

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM UM TERMINAL PORTUÁRIO

Sérgio Sampaio Cutrim¹, Felipe Rafael Freitas Parente^{1*}, Leo Tadeu Robles¹

¹Departamento de Ciências Contábeis e Administração-Universidade Federal do Maranhão

*E-mail: sergio.cutrim@ufma.br

Recebido em: 14/03/2014

Aceito em: 16/06/2014

RESUMO

Após a conferência de Mar Del Plata, a gestão de recursos hídricos tomou importância nas questões ambientais. No Brasil, a Agência Nacional das Águas, estabelecida pela lei nº 9.433/97, realiza a gestão de recursos hídricos. O Terminal Portuário Ponta da Madeira - TPPM, de operação privada, conta com área de estocagem de 6,4 milhões de t de minério e é dedicado à exportação de minério de ferro, manganês e pelotas. Sua área de estocagem e vias operacionais de acesso necessitam de umectação no controle da dispersão de material particulado, as quais são realizadas por sistemas de aspersão, nas correias transportadoras e nos equipamentos de descarga de trens e de embarque nos navios. O trabalho objetivou mapear essa utilização de recursos hídricos, entender a eficiência da sua gestão e cobrir lacuna na literatura acadêmica sobre tema aplicado a terminais portuários, responsáveis por 95% das exportações brasileiras. O estudo de caso único compreendeu revisão da literatura, visitas técnicas e entrevistas com o pessoal responsável. A água para umectação é captada de bacias de decantação e recirculada por caminhões pipa e também de seis poços artesianos. Os resultados mostraram que uma gestão descentralizada e apoiada em equipe multidisciplinar. A Usina de Pelotização demanda grande quantidade de água e, em 2012, pela escassez de chuvas, aumentou a recirculação de águas relativamente a anos anteriores. A gestão atende à legislação com seus objetivos atendidos por acompanhamento constante por sistemas gerenciais próprios, pelo compromisso e capacitação dos empregados na atividade, considerada estratégica na organização.

Palavras-chave: Terminal Portuário Ponta da Madeira; Gestão de Recursos Hídricos; Exportação de Minério de Ferro.

1 Introdução

No Brasil, os recursos hídricos são regulamentados e controlados pela Agência Nacional das Águas - ANA que, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, realiza anualmente o levantamento da situação dos recursos hídricos, além de ser responsável por emitir outorgas de utilização e, captação, etc. Também delega aos órgãos estaduais competentes algumas de suas atribuições. A Lei nº 9.433/97 institucionalizou os conceitos de “usuário- pagador” e o de “poluidor pagador” [1]. A outorga do direito de uso significa que a água só poderá ser usada por quem tiver permissão e a cobrança pelo uso da água deverá gerar receitas que deverão ser aplicados prioritariamente na bacia onde são recolhidas, viabilizando financeiramente o setor.

As empresas estão realizando a gestão ambiental empresarial, dentro dela, a gestão dos recursos hídricos, tendo em vista aumentar sua competitividade, se adequando às exigências do mercado. E se preparando para o endurecimento dos requisitos legais e atender pressões sociais e legais [2].

A atividade portuária é responsável por 95% das exportações brasileiras. O Terminal Marítimo de Ponta da

Madeira (TPPM), operado pela Vale S.A., segunda maior mineradora do mundo e maior produtora de minério de ferro e pelotas do mundo, é especializado na exportação de minério de ferro, manganês, pelotas, entre outros recursos minerais.

Na movimentação e manuseio dos recursos minerais em seu terminal, ocorre a dispersão atmosférica de material particulado. Basicamente controlada por aspersão de água reutilizada, em geral, realizada por caminhões pipa nos pátios de estocagem e nas correias transportadoras.

Além da necessidade do controle da qualidade do ar, a usina de pelotização instalada e operando no terminal, também demanda grande quantidade de água para o processo realizado pela torre de resfriamento.

O objetivo deste trabalho é avaliar a gestão dos recursos hídricos no TPPM, mapeando sua utilização (Captação, Distribuição, Tratamento e Reuso), identificando a quantidade necessária e avaliando seus controles e impactos ambientais advindo do uso de água nas atividades de manuseio de minério.

2. Recursos Hídricos

As políticas de gerenciamento dos recursos hídricos enfatizam que se trata de assunto amplamente discutido pela sua

importância para o funcionamento dos ecossistemas e a manutenção das populações[3].

A água tem sido a centralizadora das atenções mundiais nos últimos anos, gerando diversas discussões sobre a utilização dos recursos hídricos. Os sistemas aquáticos, apesar de importantes para a manutenção da vida, vêm sofrendo, devido as ações humanas, um processo acelerado de deterioração das suas características físicas, químicas e biológicas, que por sua vez, resultou na atual crise mundial, na qual grande parte da água doce do planeta apresenta algum tipo de contaminação, acarretando efeitos nocivos para a população em geral [4].

Na análise da distribuição de água do planeta constata-se a água doce representa 3% do total e a água salgada 97%, sendo que dos 3% de água doce, 2,7% se referem a geleiras e somente os 0,3% restantes podem ser utilizados para o consumo humano, encontrados em rios, lagos e subterrâneos [5,6].

Essa constatação enfatiza a importância da gestão dos recursos hídricos para a sociedade como um todo, especialmente se forem consideradas amplas áreas em que sua escassez já se faz sentir.

2.1 Situação Internacional

Instituições internacionais tratam de problemas ambientais há um longo tempo. Comissões internacionais para os rios Reno e Danúbio foram formadas durante o séc. XIX para promover cooperação entre os países ribeirinhos em questões como navegação, hidrologia, controle de inundações, e poluição. A Comissão Conjunta Internacional, formada pelos Estados Unidos e Canadá em 1909, tem um longo histórico de resolução de questões ambientais transfronteiriças entre os dois países, especialmente as referentes aos sistemas de lagos e rios ao longo de seus 4.800 km de fronteira compartilhada [7].

Em 1977, a conferência das nações unidas em Mar Del Plata no Uruguai marcou o início das discussões internacionais sobre recursos hídricos, sendo estabelecido o princípio de que todos deveriam ter acesso à água potável em quantidade suficiente [8,9].

Treze anos após essa Conferência, ocorreu uma Reunião Consultiva Sobre Água Salobra e Saneamento, em Nova Deli, Índia, que examinou os poucos resultados obtidos em Mar Del Plata, sugerindo que os recursos hídricos, resíduos sólidos e líquidos fossem manejados de forma integrada. Além de fortalecer a recomendação de administração no nível local para ampliar a participação da sociedade nessa gestão [8].

Em 1992, na Conferência Mundial Sobre Meio Ambiente (Rio 92), foram consolidados alguns compromissos sobre recursos hídricos, com o objetivo geral de garantir a disponibilidade de água potável para todos, além de prevenir a poluição, para manter a saúde ambiental e adaptar as necessidades do homem a capacidade da natureza [8,10].

2.2 Situação Nacional

Em 1933, foi criada a Diretoria de Águas, logo em seguida, em 1934, suas atribuições foram transferidas para o Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), que editou o Código de Águas, em vigor até hoje.

