empresas distribuidoras.

Figura 2 – Operação portuária para descarga de coque.



Fonte: Acervo pessoal, 2012.

3.4.1 Recomendações de manuseio

Com relação aos principais impactos decorrentes do manuseio de coque de petróleo, destacam-se os associados aos riscos de inalação de partículas com diâmetros aerodinâmicos inferiores a $10\mu\text{m}$ e aos problemas de diminuição de visibilidade e a odores desagradáveis (COUTO, 2007).

Embora um potencial carcinogênico não tenha sido demonstrado, de acordo com estudo conduzido pelo *American Petroleum Institute* (API) e apresentado à Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA), é aconselhável minimizar o contato com hidrocarbonetos que possam estar presentes no coque verde de petróleo. Conseqüentemente, qualquer sistema de manuseio deve utilizar o mais alto grau de controle para minimizar o contato humano direto ou liberação no ambiente. Onde o controle total não for possível, o método de manuseio deve garantir que a geração de poeira aerotransportada seja minimizada.

3.4.2 Impactos ambientais

Os aspectos e impactos ambientais incluem todas as entradas e saídas do processo produtivo, ou seja, se identifica os aspectos ambientais de cada atividade produtiva relacionando-o a um ou mais impacto ambiental (MAIMON, 1999 *apud* OLIVEIRA FILHO & PEREIRA, 2011). Os impactos ambientais estão diretamente ligados às concentrações dos poluentes em uma determinada área. Sánchez (2006) destaca alguns exemplos de poluentes, tais como, elementos ou compostos químicos presentes em águas superficiais ou subterrâneas, material particulado ou gases nocivos presentes na atmosfera, ruídos, vibrações e radiações ionizantes.

O poluente atmosférico de maior relevância em atividades com coque de petróleo é o material particulado, no qual estão inclusos Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP10) e Fumaça. Os efeitos do MP podem variar em função de sua natureza química e dimensões. Segundo a *Environmental Protection Agency* – EPA partículas finas são aquelas menores que 2,5 µm e grossas aquelas com diâmetro entre 2,5 e 10 µm. Estas últimas podem ser retidas nas vias superiores do aparelho respiratório enquanto que as partículas menores podem atingir os alvéolos pulmonares. Outra observação é que o particulado também pode reduzir a visibilidade na atmosfera (MARQUES, 2011).

Em pátios de armazenamento de coque de petróleo os principais impactos estão relacionados à poluição atmosférica, no entanto, para mitigação destes usa-se de práticas que acabam por gerar efluentes líquidos com características potencialmente poluidoras dos recursos hídricos e solos do entorno do empreendimento, uma vez que o efluente líquido gerado no processo de aspersão das pilhas de coque gera um granulado fino de coque de petróleo, sendo necessário um tratamento antes de seu lançamento nos corpos d'água.

Com relação aos resíduos sólidos, os resíduos oriundos de pátios de armazenamento de coque, além daqueles comuns aos resíduos sólidos urbanos, são de origem conhecida proveniente do processo da lavagem de pneus de caminhão antes e após o carregamento com Coque Verde de Petróleo, resultando em uma massa bruta misturada com areia, barro e coque (QUALITEX, 2012). Sempre que tais resíduos precisarem ser descartados, o descarte através de instalações de incineração, preferivelmente com recuperação à quente, é possível. Como último recurso, aterro sanitário industrial é uma rota de disposição tecnicamente aceitável (CONCAWE, 1993).

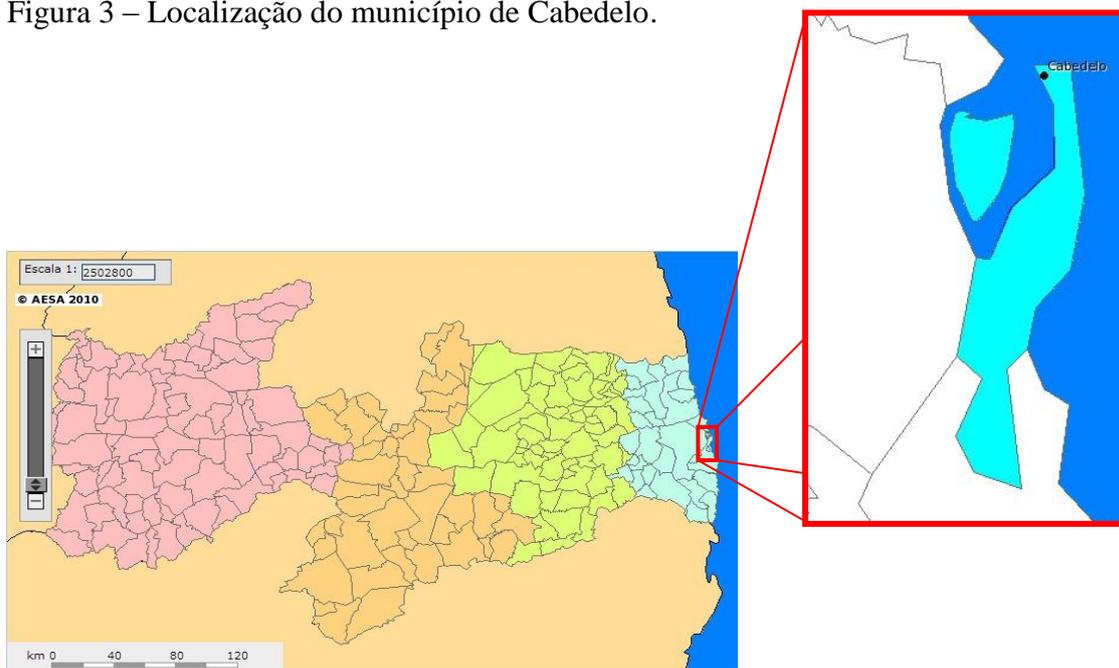
4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 Município de Cabedelo

O município de Cabedelo foi criado em 1956. Está localizado na Mesorregião Mata Paraibana do Estado da Paraíba (Figura 3). É um município portuário pertencente à área metropolitana de João Pessoa, capital do estado, e limita-se ao Norte com o Oceano Atlântico, a Leste com o Oceano Atlântico e ao Oeste com os municípios de Santa Rita e Lucena e ao sul com João Pessoa. Sua área é de aproximadamente 32 km². Dentre suas atividades econômicas predominam o comércio, inclusive o de derivados de petróleo, os serviços de operações portuárias, a pesca, a indústria e o turismo (IBGE, 2010).

Figura 3 – Localização do município de Cabedelo.