O Código de Águas foi estabelecido com o fim de fortalecer a legislação, adequar às necessidades da época, garantindo o acesso público, criando medidas que facilitassem e garantissem e, principalmente, o aproveitamento da hidroeletricidade, além de incentivar e regular o aproveitamento industrial das águas [1].

Em 1948, a gestão dos recursos hídricos no Brasil, caracterizou-se pelo uso de instrumentos econômicos e financeiros, sendo constituída pelo investimento em programas de irrigação, geração de energia, saneamento, etc. [10].

Em 1961, o DNPM passou a integrar o Ministério de Minas e Energia, em 1965, o Serviço de Águas passou para o Departamento de Águas e Energia, que logo em 1968, passou a denominar-se Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica DNAEE [10].

No início dos anos 70, com a influência de Conferências das Nações Unidas, principalmente em Estocolmo, foi criada a Secretaria Especial de Meio Ambiente, que passou a atuar na classificação das águas, ouvindo o DNAEE [10].

Em 1984, foi criado o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo-se a classificação de todos os tipos de água das águas doces, salobras e salinas. Atualmente, essa classificação está expressa na Resolução CONAMA 357/2005.

A integração participativa, criada a partir da Constituição de 1988, introduziu novos aspectos na gestão de recursos hídricos, como a participação do Estado na exploração dos recursos hídricos, definição de critérios de outorga de direito de uso d'água e a alteração do Código de Águas, extinguindo o domínio privado da água [10].

A Lei nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), é também conhecida como Lei das Águas, baseou-se em três princípios: 1) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada; 2) deve proporcionar o uso múltiplo das águas e 3) o estabelecimento que a água é um recurso natural limitado e um bem de uso comum [11].

A PNRH incorporou princípios internacionalmente fixados na Agenda 21 da Rio 92, como a integração da gestão dos recursos hídricos com a ambiental, o uso da terra, além dos sistemas costeiros e estuários. A Lei também criou o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, que coleta, organiza, critica e difunde dados do balanço hídrico de cada bacia, com informação para o planejamento e gestão.

Até 1997, como não havia um marco legal em nível nacional para a gestão dos recursos hídricos, os Estados se comprometeram de maneira diferenciada para a administração de seus processos de gestão das águas. Com a Lei 6.433/97, a

implantação de políticas estaduais de recursos hídricos foi impulsionada, sendo a última a ser aprovada em 2006, a do estado de Roraima, conforme mostra a Figura 1.

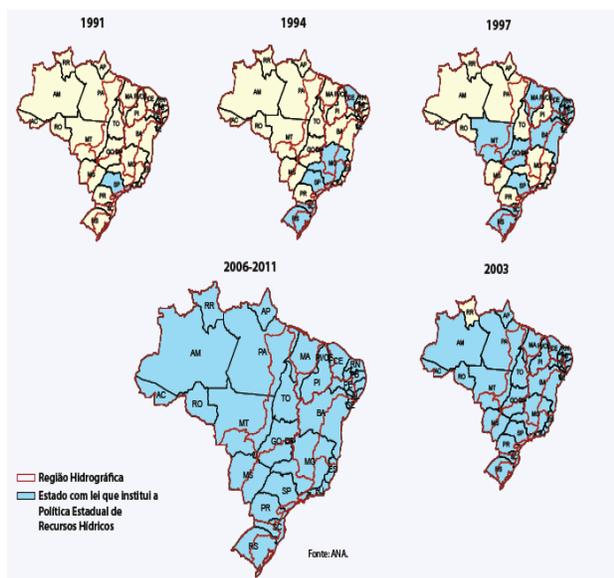


Figura 1- Avanço da Instituição das Políticas Estaduais de Recursos Hídricos [12]

2.3 Situação Estadual – Maranhão

Em 2004, através da Lei Estadual nº 8.149, institui-se a Política Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão, destacando a água como bem público e tomando consciência de que seu uso indiscriminado pode levar à escassez, bem como a sua disponibilidade e qualidade vêm sendo afetada pela poluição [13].

O Estado do Maranhão está inserido em três regiões hidrográficas, dentre as treze do país. Conta com uma área de aproximadamente 274.301 km² da região Hidrográfica do Atlântico Ocidental, que tem uma vazão média de 2.683 m³/s e ecológica de 328 m³/s [12].

A Região Hidrográfica do Atlântico Ocidental se localiza com 90% no Maranhão, e os 10% restante no Pará, como mostra a Figura 2 [12].



Figura 2-Localização da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental [12]

A precipitação média anual da região Hidrográfica do Atlântico Ocidental é de 1700 mm, se aproximando da média nacional e sua disponibilidade hídrica é de 340 m³/s e não há capacidade de reserva nessa região [12].

De acordo com dados do IBGE, a demanda de água na região é de 23,7 m³/s, representando aproximadamente 1% da vazão média. Essa demanda é subdividida em urbana, irrigação, animal, rural e industrial, como mostra a Figura 3.

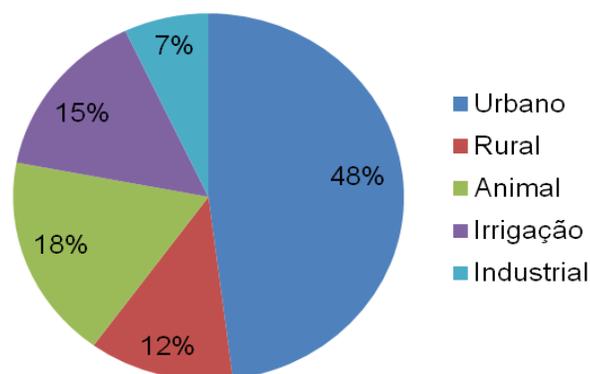


Figura 3- Demanda de água por atividade - Atlântico Nordeste Ocidental [12]

Tendo em vista a distribuição espacial das suas demandas e, de modo geral, a relação de demanda/disponibilidade hídrica, a Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, tem 68% dos seus rios classificados como “excelente”, o que a caracteriza como de situação bastante confortável [12].

2.4 Gestão Ambiental

Por ser potencialmente poluidora, a atividade portuária necessita passar por um processo de habilitação ambiental, o que é determinado também pela legislação aplicável, a de licenciamento, em que são verificados seus potenciais danos ao meio ambiente como um todo [14].

A gestão ambiental é um conjunto de ações e programas designados para a prevenção de atividades ou condições que possam agredir o meio ambiente, buscando minimizar os riscos e proteger os empregados, usuários e comunidades [15]. Da mesma forma, buscam-se diminuir as emissões atmosféricas, a contaminação dos solos e efluentes, utilizando tecnologias limpas, além de assegurar a gestão dos recursos hídricos, energia, recursos florestais e da terra. A gestão ambiental incorpora também a escolha das melhores técnicas de manejo dos recursos naturais, o cumprimento da legislação e a alocação correta de recursos humanos e financeiros [16].

A gestão ambiental empresarial está essencialmente voltada para as organizações, ou seja, companhias, corporações, firmas, empresas ou instituições.

E, como tal, pode ser definida como um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que considera prioritário a saúde e segurança das pessoas e a proteção do meio ambiente. Busca a eliminação ou minimização de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento, implantação, operação, ampliação, realocação ou desativação de empreendimentos ou atividades, incluindo-se todas as fases do ciclo de vida de um produto [16, 17].

A solução dos problemas ambientais, ou sua mitigação, exige uma nova atitude de empresários e administradores, que devem considerar o meio ambiente nos seus planejamentos de gestão, a fim de aumentar a capacidade de suporte do planeta.

Porém, a adoção de iniciativas sustentáveis nem sempre está ligada a espontaneidade das empresas, mas sim parte de um conjunto de influências que interagem reciprocamente, Governo, Sociedade e mercado, como é ilustrado na Figura 4 [2].

A crescente aprovação de leis ambientais e do envolvimento de Organizações Não-Governamentais (ONGs) nas questões ambientais garantem iniciativas privadas de gestão ambiental. Embora o mercado seja uma instituição da sociedade, suas necessidades são tantas e tão específicas que influenciam diretamente na competitividade dos países e de suas empresas. [2].

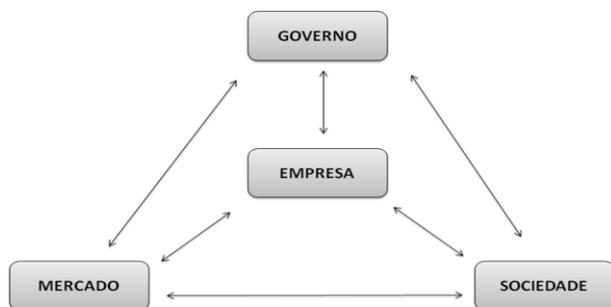


Figura 4 - Influência da gestão ambiental empresarial [2]

O conceito de sustentabilidade empresarial está ligado diretamente a cinco pontos [2, 18]:

1. Satisfazer as necessidades atuais usando recursos de modo sustentável;
2. Manter um equilíbrio em relação ao meio ambiente natural, com base em tecnologias limpas, reuso, reciclagem ou renovação de recursos;
3. Restaurar qualquer dano causado;
4. Contribuir para solucionar problemas sociais; e
5. Gerar renda suficiente para se sustentar.

A gestão ambiental empresarial, ainda ajuda na preparação da organização para o endurecimento das legislações ambientais, proveniente de acordos internacionais, ONGs, etc.

Além de aproveitar a diminuição de custos por projetos de desenvolvimento limpo e ganhos de mercado [19].

O ciclo de atuação da gestão ambiental deve abranger desde a fase de concepção do projeto até a eliminação efetiva dos resíduos. A gestão ambiental nas organizações tem como premissa fundamental o comprometimento da alta administração na definição de uma política ambiental. Ela deve [20]:

1. Expressar um compromisso ambiental formal;
2. Ser de conhecimento de todos os colaboradores e do público;
3. Fazer parte do planejamento estratégico da empresa e da elaboração de seus planos de marketing;
4. Ser encarada como uma ferramenta importante para o sucesso da empresa.

Dessa forma, a política ambiental fornecerá a base para a elaboração de diretrizes e normas internas que servirão para estabelecer seu planejamento ambiental [20].

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) pode ser entendido como um conjunto de atividades administrativas e operacionais realizadas pela empresa ao abordar as questões ambientais [2]. Qualquer SGA requer um conjunto de elementos comuns, que independem da estrutura organizacional, tamanho, ou setor de atuação da empresa. A empresa pode criar seu próprio SGA, ou adotar modelos genéricos como da Câmara de Comércio Internacional, do Conselho da União Europeia e ou família das normas ISO 14.000, que serão tratados a seguir [2].

2.5 Sistema proposto pela Câmara de Comércio Internacional (ICC)

O SGA é constituído por um conjunto articulado de processos administrativos (planejamento, organização, implantação e controle), como mostra a Figura 5, integrados à política ambiental formulada pela empresa, coerente com sua política global. É a política ambiental que norteia as diversas ações realizadas pela empresa.

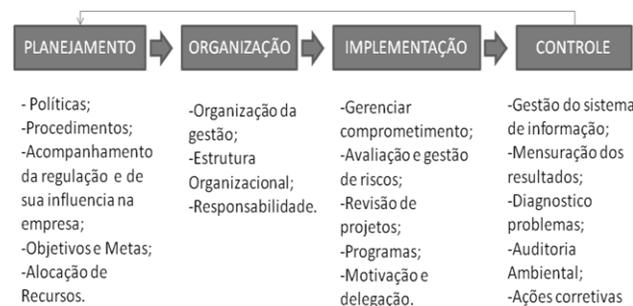


Figura 5 - Modelo de Gestão ICC [21]

No modelo de gestão, os ciclos de retroalimentação estabelecidos a partir de mensuração, diagnósticos e auditorias trazem implicitamente uma proposta de melhoria contínua [2].

2.6 Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria

O Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria, conhecido também como EMAS (*Eco Management and Audit Scheme*), foi estabelecido pelo Regulamento N° 1836, de 1993 e alterado pelo Regulamento n° 761, de 2001, que tornou o EMAS acessível a toda e qualquer empresa interessada em melhorar seu comportamento ambiental [22].

O EMAS promove a melhoria contínua pelos seguintes aspectos:

1. Concepção e implementação conforme Resolução 761/2001;
2. Avaliação sistemática, objetiva e periódica do desempenho;
3. Fornecimento de informação sobre o comportamento ambiental e transparência;
4. Treinamento e participação ativa dos empregados.

O EMAS deve compor o sistema global de gestão da organização, e ser adequado à natureza e escala da organização, com compromisso de melhoria contínua e prevenção da poluição, além do comprometimento ao cumprimento das legislações e regulamentos existentes [2].

2.7 Gestão ambiental pelas normas da família ISO 14000

As normas que integram a família ISO 14.000 começaram a ser elaboradas pelo Comitê Técnico 207 (TC 207) e seus subcomitês. Independentes e administrados por uma entidade nacional da ISO, o TC 207 desenvolve suas atividades de normalização internacional por estágios sucessivos que se iniciam por estudos preliminares, evolução dos consensos sobre o tema tratado e terminando com sua publicação [2].

A ISO 14001 é uma norma internacionalmente reconhecida que define o que deve ser feito para estabelecer um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) efetivo. A norma foi desenvolvida com objetivo de criar o equilíbrio entre a manutenção da rentabilidade e a redução do impacto ambiental. Com o comprometimento de toda a organização para que sejam atingidos ambos os objetivos [23].

Isto significa que devem ser identificados os aspectos do negócio que impactam o meio ambiente e compreender a legislação ambiental relevante à sua situação. O próximo passo é preparar objetivos para melhoria e um programa de gestão para atingí-los, com análises críticas regulares para melhoria contínua [23].

A própria forma em que a ISO 14001 foi estruturada reflete seu caráter estratégico. Ela orienta o gerenciamento das atividades e dos aspectos ambientais, ou seja, qualquer atividade

que interage, ou influencia no meio ambiente, decorrentes de processos, produtos e serviços [24].

Os princípios desta norma possibilitam a visão integrada da gestão ambiental na organização, com enfoque no aprimoramento da conservação ambiental, uniformização da rotina e dos procedimentos necessários, implantação do sistema ambiental proposto, cumprimento da legislação ambiental e compromisso com a melhoria contínua no desempenho ambiental [20,24].