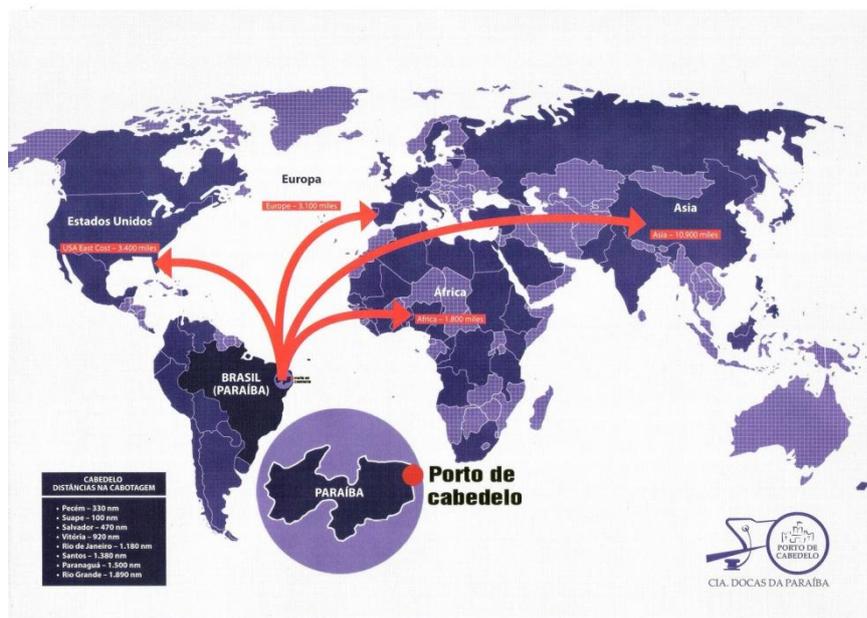


Fonte: AESA, 2012

4.1.2 Área Portuária

O porto de Cabedelo conta com uma localização geográfica singular (Figura 4), que lhe garante a condição de porto brasileiro mais próximo da África, da Europa, da América do Norte e da Ásia. Situa-se no centro do Nordeste com relação aos demais portos da região.

Figura 4 – Posição geográfica do Porto de Cabedelo em relação a outros continentes.



Fonte: Companhia Docas da Paraíba, 2012.

A área do porto organizado é de 38.466m² e conta com 20.495m² de área construída. Na área retroportuária, o porto dispõe de 32,32 hectares localizados a 4,5km do cais, estando essas áreas disponíveis para arrendamento à empresas interessadas na industrialização de produtos derivados de petróleo e que venham a exercer a movimentação de suas cargas através de Cabedelo. O conceito de “retroporto” é inerente à Receita Federal, denominando assim as áreas adjacentes ao cais e edificações do porto até uma distância de cinco quilômetros.

4.1.3 Pátio de Armazenamento

O pátio de armazenamento, objeto de estudo, está localizado no Retroporto de Cabedelo e ocupa 98.500 m². O entorno do local é caracterizado por baixa densidade populacional e presença de zonas de mangue.

O empreendimento tem por objetivo as atividades de um terminal de estocagem de coque verde de petróleo. Atualmente esses produtos são importados dos Estados Unidos e da Venezuela. Seus principais mercados consumidores são os estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, sendo destinados às indústrias de cimento, cerâmica vermelha e a indústria de gesso.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

4.2.1 Pilhas de Coque

A premissa básica da empresa é que as pilhas fiquem situadas o mais “a montante” possível em relação às direções predominantes dos ventos, de forma que partículas eventualmente carregadas pelo vento tenham a maior chance de se depositarem dentro dos limites do lote do empreendimento.

4.2.2 Unidade industrial de processamento

O único equipamento industrial instalado é uma unidade de peneiramento, cuja função é a separação das frações grossa e fina do coque verde de petróleo com o objetivo de fornecer a fração grossa às fabricas de cerâmica vermelha e a fração fina as fábricas de cimento.

4.2.3 Sistema de drenagem superficial

A área de estocagem e operação é inteiramente cercada por um sistema de drenagem superficial, pelo qual toda a água coletada é conduzida até o canal de decantação, via canaleta coletora. O pátio de armazenamento objeto de estudo possui, em toda sua área de estocagem, uma camada impermeabilizante do solo, que impede a contaminação das águas subterrâneas com o lixiviado de coque.

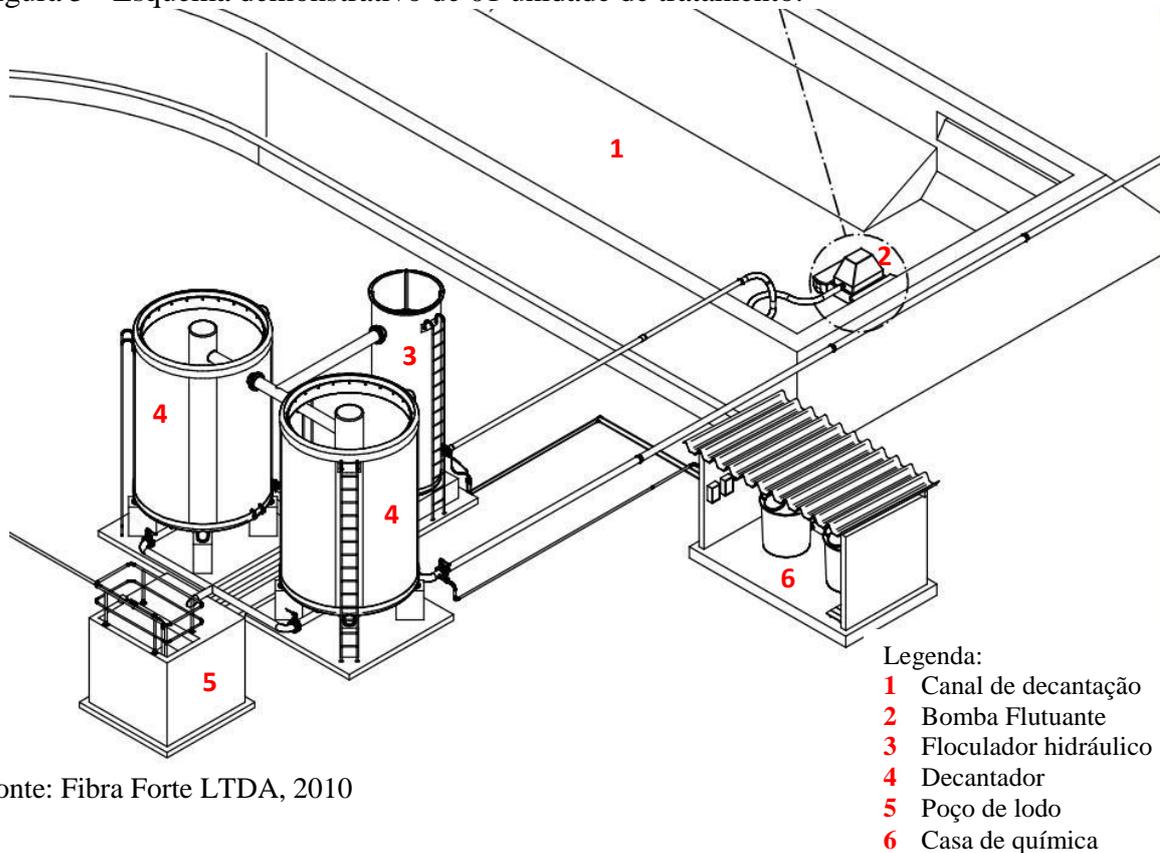
4.2.4 Sistema de Tratamento dos Efluentes

O sistema de tratamento dos efluentes consiste em um canal de decantação com 4 metros de largura na base, comprimento de 107,98m e taludes laterais com inclinação 1V:1,5H. Ao final do referido canal, tem-se uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) com capacidade para tratar 100m³/h, cujo projeto se baseou nas características físico-químicas do efluente a ser tratado, sendo este oriundo da umectação das pilhas de coque, bem como do processo de lavagem dos pneus de caminhão, antes e após o carregamento, praticado pela empresa.

Descrição das partes constituintes da ETE (Figura 5):

- 02 (duas) estações elevatórias flutuantes de efluente, sendo cada uma com capacidade de 50m³/h x 11 mCA;
- 01 casa de química com dois tanques dotados de misturador rápido vertical, com volumes de 1000 e 5000 litros, para preparação de polímero e coagulante orgânico (Tanino), respectivamente.
- 01 bomba dosadora tipo diafragma, de dois cabeçotes, com vazão regulável de 10 a 100 litros/h x 40 mCA;
- 02 tanques flocladores hidráulicos do tipo bandejas, de fluxo ascendente, de formato cilíndrico vertical com fundo plano apoiado, com capacidade nominal de 8,4m³, diâmetro de 1,5m e altura total de 5,0m. As chicanas horizontais, com aberturas verticais, foram projetadas para gerar um gradiente médio de velocidade de 40s⁻¹.
- 04 tanques de decantação, de formato cilíndrico vertical com fundo cônico apoiado. Capacidade nominal de 30m³, diâmetro de 3,0m e altura total de 5,0m.
- 02 Estações elevatórias de lodo, instaladas nos poços de lodo, com vazão de 5m³/h.

Figura 5 - Esquema demonstrativo de 01 unidade de tratamento.



Fonte: Fibra Forte LTDA, 2010

4.2.5 Barreira verde

Na frente do terminal, mas externo ao muro, existe uma área verde compreendendo uma faixa de 5,00m x 405,35m com vegetação abundante de porte médio a alto, que serve, tanto como barreira verde aos ventos sobre as pilhas de produto estocado, quanto como barreira visual, com função de contribuir para harmonia paisagística.

Na lateral e fundo do empreendimento, a barreira verde foi implantada na parte interna do muro, sendo constituída pelas mesmas árvores e arbustos de porte médio a alto, para cumprir as mesmas finalidades citadas anteriormente.

4.2.6 Suprimento de água para aspersão das pilhas

O suprimento de água visa tanto o consumo industrial, principalmente a aspersão das pilhas para impedir a suspensão de poeira no ar, quanto à irrigação das áreas verdes, com ênfase especial à manutenção da barreira verde. Os tanques de armazenamento de água para aspersão e irrigação são abastecidos por um poço artesiano profundo (106m).

4.3 ESTUDOS REALIZADOS

O trabalho aqui apresentado teve sua concepção a partir de um estudo por um período de 04 (quatro) meses, fundamentado em análise de projetos existentes, com a apresentação de documentos pela empresa; relatórios, e memórias de cálculo; pesquisas em livros, em projetos hidráulicos, materiais técnicos de fabricantes de equipamentos; e levantamentos realizados *in loco*. Foram levantados dados das precipitações médias mensais e anuais na estação pluviométrica de João Pessoa – PB, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

No levantamento dos aspectos e impactos foi considerada a operação a partir da recepção do coque verde de petróleo no pátio de estocagem. Quanto ao estudo qualitativo, houve a identificação de soluções sustentáveis para o controle da poluição ambiental provocado pelo manuseio e armazenamento do coque verde de petróleo. Nesta etapa foram feitas investigações e pesquisa bibliográfica de medidas mitigadoras.

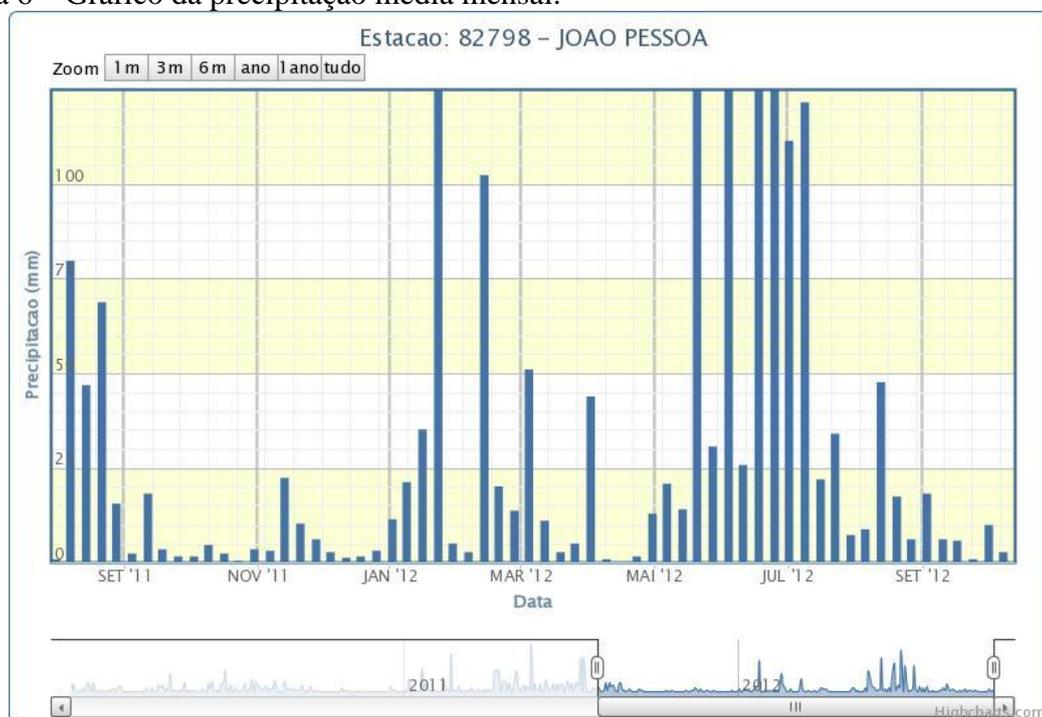
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A operação de armazenamento do coque de petróleo se configura como uma atividade impactante, uma vez que durante o processo de manuseio são previstas operações como o transporte e a armazenagem (recebimento e guarda do produto) que provocam emissão de material particulado (MP).

Após análise das precipitações médias da região (Figura 6), foi possível identificar um período seco, nitidamente marcado, de 4 a 5 meses (Setembro a Dezembro/Janeiro), e um período chuvoso, também nitidamente marcado, de 6 meses (Março a Agosto) com um mês intermediário que é o de fevereiro.