2.8 Gestão de Recursos Hídricos

O abastecimento de água, em quantidade e qualidade necessária para as atividades humanas, é diretamente influenciado pela poluição dos mananciais, uso sem planejamento e desperdício [25].

O principal objetivo do gerenciamento da qualidade da água é controlar a descarga de poluentes, predizendo seus impactos, e determinar níveis aceitáveis para o consumo e seu reuso [22].

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos é realizada pela Agência Nacional das Águas (ANA), integrada com os usuários e organizações internacionais, que foi criada em 17 de julho de 2000, obedece aos fundamentos, metas e diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos e visa autorizar o uso dos recursos hídricos, fiscalizar as atividades e estimular a pesquisa e capacitação de recursos humanos no setor [26].

Na gestão dos recursos hídricos são observadas a quantidade disponível e a degradação da qualidade das águas e a degradação da qualidade da água pode ser medida por meio de parâmetros físico-químicos e biológicos oficialmente estabelecidos para seus usos múltiplos [27]. O monitoramento dos parâmetros pode fornecer indicação de fontes poluidoras, métodos de remediação e os fenômenos que ocorrem durante o transporte e deposição de materiais.

2.8.1 Qualidade de Água

Os parâmetros físico-químicos e biológicos verificados influenciam diretamente o tratamento, uso e destinação das águas tratadas e servidas [28].

Influência do pH

Alterações no pH podem interferir diretamente o uso da água, provocando corrosão nos sistemas de distribuição e aumentando a toxicidade dos metais pesados e gás sulfídrico, além de regular a velocidade de reações de decomposição da matéria orgânica [5]. Os limites aceitáveis para esse parâmetro são de 6,0 – 9,0, segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005 [29].

Influência da Turbidez

Valores altos de turbidez podem interferir na penetração de luz na água e, conseqüentemente, na fotossíntese,

comprometendo a disponibilidade de oxigênio no corpo hídrico, ocasionando a morte de espécies de respiração aeróbica [30].

Influência da cor verdadeira

A cor da água pode derivar de íons metálicos, plâncton, algas húmus e efluentes industriais. A cor da água depende do pH e aumenta conforme sua elevação, os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 é de 75 mg Pt/L, mas não há exigência desse parâmetro para todo tipo de efluente ou corpo hídrico [29].

Influência de materiais sedimentáveis

Embora a turbidez esteja ligada a este parâmetro, os sólidos sedimentáveis podem influenciar diretamente no assoreamento dos rios, calhas de distribuição ou dos sistema de drenagem [30]. O limite de tolerância para este parâmetro é de 1,0 mg/l [29].

Influência de Ferro e Manganês dissolvidos

O ferro e manganês dissolvidos na água, apesar de não tóxicos, alteram significativamente sua cor, além de se depositarem nas tubulações de água formando incrustações, prejudicando a velocidade de escoamento, conseqüentemente, a capacidade operacional do sistema de distribuição e o abastecimento de água. [30,31].

2.8.2 Tratamentos para uso e reuso de água no manuseio de minério

A NBR 14063 define os processos de tratamento de efluentes de mineração para óleos e graxas, listando três níveis de tratamento: primário, compreendendo a sedimentação, flotação e centrifugação; secundário, representado pelos métodos químicos e de coalescência; e o terciário, como a ultra filtração e tratamento biológico [32].

A literatura apresenta diversos tipos de tratamento para efluentes de mineração, como adsorção, coagulação e floculação, filtração por membrana, flotação por ar dissolvido e extração por solvente e precipitação iônica [9]. Um dos principais problemas nos sistemas de tratamento para esses efluentes é que alta salinidade e presença de materiais orgânicos afetam diretamente na eficiência e custo do processo.

Os efluentes líquidos contêm, na maioria dos casos, sólidos em suspensão e uma variada gama de reagentes utilizados nos processos de tratamento de minérios e no processamento metalúrgico dos concentrados [33].

Os efluentes podem ser classificados em função da vazão, natureza, ou índice de periculosidade e os processos de tratamento, além de específicos, devem ser economicamente viáveis, simples e eficientes [33].

O tratamento de águas envolve duas etapas: remoção dos contaminantes e separação sólido-líquido [9]. O tratamento físico como o que se baseia na separação sólido-líquido, sólido-sólido-líquido e para remoção de contaminantes as técnicas físico-químicas baseadas na sorção de elementos [33].

As propostas de tratamento específicos envolvem os processos de decantação/sedimentação, coagulação, flotação, precipitação, oxidação, conforme descrito em [9], [28], [32], [33] e [34].

3 Metodologia

O método utilizado foi o de estudo de caso único e qualitativo, com abordagem, predominantemente, interpretativa, focalizando-se o Terminal Portuário de Ponta da Madeira da VALE (TPPM), localizado em São Luís (MA).

3.1 Procedimentos Metodológicos

Para tanto, foi realizada pesquisa de campo em visitas técnicas ao TPPM para coleta de dados. Além disso, foi desenvolvida pesquisa bibliográfica e documental, a primeira desenvolvida com base em material identificado, constituído principalmente de livros sobre o tema. Já a pesquisa documental se constituiu na análise sistematizada de material publicado em revistas, jornais, redes eletrônicas e relatórios fornecidos pela empresa.

O presente estudo é qualitativo, na medida em que se pretende explorar ideias iniciais sobre um problema, e não uma recomendação final, ainda tem como ponto de partida dados constatados de forma particular, com o objetivo de inferirem um comportamento geral, como por exemplo, o efeito da utilização de água pela pluviosidade local [35].

Os estudos de caso, embora sejam estudos qualitativos, incluem, ou podem incluir, até, somente evidências quantitativas. O contraste entre evidências quantitativas e qualitativas não diferencia as várias estratégias de pesquisa [36].

3.2 Metodologia de Estudo de Caso

Os estudos de casos únicos são projetos apropriados para circunstâncias que irão tratar de um caso decisivo, ou raro, ou extremo, um caso representativo ou típico, um caso revelador ou um caso longitudinal [36]. A avaliação da utilização de recursos hídricos no TPPM corresponde a estudo de caso único.

3.3 Identificação e Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais

O levantamento de aspectos e impactos ambientais é uma ferramenta de gestão ambiental, que propõe a análise das atividades, que interagem com o meio ambiente, para prever os impactos e gerir métodos de controle adequados. As etapas e critérios a seguir apresentados abordam as técnicas de levantamento de aspectos e impactos ambientais [37]:

Etapas 1 - Levantamento dos Processos e Atividades;

Etapas 2 - Identificação e Verificação de Importância dos Aspectos Ambientais;

- Etapa 3 - Identificação dos Impactos Ambientais;
- Etapa 5 - Análise Primária;
- Etapa 6 - Exame – Análises Regulamentar e Técnica;
- Etapa 7 - Avaliação de Significância;
- Etapa 8 - Controles Necessários;
- Etapa 1 – Levantamento dos Processos e Atividades.

4 Estudo de Caso

4.1 Terminal Portuário Ponta da Madeira (TPPM)

Aos vinte e cinco dias do mês de novembro de 1993, foi assinado o contrato de exploração de terminais de uso privativo, estabelecido no local denominado ponta da madeira, concedido a Companhia Vale do Rio Doce, atualmente VALE S.A., pelo Ministério dos Transportes [14].