Nesse sentido, têm-se como principais aspectos ambientais adversos de tal atividade, a poeira fugitiva em épocas de seca, ocasionada pela ação dos ventos nas pilhas de material estocado; e a erosão das pilhas de coque em épocas de chuvas. E como consequência, os impactos são a poluição atmosférica local juntamente com a deposição de partículas de coque nas adjacências do empreendimento, e a alta concentração de sólidos presentes no efluente oriundo da drenagem da área do pátio.

Figura 6 – Gráfico da precipitação média mensal.



Fonte: INMET, 2012.

5.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS POR ETAPA DE OPERAÇÃO

Na operação de recepção da carga no terminal há o tombamento da carga do caminhão para o solo e a pá-carregadeira, juntamente com a retroescavadeira, realiza a elevação e arrumação do produto na pilha (Figuras 07 e 08), até atingir altura compatível com a estrutura do terminal, limitada pela altura da barreira verde. Tal operação pode suspender grande quantidade de MP para atmosfera devido à movimentação do produto.

Figura 7 – Descarregamento do caminhão para solo.



Fonte: Acervo pessoal, 2012.

Figura 8 – Arrumação do coque verde de petróleo na forma de pilhas.



Fonte: Acervo pessoal, 2012.

Após o recebimento da carga, têm-se a necessidade de separar as frações grossas e finas do coque para atender especificações exigidas pelos clientes. O coque verde de petróleo armazenado na área de estudo apresenta uma granulometria bem variada (Tabela 3), com alguns grãos chegando até 10 cm de diâmetro. Na etapa de separação faz-se uso de uma máquina móvel de peneiramento capaz de separar o coque em novas pilhas de acordo com a granulometria (Figura 9). Nessa etapa há alto índice de suspensão de MP, uma vez que ao movimentar os finos, esses podem ser carregados pelo vento para lugares mais distantes além da abrangência do terminal.

Ainda relacionado à granulometria, devido à mobilidade e ao esmagamento contínuo em razão das atividades desenvolvidas, partículas mais finas vão se soltando, aumentando o percentual de finos, e conseqüentemente contribuindo para uma maior dispersão de particulado para atmosfera.

Tabela 3 – Distribuição granulométrica de uma amostra de coque verde de petróleo.

Tamanho	%
>10,0mm	0,48
10,0 – 4,75mm	24,63
4,75 – 1,0mm	34,27
1,0 – 0,5mm	17,39
>0,5mm	23,23

Fonte: Bureau Veritas do Brasil LTDA, 2010.

Figura 9 – Unidade de peneiramento.



Fonte: Acervo pessoal, 2012.

A etapa de distribuição envolve o carregamento dos caminhões com o coque verde de petróleo e o transporte até o cliente. No entanto, será analisada a poluição ambiental causada pelo transporte, apenas até a principal via de fluxo dos caminhões no entorno do empreendimento.

Na etapa de carga, os caminhões são carregados pela pá carregadeira e/ou retroescavadeira. Nesse movimento há a suspensão de grande quantidade de partículas de coque, quando o material não está devidamente umectado (Figuras 10 e 11). Já no transporte, os caminhões que saem do pátio de estocagem levam consigo partículas de coque agregadas às rodas e chassi, podendo com isso aumentar muito a área afetada pela poluição por coque, uma vez que tais partículas irão se desprender ao longo do percurso.

Figura 10 – Carregamento de caminhão com coque sem umectação.



Fonte: Acervo pessoal, 2012.

Figura 11 – Carregamento de caminhão com coque devidamente umectado.



Fonte: Acervo pessoal, 2012.

Em todas as etapas foi observado elevado consumo de água para umectação das pilhas de coque, bem como para mitigação da suspensão de poeira em toda área afetada pelo fluxo, interno e na principal via de acesso externa, dos caminhões. Toda água utilizada nesse processo gera um efluente com características potencialmente poluidoras, devido à presença de hidrocarbonetos oriundos da composição do coque.

No entanto, quanto ao controle da poluição por efluentes líquidos oriundos de tais atividades, este já é executado com eficiência, e monitorado por um plano de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, cujas coletas e análises são realizadas mensalmente, por um laboratório terceirizado, e os resultados são fornecidos em forma de relatórios técnicos, que são apresentados ao órgão ambiental estadual como forma de acompanhamento.

A caracterização do efluente bruto, proveniente da umectação das pilhas de coque e do processo de lavagem de pneus de caminhão antes e após o carregamento com coque verde de petróleo, bem como do tratado, é apresentada na Tabela 4, com seus respectivos valores máximos permitidos de acordo com a Legislação ambiental vigente.

As eficiências calculadas para as remoções de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos Suspensos Totais (SST) são 96,1 e 99,5%, respectivamente. Por essa análise, pode-se dizer que a ETE produz efluentes com valores em concordância com as condições e padrões de lançamento de efluentes, preconizados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, através de sua Resolução nº 430/2011.

Tabela 4 – Caracterização dos efluentes bruto e tratado de empresa distribuidora de coque verde de petróleo.

	Canal de decantação	Vertedouro do canal de decantação	Limites da resolução CONAMA n° 430/2011
Data da coleta	22/08/2012	22/08/2012	
Tipo de amostra	Efluente bruto	Efluente tratado	
pH	8,00	7,80	6 - 9
DQO (mg O₂/L)	1933,70	76,00	O padrão citado na resolução é a DBO, devendo esta ter remoção mínima de 60%.
Índice de fenóis (mg/L)	0,25	0,16	até 0,5
Óleo minerais (mg/L)	6,50	<2,0	até 20
Óleos vegetais (mg/L)	zero	zero	até 50
SST (mg/L)	2505,00	13,00	

Também foi verificado que o entorno do empreendimento poderá sofrer impactos com a emissão de gases resultantes da combustão dos motores dos maquinários, bem como pelo ruído oriundo do intenso tráfego de veículos e funcionamento das máquinas. No entanto, cabe a empresa prestadora dos serviços de transporte averiguar a situação de seus veículos e realizar as devidas manutenções. Já com relação aos impactos sonoros, esses são pouco significativos aos transeuntes, bem como não será problema para a população da localidade, pois não há residências muito próximas do empreendimento.

O resíduo sólido gerado da atividade de estocagem é proveniente da limpeza da via principal interna, da limpeza do canal de decantação e do subproduto do tratamento dos efluentes (lodo). Desses, apenas o primeiro deverá ser encaminhado para aterros industriais, conforme indicado em Relatório da Qualitex (2012) de caracterização de resíduo sólido de uma empresa distribuidora de coque verde de petróleo, por se tratar de uma mistura de coque, barro e areia. Os outros resíduos citados acima podem voltar às pilhas de coque de menor valor agregado, por se tratar apenas de uma mistura coque-água. E no caso do lodo, existe também uma fração de polímeros, os quais são adicionados no processo de tratamento da ETE, no entanto, pela própria origem dos polímeros, essa fração não implica em redução da eficiência de queima do combustível exigida pelos clientes.

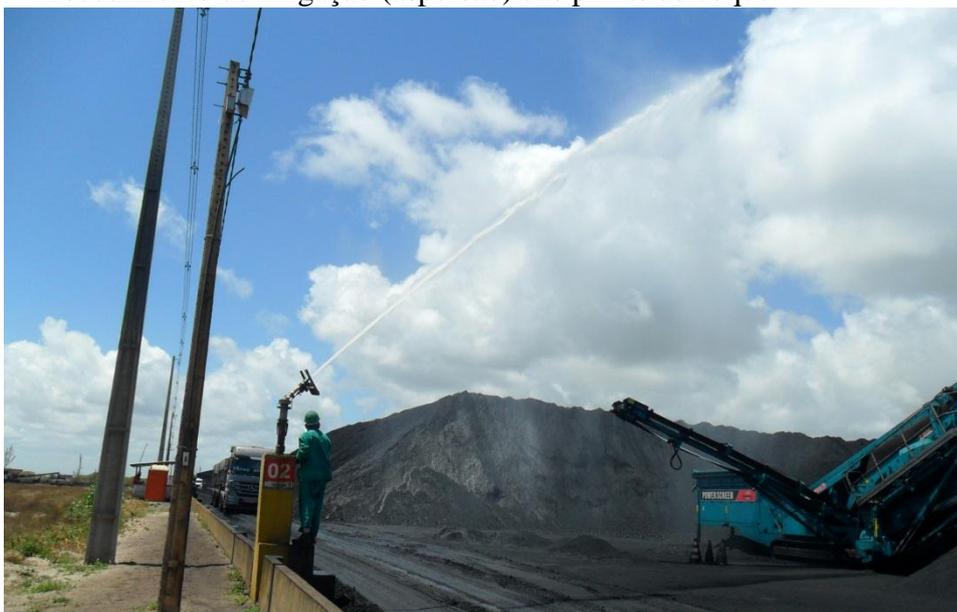
5.2 MEDIDAS PARA O CONTROLE DA POLUIÇÃO

De acordo com avaliação descrita no tópico acima, entende-se que o material particulado é a principal fonte de poluição para o tipo de atividade abordado, uma vez que esse se faz presente em todo processo, e, são advindos do seu controle que são gerados outros tipos de efluentes potencialmente poluidores.

Para minimização da suspensão de material particulado, a empresa executa a prática de irrigação das pilhas de coque (Figura 12), no entanto, essa técnica causa outra preocupação: o efluente oriundo da lixiviação. Nesse sentido, para diminuir a quantidade de efluentes gerados, sugere-se a aplicação de um supressor de poeira nas pilhas de coque estocadas, que estiverem temporariamente sem movimentação, evitando a necessidade de irrigação constante em tal pilha.

O supressor de poeira indicado é um produto composto por polímeros orgânicos, o qual confere maior poder aglomerante e também maior poder adesivo ao produto. Segundo a BMA Ambiental LTDA, é ideal para aspersão sobre vagões carregados com minério de ferro, coque, cobre, cal, etc., em pilhas destes estocadas nos pátios das indústrias e dos portos e também em vias de acesso, de forma a minimizar os efeitos da ação eólica. É um produto que aceita altas diluições proporcionando uma ótima relação custo x benefício.

Figura 12 – Procedimento de irrigação (aspersão) das pilhas de coque.



Fonte: Acervo pessoal, 2012 .

Para maior controle da emissão e zonas de distribuição do material particulado, deve ser previsto também um sistema de monitoramento instalado em pontos estratégicos, como objetivo de apresentar uma avaliação da qualidade do ar da área de influência do respectivo terminal, apresentando as concentrações de material particulado em suspensão total (PTS) e partículas inaláveis (MP10 e MP2,5), presentes na atmosfera local, cujos parâmetros selecionados são indicadores do nível da qualidade do ar, a qual está diretamente relacionada à saúde humana e a degradação ambiental em geral.

Para diminuir o carregamento de partículas coque, oriundas da erosão das pilhas em épocas de chuvas ou pela irrigação (Figura 13), orienta-se que seja feita a contenção das pilhas de coque, por meio de barreiras de sedimentos geralmente utilizadas nas obras de movimentação de terra e obras civis em geral, mas que de maneira análoga podem ser aplicadas para a finalidade em questão. De modo geral, esta forma de controle de erosão evita a degradação ambiental, a poluição das águas e o assoreamento de mananciais, rios e sistemas de drenagem.

A barreira de sedimentos (*silt fence*) é uma medida estrutural temporária feita de geotêxtil, fixada em postes e ancorada no solo. Deve ter resistência suficiente e não pode ser muito elástica ou deformável, deve possuir tratamento contra radiação UV e com permeabilidade suficiente para atuar como filtro eficaz, porém, dando livre vazão à água (MPZ LTDA, 2012).

Segundo Tomaz (2008) a barreira deve ser projetada para vazão concentrada máxima de 28 L/s e não funciona para vazões maiores, não sendo usada em rios e córregos que possuem vazões maiores. Desta forma, a barreira se adequa perfeitamente a área de estudo deste trabalho, uma vez que, de acordo com registros nas planilhas de irrigação das pilhas de coque, cada canhão de irrigação permanece ligado por um tempo médio de dois minutos e sua vazão é igual a 50m³/h. Logo, temos uma vazão de irrigação correspondente a 27,8 L/s, no entanto esse valor será menor quando considerada a absorção da água pelo coque durante a percolação. Ainda de acordo com o autor supracitado, a eficiência desse sistema é de aproximadamente 80%, e o tempo geral de duração da cerca de sedimentos é de 3 meses a 6 meses, podendo durar até 1 ano ou mais.

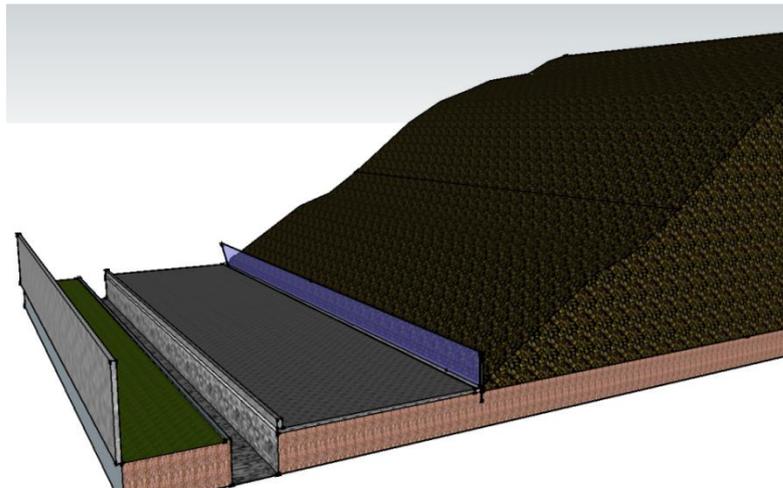
Algumas melhorias podem ser citadas com a aplicação de barreiras de contenção na base das pilhas de coque (Figura 14), como: menor índice de desmoronamento; via desobstruída de coque; menor quantidade de coque nas canaletas e conseqüentemente menor concentração de coque no efluente a ser tratado na ETE; diminuição do custo com limpeza do decantador; e diminuição da perda de material, aumentando a margem de produção.