O Terminal Portuário Ponta da Madeira (TPPM) possui dois píeres com capacidade de atender navios de até 420.000 TPB (Tonelada Peso Bruto, que é a capacidade em toneladas transportável pelo navio), com um terceiro em fase de instalação. Conta com um pátio descoberto de aproximadamente 250.000 m², para estocagem de ferro e manganês de capacidade estática de 6,4 milhões de t [38].

O terminal é especializado no embarque de minério de ferro, pelotas e manganês. Um sistema portuário é composto, em geral, por quatro subsistemas [39] listados a seguir:

1-Acessibilidade terrestre que compreende as rotas de chegada ao porto, que nesse caso é realizada exclusivamente por linha férrea, com malha rodoviária apenas para materiais de consumo e recursos humanos [40]. No TPPM, o acesso terrestre se refere Estrada de Ferro Carajás (EFC), também de propriedade da VALE, que traz o minério das minas em Carajás (PA);

2-Retroárea, onde se encontram a área de estocagem e equipamentos de manuseio e movimentação de carga. Pátios de armazenamento intermediário do minério de ferro atuando como *buffer* de compatibilização entre os fluxos de chegada de produto por ferrovia e os de carregamento nos navios graneleiros;

3-Estruturas de acostagem, píeres, cais e/ou darsenas, onde as embarcações são amarradas e a carga é embarcada. No caso do TPPM, os cais são correspondentes a dois píeres. A VALE ainda conta com um terceiro arrendado no Porto de Itaqui e um quarto em construção na área do TPPM;

4-Acessibilidade marítima, que se relaciona com os canais de acesso aos píeres, além de obras para o abrigo e proteção das embarcações e estruturas de acostagem, No TPPM, o canal de acesso e os berços de atracação possuem profundidade compatível com navios de grande porte, porém com condições severas de amplitude e velocidade das marés.

No subsistema de retroárea do TPPM, se encontram três grandes atividades a descarga, onde são descarregados os vagões de minério de ferro e manganês, que são provenientes das minas; Pátio, que são armazenados todos os produtos de embarque, além de insumos para a usina de pelletização; e por último embarque,

que compreende a área dos dois píeres com quatro carregadores de navios ao todo. As atividades serão detalhadas a seguir [41]:

Descarga: Composta por quatro viradores de vagões, 8.000 t/h, conforme mostra a figura 6.



Figura 6-Virador de Vagão [38]

Estocagem e Empilhamento (Descarga): composto por três máquinas de empilhamento, com duas de 16.000 t/h e uma de 8.000 t/h e quatro empilhadeiras/recuperadoras de 8.000 t/h cada, conforme mostra a figura 7;

Recuperação (Embarque): que é realizado através de três recuperadoras de 8.000 t/h cada, além das quatro empilhadeiras/recuperadoras relacionadas anteriormente.



Figura 7- Recuperadora e Empilhadeira [38]

O embarque de minério é realizado através de dois píeres, o Píer 1 com um carregador de navio (CN) de 16.000 t/h de capacidade, onde são atracados navios de até 420.000 TPB e o Píer três com dois berços com três CNs de capacidade de 8.000 t/h hora cada, conforme mostra a figura 8, onde são carregados navios de até 220.000 TPB.



Figura 8- Pier 3 e Pier 1 (ao fundo) [38]

4.2 Sistema de Drenagem do TPPM

O site possui uma extensa rede de drenagem de efluentes, sendo eles pluviais e industriais.

Efluente pluvial – efluente proveniente da água de chuva incidente sobre estruturas prediais administrativas, vias de trânsito de veículos e pedestres que não se encontrem em área operacional e / ou contaminadas por minérios.

Efluente industrial – efluentes pluviais ou de outras origens contaminados com produtos de movimentação e / ou utilização na área industrial (minério, óleo, etc.) proveniente da drenagem de áreas industriais operacionais, efluentes de processo de lavagem e demais atividades inerentes ao processo produtivo;

Efluentes Industriais

A contaminação do efluente industrial mais significativa é a por minério, originalmente devido a chuvas e lavagem de estruturas e vias. Estes efluentes são, em grande parte, direcionados a controles ambientais.

A drenagem da água que se acumula na área dos pátios de estocagem é feita por meio de canaletas que circundam os pátios e / ou os entremeiam e se conta com dois sistemas de drenagem, o Leste e o Oeste.

Os efluentes da parte Leste do pátio de estocagem, assim como da área de descarga e parte da área dos viradores de vagões são drenados por canaletas que desembocam em uma bacia de decantação menor. Desta bacia, os efluentes são direcionados à Bacia Leste, com capacidade para 35.000 m³, onde sedimenta. Deste reservatório, a água é bombeada aos reservatórios de água de reuso, ao reservatório das águas depositárias do Boqueirão, e a caminhões-pipa para umectação e lavagem de vias [41].

A drenagem da parte Oeste do pátio direciona seus efluentes à canais de meio de pátio que através de canaletas desembocam na Bacia Oeste, com capacidade de 35.000 m³. Os transportadores e casas de transferência nesta área também direcionam seu efluente para esta bacia.

Na bacia, o efluente sofre processo de sedimentação e seu excedente verte para as águas depositárias do Boqueirão, sendo também utilizada para reuso. Este reservatório verte ao mar quando seu nível alcança o máximo. O efluente vertido, conforme dados do monitoramento ambiental, não apresenta contaminação por minério.

A drenagem da área do embarque e de suas vias é feita por gravidade e declividade do terreno. As águas que se acumulam são direcionadas a canaletas e direcionadas a caixas de passagem de onde são bombeadas para bacias de decantação, e, depois de decantado, o material sólido direcionado para a Bacia do Pier III. Após a decantação, o efluente é clarificado no Clarificador de Lamelas e direcionado para a Bacia Oeste [41].

Os transportadores e casas de transferências da quarta linha têm sua drenagem feita da mesma forma. O efluente pluvial é direcionado por gravidade a canaletas que desembocam em bacias de decantação.

O Pier III possui sistema de drenagem que direciona o efluente à Bacia do Pier III / Clarificador Lamelar. A Figura 9 apresenta a localização desses dispositivos.



Figura 9- Sistema de drenagem do embarque [38]

O Clarificador de Lamelas é um equipamento para tratamento de efluente industrial, que visa a separação física de sólidos, por meio de operações unitárias de floculação e sedimentação, clarificando a água a ser despejada ao ambiente ou reaproveitada no processo.

O efluente bruto (não tratado) adentra no sistema recebendo dosagem de um floculante, para posterior mistura e decantação nas placas inclinadas.

4.3 Aspectos e impactos ambientais nas atividades de manuseio de minério do TPPM

Tendo como base as informações disponibilizadas nas visitas técnicas e utilizando-se a metodologia de levantamento de aspectos e impactos ambientais, apresentada no item 3.3, foi realizado um levantamento nas atividades de manuseio de minério dos sistemas de descarga, pátio e embarque, além das atividades de limpeza industrial.