Figura 13 – Erosão das pilhas de coque pela irrigação.



Fonte: Acervo pessoal, 2012.

Figura 14 – Projeção da instalação de barreira de sedimentos em pilha de coque, com via e canaleta desobstruídas.



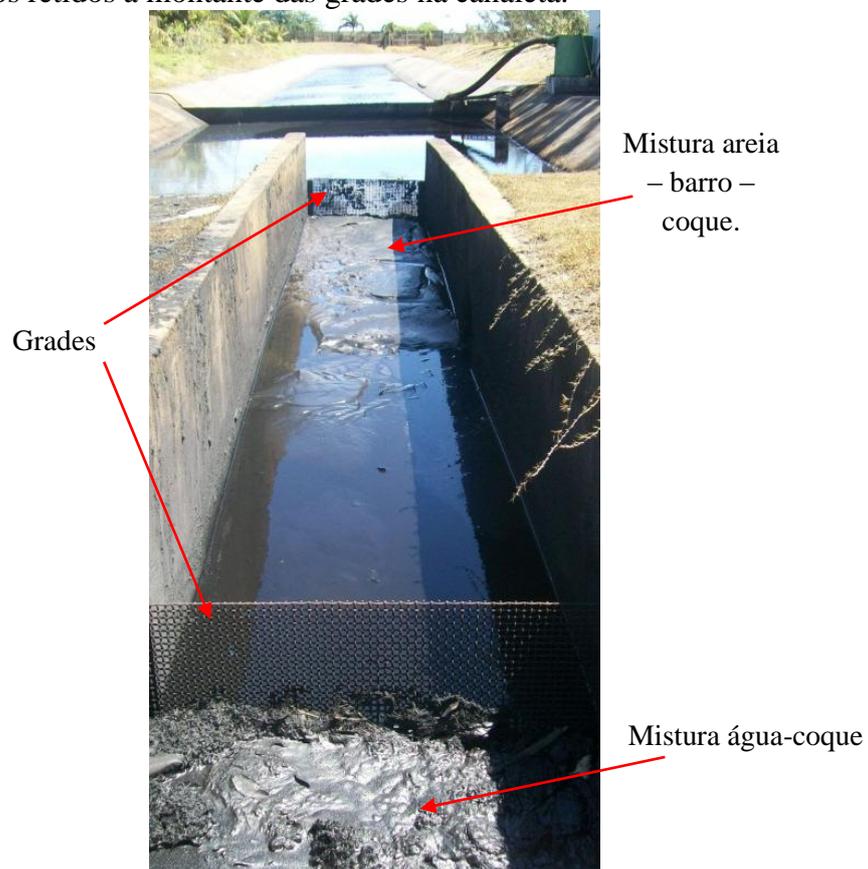
Para reter o material grosseiro, diminuindo a concentração de coque no efluente e evitando o rápido assoreamento do canal, instalaram-se, durante o período de estudo, grades de limpeza manual no interior da canaleta, conforme Figura 15. Tal sistema mostrou-se eficiente retendo não apenas os sólidos grosseiros, como também partículas mais finas que sedimentavam pelo fato diminuição de velocidade de escoamento.

O material retido a montante das grades pode ser facilmente removido, com auxílio de uma pá, e devolvido à pilha de coque, por se tratar apenas da mistura coque-água. Somente o resíduo removido do último trecho da canaleta, onde desembocam as águas drenadas do sistema de lavagem de pneus, deve ser estocado e encaminhado a aterro industrial, conforme

indicado no Relatório Qualitex (2012), por ser constituído de uma massa bruta misturada com areia, barro e coque, que segundo a NBR 10004:2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), tal resíduo é classificado como Classe II A – Não Inertes por apresentar as seguintes características:

- O Resíduo tem origem conhecida, porém não consta nos anexos A (fonte não específica) ou B (fonte específica) da norma NBR 10004:04;
- Teste de Inflamabilidade não produziu faísca por fricção, e o Ponto de Fulgor apresentou temperatura inferior a 60°C;
- Não apresenta características de corrosividade em relação ao pH, ou seja, o resultado de pH está dentro da faixa $2 < \text{pH} < 12,5$;
- Não apresenta toxicidade para os constituintes analisados no Lixiviado, pois as concentrações dos mesmos encontram-se inferiores aos limites máximos especificados no Anexo F da NBR 10004:04;

Figura 15 – Sólidos retidos a montante das grades na canaleta.



Fonte: Acervo pessoal, 2012.

O resíduo líquido percorre o canal de decantação e posteriormente é tratado na ETE. O efluente da ETE apresenta qualidade satisfatória para lançamento no meio ambiente. No entanto, propõe-se que se faça o reuso deste, retornando-o para o processo de aspersão das pilhas de coque e/ou para aguação das vias. Assim serão eliminados os problemas ocasionados pela escassez de água para irrigação das pilhas de coque, mantendo umectação ininterrupta, bem como evitar o desperdício de água com qualidade satisfatória para tal fim.

Durante o período de estudo foi possível instalar um sistema piloto de aproveitamento do efluente final da ETE para irrigação de áreas verdes (Figura 16). Tal sistema foi instalado em áreas próximas a ETE combinadas com áreas em que o sistema de irrigação da empresa não alcançava. Após seis dias consecutivos de operação, foi possível verificar o reaparecimento da grama, constatando a alta eficiência do sistema proposto. Vale salientar que a qualidade do efluente utilizado foi verificada através de relatórios de análises físico-químicas e microbiológicas do efluente, fornecidos pela empresa, nos quais apresentavam conclusões favoráveis quanto ao enquadramento nos padrões de qualidade sanitária para irrigação.

Figura 16 – Aspersor funcionando com efluente proveniente da ETE.