Na atividade de descarga são utilizados aspersores para diminuição da dispersão de material particulado proveniente da movimentação de minério nos viradores de vagão. Com isso há um consumo de água significativo que pode ocasionar alteração da qualidade do solo e água. A drenagem da água de aspersão e pluvial é realizada através de canaletas que são frequentemente monitoradas e desobstruídas para garantir o escoamento até as bacias de decantação.

As atividades de empilhamento, recuperação e estocagem de recursos minerais são grandes utilizadoras de água, para umectação das vias de acesso e para mitigação dos impactos advindos da dispersão de material particulado. Para garantir a drenagem eficiente e reutilização dos recursos hídricos, as canaletas e valas de drenagens são limpas periodicamente e os efluentes direcionados as bacias de decantação Oeste e Leste.

Para a atividade de embarque de minério foi identificado aspectos significativos relativos ao consumo de água e lastro de navios, que podem afetar a disponibilidade do recurso e alterar a sua qualidade, respectivamente.

A limpeza de equipamentos e máquinas de manuseio de minério é realizada através de jateamento de água. Essa atividade também demanda grandes quantidades desse recurso e é realizada através de água de reuso, das bacias Leste e Oeste.

A Tabela 1 mostra os principais processos operacionais com a respectiva utilização de recursos hídricos.

Tabela 1- Utilização de recursos hídricos por processo operacional.

PROCESSOS OPERACIONAIS	UTILIZAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS			
	Consumo de Água	Drenagem de águas pluviais	Troca de água de lastro dos navios.	Geração de efluentes líquidos Industriais
1 Limpeza industrial	SIM			SIM
2 Embarque	SIM	SIM	SIM	
3 Descarga				SIM

Fonte: [41]

4.4 Análise quantitativa da utilização de água nos processos de manuseio de minério

A utilização de água nas atividades de manuseio de minério, em geral, se resume ao controle da dispersão de material particulado, já que é um item de licenciamento ambiental. A seguir, descreve-se a utilização de água pelos caminhões pipas, para umectação, sistema de descarga e utilização de água nova, captada de poços artesianos.

4.4.1 Captação e utilização de água nova

A captação de água nova, em poços artesianos, é realizada para o uso em vestiários, banheiros e refeitórios, bem como uma parte é disponibilizada para usina de pelotização para o processo da torre de resfriamento.

No ano de 2012 até novembro, a captação de água nova foi de 912.555,91 m³, com uma diminuição significativa a partir do mês de outubro, como demonstra o gráfico da Figura 10.

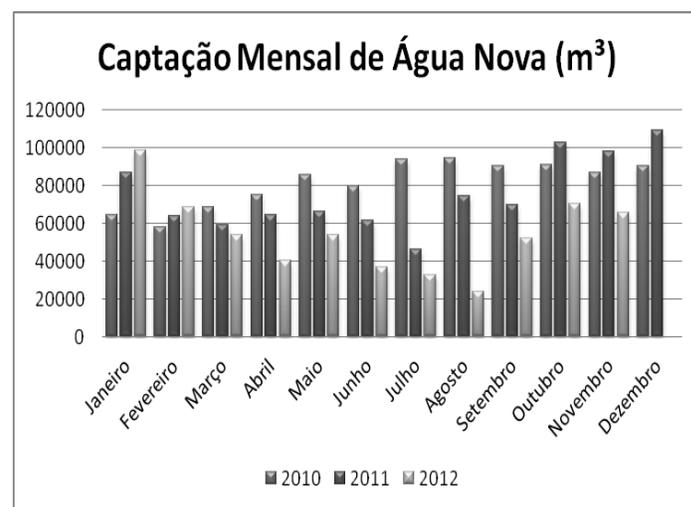


Figura 10 Utilização mensal de água nova 2010 – 2012 (m³) [41]

A proporção de água captada dos poços pode ser observada no gráfico da Figura 11.

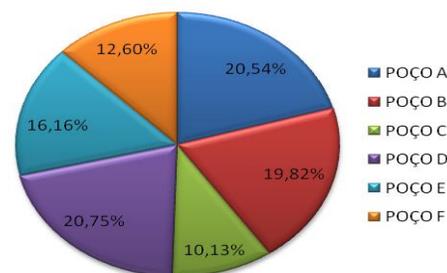


Figura 11- Proporção de captação de água anual dos poços [41]

A usina de pelletização é responsável pelo consumo de aproximadamente 30% da água captada dos poços, com uma demanda que chega até 98% para a torre de resfriamento, que pode ser observador na Figura 12.

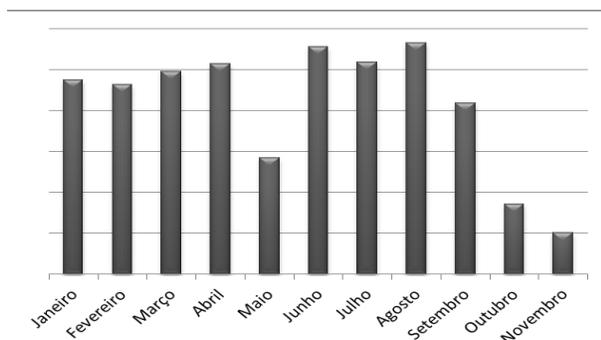


Figura 12- Consumo de água nova na Usina de Pelotização - 2012 [41]

A diminuição da utilização de água na usina de pelletização nos meses de outubro e novembro é explicada pela interrupção de fabricação de pelotas.

4.4.2 Utilização de água tratada (reuso)

A utilização de água tratada, reutilizada das bacias, é influenciada diretamente pela precipitação local. Já que grande parte da água é usada para umectação de vias e controle da dispersão de material particulado.

A quantidade de água reutilizada das bacias, entre os anos de 2010, 2011 e 2012 pode ser observada no gráfico da Figura 13.

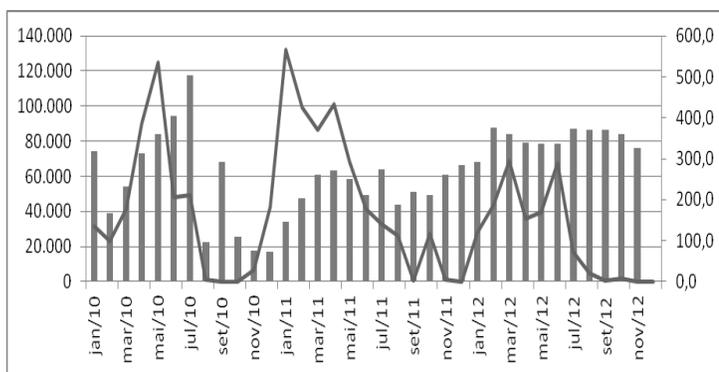


Figura 13- Quantidade de água reutilizada (m³) x Precipitação (mm) [41]

4.4.3 Pluviometria x Água captada para umectação e aspersão

Em 2011, como demonstra a Figura 14, a utilização de água para aspersão e umectação, por caminhões, teve uma queda nos períodos com maior quantidade de chuva. A correlação entre os dois parâmetros seja, em 2011 e 2012, é de -0,75, ou seja,

média e negativa, há uma diminuição considerável de reutilização de água para os meses mais chuvosos.

Nesse período, os caminhões continuam sendo utilizados para lavagem de estruturas metálicas, máquinas e equipamentos.