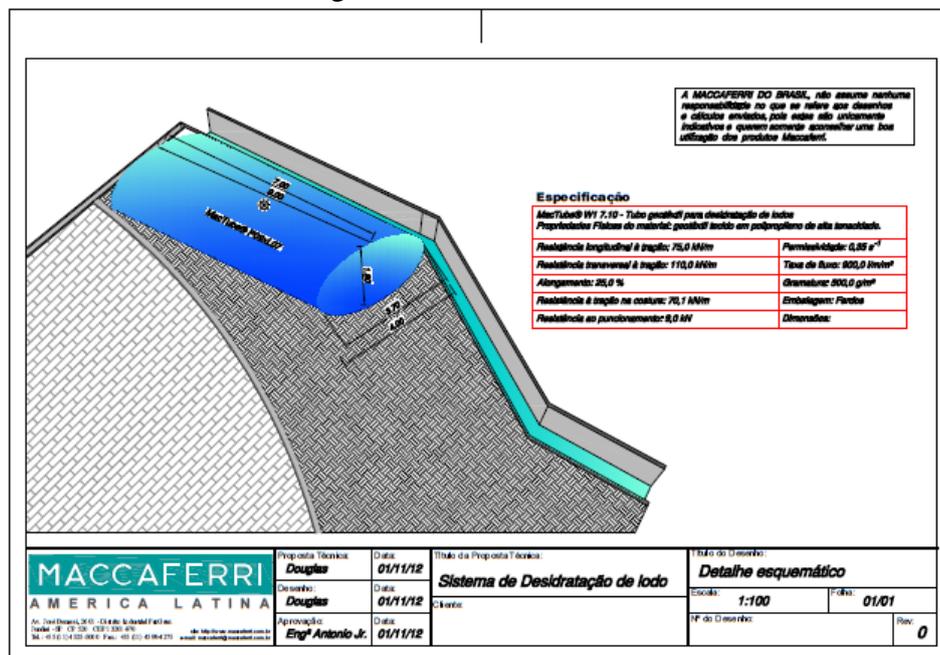


Fonte: Acervo pessoal, 2012.

Para a contenção e desidratação de lodos e sedimentos, sugere-se o uso dos tubos geotêxtis, que dentre os diversos processos disponíveis como a evaporação e a compressão mecânica, a tecnologia indicada se destaca por proporcionar uma série de benefícios técnicos, operacionais e econômicos.

O lodo resultante da ETE pode ser desaguado em tubos geotêxtis que ao receber o lodo em seu interior, permite o escoamento do líquido através dos poros do geotêxtil tecido, que retém as partículas sólidas, reduzindo o teor de umidade e, conseqüentemente, gerando um líquido clarificado. Após seu completo preenchimento, e finalização do processo de desidratação e consolidação do lodo em seu interior, este material estará pronto para ser enviado ao seu destino apropriado. A localização proposta para a instalação do sistema desaguador de lodo (Figura 17) permite que o líquido escoado retorne a canaleta de drenagem, passando por todo processo de tratamento. Já os sólidos retidos no interior do tubo podem retornar à pilhas de coque verde, de menor pureza e conseqüentemente menor valor financeiro, sem qualquer prejuízo a qualidade do produto para a finalidade prevista (queima).

Figura 17 – Planta do sistema desaguador de lodo e sedimentos.



Fonte: MACCAFERRI, 2012

A limpeza do canal de decantação poderá ser realizada através de ressuspensão do material sedimentado por jateamento d'água, em épocas de não vertimento, e em seguida essa suspensão poderá ser bombeada também para tubos geotêxtis, que de maneira análoga ao desaguamento do lodo, irá separar os sedimentos. Essa medida irá evitar os custos com contratação de empresa para remoção de tal material do canal de decantação, como mostrado na Figura 18, uma vez que a operação seria realizada sistematicamente, evitando o acúmulo de material, que este por sua vez provoca redução da eficiência de tratamento por assoreamento do canal. O resíduo resultante dessa operação também poderá retornar às pilhas de coque.

Figura 18 – Limpeza do canal de decantação por empresa terceirizada.



Fonte: Acervo pessoal, 2012.

Com relação ao impacto causado nas adjacências do empreendimento, pela agregação de partículas de coque às rodas e chassis dos caminhões, e posterior dispersão em áreas próximas, este deverá ser mitigado com a substituição do sistema lavador de pneus para um sistema lavador de veículos, conforme ilustrado na Figura 19. A água utilizada para operação de tal sistema também poderá ser proveniente do reuso do efluente da ETE.

Figura 19 – Exemplo de sistema lavador de veículo proposto.



Fonte: WW Empreendimentos e construções, 2012.

5.3 PLANO DE AÇÃO PARA O MEIO AMBIENTE

O plano de ação apresentado no Quadro 1 separa as medidas de controle da poluição ambiental em pátios de armazenamento de coque verde de petróleo da seguinte forma:

- Verde: medidas em execução;
- Vermelho: medidas a serem executadas em curto prazo;
- Amarelo: medidas a serem executadas em médio prazo.

Quadro 1 – Plano de ação para controle da poluição ambiental em pátios de armazenamento de coque verde de petróleo.

O QUÊ?	ONDE?	POR QUÊ?	COMO?	QUANDO?		
Contenção das pilhas de coque	Pátio	Evitar erosão por irrigação e diminuir o carregamento de partículas no lixiviado	Instalação de barreira de sedimentos na base das pilhas			
Uso de biopolímero selante	Pátio	Conter a poeira fugitiva por ação dos ventos nas pilhas	Diluição do produto em água e aplicação por aspersão			
Sistema de gradeamento	Canaleta	Reter material grosseiro diminuindo a concentração de coque no efluente evitando o rápido assoreamento do canal	Instalação de grades ao longo do comprimento da canaleta			
Secagem do lodo	Próximo a área de drenagem	Diminuição significativa do volume de lodo;	Tubo geotêxtil de desidratação			
Disposição final do lodo após secagem	Pátio	Minimização da perda de coque no processo	Retornar o material seco para as pilhas de qualidade inferior			
Bombeamento de coque do canal	Canal de decantação	O coque perdido por erosão, causado pela irrigação, poderá retornar às pilhas como produto de menor valor após secagem nos sacos desaguadores	Instalação de bomba de diafragma para direcionar o efluente aos sacos desaguadores			
Reuso do efluente tratado	Jardim	Explorar espaços que o sistema de irrigação do jardim não alcança, melhorando o aspecto visual da empresa (mais áreas verdes)	Sistema de ligação da tubulação de efluente tratado com aspersores do jardim			

Reuso do efluente tratado	Via externa	Evitar o desperdício de água com qualidade satisfatória para aguação da via externa	Abastecer carro-pipa que realiza aguação com efluente tratado			
	Pátio	Sanar os problemas ocasionados pela escassez de água para irrigação das pilhas; Manter umectação das pilhas ininterruptas;	Tubulação ligando o efluente decantado aos tanques de armazenamento de água para irrigação			
Reservação do efluente tratado	A jusante do lançamento de efluente tratado	Armazenar efluente tratado em período de chuva para evitar escassez no verão	Construção ou instalação de reservatório de água			
Lavador de pneus e chassis	Pátio	Remover coque aderido no chassi e pneus dos caminhões evitando a poluição por coque nas vias externas; transporte de carga com responsabilidade ambiental	Sistema de lavagem de carro, pressurizado, conforme exemplo da Figura 19.			
Monitoramento PST e partículas inaláveis	Pontos estratégicos de monitoramento	Controlar a dispersão de poluentes para a atmosfera	Instalação de equipamentos de medição			
Postes com energia solar	Pátio	Extinguir a queima de combustível fóssil para gerar energia para a torre de iluminação, minimizando a emissão de poluentes atmosféricos na área da empresa; Reduzir gastos com empresa distribuidora de energia elétrica	Instalação de postes com placas fotovoltaicas, com capacidade de armazenar e gerar energia.			