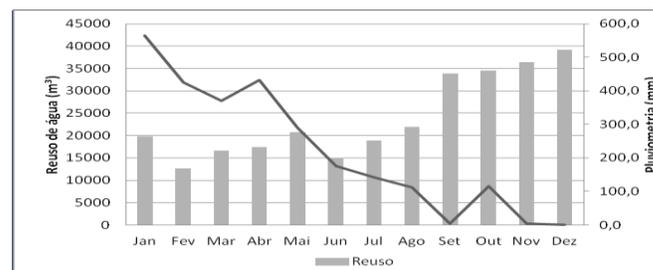


Figura 14- Pluviometria x Captação de água para umectação e aspersão por caminhões pipa em 2011[41]

Em 2012, assim como em 2011, a correlação entre os dois parâmetros é de -0,75. Pode ser observada na Figura 15.

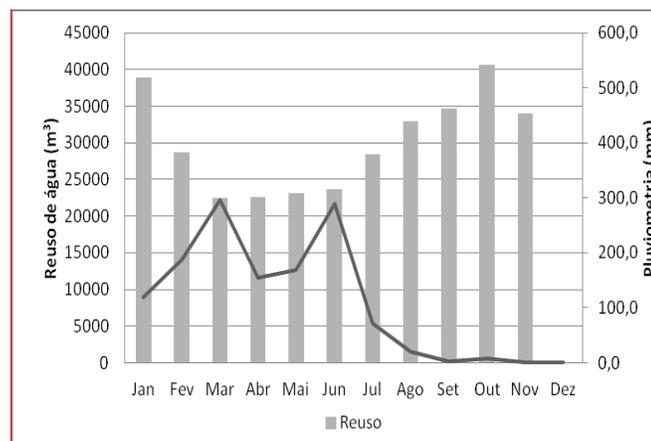


Figura 15- Pluviometria x Captação de água para umectação e aspersão por caminhões pipa em 2012. [41]

4.5 Eficiência no reuso de água

Como mostra a Figura 16, o percentual de água recirculada aumentou, cerca de 50% em 2012, quando comparado aos anos anteriores, 2010 e 2011. O percentual é calculado a partir da razão entre o total da utilização de água de reuso, pelo total de água utilizado, ou seja, água nova mais o reuso.

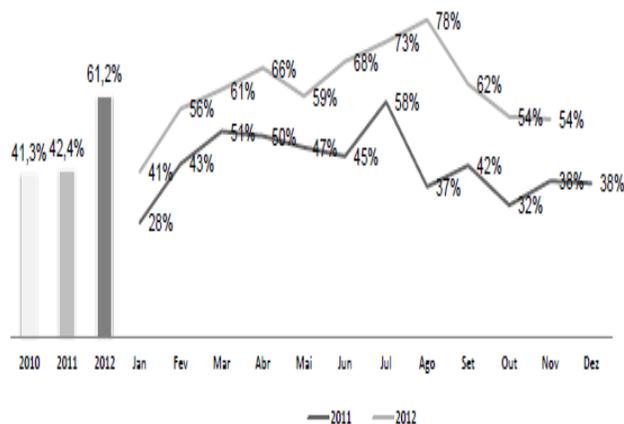


Figura 16- Percentual de água reutilizada (Água reuso/Captação total) [41]

Esse comportamento pode ser explicado pelos dados pluviométricos, que apontam para os anos anteriores uma pluviosidade duas vezes maior que em 2012. Ou pode ter ocorrido uma mudança nos processos de produção ou aumento da movimentação de minério, mas não foi possível obter dados para analisar essas hipóteses.

4.6 Gestão de Recursos Hídricos

Em função da necessidade de se adequar a Lei Nº 9.433/97, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a Vale elaborou programa de gerenciamento de recursos hídricos, buscando gerenciar suas águas de forma eficaz, com conformidade legal ao menor custo possível, incluindo-se a questão dos padrões legais estabelecidos para cada tipo de água.

O programa estabelece cinco prioridades que vão desde estudos hidrológicos, hidráulicos e geotécnicos, além do monitoramento das barragens e futuros projetos.

O treinamento e conscientização sobre o programa são realizados anualmente para os Facilitadores Ambientais, que são os responsáveis de cada área para os assuntos relacionados à sustentabilidade, além de empregados envolvidos nos processos de gestão de recursos hídricos.

Um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, relacionados ao programa, é a Comissão de Recursos Hídricos, equipe multidisciplinar formada por funcionários VALE ou de contratadas que são responsáveis pela adoção de medidas específicas para a efetivação do sistema de gestão das águas.

Para verificar o sistema de gerenciamento e eficiência das ações estão de acordo com o planejamento, são realizadas auditorias internas e externas anualmente, programadas e realizadas pelo Sistema de Gestão Ambiental.

5 Conclusões

O modelo de gestão de recursos hídricos do Terminal Portuário Ponta da Madeira atende as legislações pertinentes e garante o acompanhamento da utilização de recursos hídricos. Os autores consideram que o Brasil se coloca entre os países mais avançados em política de recursos hídricos e legislação ambiental.

O levantamento de aspecto e impactos ambientais, realizado, demonstrou que o consumo de água para umectação e aspersão, além da drenagem de efluentes e águas pluviais é considerado significativo, devido a frequência que ocorre, a abrangência e severidade dos impactos ambientais relacionados.

A usina de pelotização, em seu processo de resfriamento, utiliza aproximadamente 30% da água nova captada. Por tanto, a utilização de água recirculada, nesse processo, pode ser uma alternativa viável para reduzir ainda mais a utilização de água nova. Porém, técnicas de tratamento mais eficientes e de grande porte podem inviabilizar os projetos de reutilização, além de falta de pessoal tecnicamente qualificado para manter o funcionamento das estações, conforme necessidades.

A utilização de água tratada, para umectação e aspersão, varia consideravelmente, de acordo com as precipitações pluviométricas. É importante ressaltar que houve aumento da recirculação de água tratada no ano de 2012, mais de 50%, quando comparado com os anos de 2010 e 2011. Nesse mesmo ano a precipitação foi duas vezes menor que nos anos anteriores, 2010 e 2011.

Dessa forma, pode-se concluir que a gestão dos recursos hídricos no TPPM atende seus objetivos e destaque-se a estratégia de monitoramento contínuo dos resultados e condições, utilizando-se sistemas gerenciais dedicados. Além disso, é importante o envolvimento e capacitação de funcionários próprios e de terceiros nessa atividade, considerada estratégica pela empresa.

A extensão dos estudos poderia ser feita incorporando períodos de análise mais longos, assim como outros sítios industriais ou terminais da VALE e empresas com atividades similares.