6 CONCLUSÕES

- A operação de um terminal de armazenamento e distribuição de coque verde de petróleo torna-se necessária, uma vez que este é usado como fonte de combustível em diversos tipos de indústrias, bem como por reduzir os resíduos oriundos das petroquímicas.
- Com relação aos impactos negativos oriundos das atividades da empresa, foi possível observar que a grande maioria desses impactos tem meios alternativos para serem mitigados ou minimizados.
- O uso de técnicas de reduções de impactos ambientais torna-se importante na interação de sua mitigação, principalmente quando proporcionam melhorias na redução de custos de implantação e de operação.
- A empresa deverá promover palestras e ciclos de debate visando um bom relacionamento dos funcionários e gestão ambiental, para assim conseguir minimizar ou eliminar os efeitos adversos causados em todo o processo operacional.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[API e *Petroleum HPV*] AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE and PETROLEUM HIGH PRODUCTION VOLUME Testing Group. "Petroleum Coke Category Analysis and Hazard Characterization". Environmental Protection Agency. 2007. Disponível em: <http://www.epa.gov/hpv/pubs/summaries/ptrlcoke/c12563rr2.pdf>. Acesso em: 25 set. 2012.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: www.aesa.pb.gov.br. Acesso em: 28 out. 2012.

AMBIENGE. *Relatórios de Qualidade da Água superficial e Subterrânea*. AMBIENGE Engenharia Ambiental e Laboratório. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação*. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BERNARDO, Ana Carla de Souza Masselli. *Otimização estocástica multi-objetivos na produção de Cimento Portland com co-processamento de resíduos e adição de mineralizadores*. Itajubá, (MG): = [s.n.], 2009.

BMA Ambiental LTDA. Supressor de poeira. Disponível em: http://www.biotechma.com.br/produtos/produtos_supressores_bioaglopar.asp. Acesso em: 28 ago. 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução N° 430, de 13 de Maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

BUREAU VERITAS DO BRASIL LTDA. *Boletim de Análises n° 75*. Bureau Veritas do Brasil Sociedade Classificadora e Certificadora LTDA 2010.

CHEN J.; Lu, X. *Progress of petroleum coke combusting in circulating fluidized bed boilers – a review and future perspective*. *Resources, Conservation and Recycling* 49, pp. 203–216, 2007. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/rescomrec> Acesso em: 28 out. 2012.

COMMANDRÉ, J. –M.; SALVADOR, S.. "Lack of correlation between the properties of a petroleum coke and its behaviour during combustion". *Fuel Processing Technology*, 2005. Companhia Docas da Paraíba. Disponível em: <http://www.docaspb.com.br/>. Acesso em: 28 out. 2012.

CONCAWE. *Dossiê de produto n° 93/105*. Coque de Petróleo. Bruxelas. Outubro de 1993.

COUTO, A. M. *Caracterização do material particulado suspenso no ar na região metropolitana do Recife por microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de raios x por dispersão de energia*. Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP-OS. Recife, 2007.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco. *Norma Técnica N° 1007 - Condições para utilização de coque verde de petróleo – CVP como combustível em fornos e caldeiras*. 2004

DIETEL, Chris; FAN, Xiaofei; TRAN, Honghi. *The fate of Vanadium after being burned with petroleum coke in lime kilns*. TAPPIPEERS. Conference, October 2010, Norfolk, Virginia, US. Disponível em: <<http://www.tappi.org/Downloads/Conference-Papers/2010/2010-PEERS-Conference/10EPE90.aspx>>. Acesso em: 13 out. 2012.

DYNAMIS. Dynamis Mecânica Aplicada Ltda. *Coque de Petróleo: Parte 2 - Coque de Petróleo como Combustível*. 2004. Disponível em: <<http://www.dynamismecanica.com.br/artigo004.php>>. Acesso em: 15 set. 2012.

Fibra Forte LTDA. Diagrama ETE. 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 set. 2012.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 28 out. 2012.

KITZMANN, D. E ASMUS M. *Gestão ambiental portuária: desafios e possibilidades*. RAP, Rio de Janeiro, V. 40, n. 06, pp. 1041-60. Nov./Dez. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v40n6/06.pdf>> Acesso em: 12 out. 2012.

MACCAFERRI. *Proposta Comercial: Sistema de desidratação de lodos*. Maccaferri América Latina. 2012.

MARQUES, Silvia Helena Araújo. *Análise de sistemas para contenção de sólidos suspensos, formado por rede de irrigação pressurizada em área de armazenagem de coque verde de petróleo*. Monografia. Faculdade Maurício de Nassau -Recife. 2011.

MÉNDEZ, M. O. A. *Síntese de materiais carbonosos ativados a partir do coque de petróleo*. Dissertação - Faculdade de Engenharia Química. Campinas. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000384445>> Acesso em: 12 out. 2012.

MPZ LTDA. *Barreira de sedimentos (Silt Fence)*. MPZ Aplicações Tecnológicas. Disponível em: <<http://www.mpz.com.br>>. Acesso em: 10 set. 2012.

NEVES, Alessandra Fortuna. *Vanádio no material particulado atmosférico na região de ressurgência de Cabo Frio – RJ*. Dissertação – Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2005

OLIVEIRA FILHO, J. D.; PEREIRA, Sônia Valéria. *Gestão ambiental em operação portuária com coque de petróleo: Porto de Recife*. Revista Gestão Pública: Práticas e Desafios, Recife, v. II, n.3, jun. 2011.

OXBOW. *Produtos: Coque de petróleo*. OXBOW Corporation. 2012. Disponível em: <<http://www.oxbow.com/ContentPage.asp?FN=ProductsPetroleumCoke&TS=3&MS=15&oLang=PT>>. Acesso em: 02 ago. 2012.

QUALITEX. *Relatório de caracterização de resíduo sólido*. Relatório Técnico N° 000911/2012. Marechal Deodoro – AL. 2012.

SANCHÉZ, Luis Enrique. *Avaliação de Impacto Ambiental - Conceitos e Métodos*. 2006

SANTOS, Aldo Ramos. *A geração de coque de petróleo devido ao processamento de petróleos pesados e o seu uso na produção de clínquer de cimento Portland*. Itajubá (MG): [s.n.]. 2007. 278 p. il.

TOMAZ, Plínio. *Manejo de águas pluviais*. Capítulo 35- Cerca de sedimentos. 2008.

Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro_poluicao_difusa/capitulo35.pdf>. Acesso em: 10 set. 2012.

UNIMETAL. *Sobre o Coque*. Grupo UNIMETAL. 2012. Disponível em:

<http://www.grupounimetal.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=131.html>. Acesso em: 15 set. 2012.

WW Empreendimentos e construções. *Construção e montagem do lavador de veículos*.

Disponível em: <<http://www.gruponewall.com.br/wwempreendimentos/obra4.php>>. Acesso em: 17 set. 2012.