WATER RESOURCES MANAGEMENT IN PORT TERMINALS

ABSTRACT: After Mar del Plata World Conference, water resources management is a matter of considerable importance in environmental issues. In Brazil, the National Water Agency – ANA created by Law N. 9433/97, regulates and controls water resources use and management. The Ponta da Madeira Maritime

Terminal with a storage area up to 6.4 million tonnes of ore is privately operated and dedicated to iron ore, manganese ore and pellets handling. Its area and access to operational processes require wetting and spraying to control particulate material dispersion, which is accomplished by sprinkler systems, on the conveyor belts, on unloading wagons trains and loading ships equipment. The paper objective is to map water resources use, to understand its management efficiency and to cover a gap in academic literature applied to port terminals, responsible for 95% of Brazilian exportation in volume. The single case study comprised literature review, technical visits on site and interviews applied to responsible executives. In TPPM, water is captured for wetting from tailing ponds and recirculated by water trucks and it also counts with six wells. The results showed that the management is based upon a decentralized model supported by a multidisciplinary team. The Pellet Mill uses a large amount of water and in 2012, due to little rain there was an increase in water recirculation compared with previous years. The management comprises the legislation and its objectives are accomplished by a continuous monitoring based upon managerial dedicated systems, employees compromise and capabilities regarding the activity, considered strategic for the organization.

Keywords: Ponta da Madeira Maritime Terminal; Water Resources Management; Iron Ore Exportation.

Referências

- [1] PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados. 2008. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/submissao/2008/2008_gbcwlfjvhvngynqmbhuqk.pdf> acesso em: 12/12/2012.
- [2] BARBIERI, J. C. *Gestão ambiental Empresarial*. 3ª ed. São Paulo: Saraiva. 2011.
- [3] GADELHA, J. R.; MORGADO, F. Gestão dos recursos hídricos em nível mundial e sua aplicabilidade à biologia. In: MESSIAS, A. S.; COSTA, M. R. N.(Orgs). *Água Superficial, residual e sedimentos*. Recife: UNICAP. 2007. 496p.
- [4] ARAÚJO, L. E. et al. Impactos Ambientais em Bacias Hidrográficas – Caso da Bacia do Rio Paraíba. *Tecno-Lógica*, Santa Cruz do Sul, 2009.
- [5] CARVALHO, R. S. Água, um bem que precisa ser cuidado. In: MESSIAS, A. S.; COSTA, M. R. N.(Orgs). *Água fonte de vida*. Recife: UNICAP, 2005. p. 207-241.
- [6] METCALF; E. *Wastwater engineering – Treatment, disposal, reuse*. 2 ed. New York: Mc GRAW – HILL, 1979. 920p.
- [7] VIG, R. S.; AXELROD, N. J. *The global environmental: Institutions, Law and Policy*. Washington: Paperback. 1999. 283p.
- [8] TATEMOTO, L. C. B. A apreciação dos recursos hídricos no Sistema Internacional: analisando compromissos e declarações multilaterais. In: ILSA International Conference Brazil, Belo Horizonte, 2008.

- [9] OLIVEIRA, A. P. A.; LUZ, B. A. *Recursos hídricos e tratamento de águas na mineração*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 36p.
- [10] BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A. Política de recursos hídricos no Brasil. 1997. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev806.pdf>. Acesso em 04/11/12.
- [11] BRASIL, Lei 9.433 de Junho de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH e dá outras providências. *Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil*. Brasília, 30 dez. 2009.,
- [12] AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. *Conjuntura dos Recursos Hídricos*, 2012.
- [12] MARANHÃO. Governo Estadual do Maranhão, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos hídricos. *Coletânea de Legislação Ambiental Federal e Estadual*. São Luis. 2008.
- [13] IBGE. Censo Demográfico. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Consultado em 14/05/2013. Brasília. 2010.
- [14] ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários. *Portos – Principais Portos*. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/principaisportos.asp>>. Acesso em: 5 dez. 2012.
- [15] KITZMANN, D.; ASMUS, M. Gestão ambiental portuária: desafios e possibilidades. *Revista de Administração Pública – RAP*, v. 40, n. 6, p. 1041-60, nov./dez., Rio de Janeiro, 2006.
- [16] HERMANN, A. K. *Gestão ambiental empresarial: aspectos legais, mercadológicos e econômicos*. Florianópolis. 2005.
- [17] WEBER, Péricles S. A. *Gestão Ambiental na Empresa*. São Paulo, 2004.
- [18] CROSBIE, L. KNIGHT, K. (1995) *Strategy for Sustainable Business*, McGraw-Hill, New York.
- [19] OLIVEIRA, R. L.; MACHADO, A. G. C. Gestão ambiental empresarial: estudo de casos em empresas líderes dos setores supermercadista e de refrigerantes. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, Recife, v.4, n. 2, p. 21-39, 2010.
- [20] VALLE, C. E. *Qualidade ambiental: ISO 14000*. São Paulo: Editora Senac, 2002.
- [21] ICC - INTERNATIONAL CHAMBER OF COMMERCE. *ICC guide to effective environmental auditing*. Paris: OCDE, 1991. 7p.
- [22] DAVIS, M.; CORNELL, D. *Introduction to environmental engineering*. 3ed. Nova York: McGraw-Hill, 1998. 919 p.
- [23] BSI, 2011. ISO 14001 MEIO AMBIENTE. Disponível em <http://www.bsibrasil.com.br/certificacao/sistemas_gestao/normas/iso14001/> Acesso em: 21/11/12
- [24] SEIFFERT, M. E. B. *ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental: Implantação objetiva e econômica*. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- [25] SPERLING, M. V. *Princípios Básicos de Tratamento de Esgoto*. Belo Horizonte: DESA/CNPq/ABES. 1996. 211p.
- [26] MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE. *Prestação de Contas Ordinária Anual. Relatório de Gestão do Exercício de 2011*. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/ana/ContasAnuais/2011/PrestacaoContas>

Anual-2011.PDF. Acesso em 23/006/2013.

[27] PARENTE, A. H.; APRILE, F. M.; BOUVY, M. A. Dinâmica dos metais pesados nas águas e sedimentos superficiais do rio Tapacurá, Pernambuco, Brasil. Revista Química & Tecnologia, Recife: FASA, n. 2, p. 7 – 14, 2003.

[28] LEME, F. P. Teorias e técnicas de tratamento de água. São Paulo: CETESB, 1979. 424p.

[29] BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões para o lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF.

[30] MOTA, S. Introdução a engenharia ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 2000, 416p.

[31] BAIRD, C. et al. Química Ambiental. Bookman. 2ª ed. 2002. 345p.

[32] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14063:1998. Óleos e Graxas – Processos de tratamento em efluentes de mineração. 2. ed. de 13 de abril de 1998. Válida a partir de 23 de junho de 1998. 10p.

[33] RUBIO, J.; TESSELE, F.; PORCILE P. A.; MARINKOVIC, E. Flotación como proceso de remoción de contaminantes: Avances y aplicaciones en la flotación por aire disuelto. Jornal de Mineralogia, 57, N. 243, pp. 21-28, 2002.

[34] MOURUZZI, R. B.; REALI, M. A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial – uma abordagem geral. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 4, n. 1, p 29-43, São Paulo, 2012.

[35] LAKATOS, E.; MARCONI, M. Metodologia do trabalho científico. São Paulo: Ed. Atlas, 1983.

[36] YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.

[37] SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

[38] LIMA, L. Operação Portuária: Planejamento e Programação de operações portuárias. Apostila elaborada para o curso de pós-graduação em Engenharia Portuária, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2012.

[39] ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. Obras e Gestão de Portos e Costas. 2ª edição. São Paulo. Editora Edgard Blucher. 2009.

[40] ROBLES, L. T.; MERIGUETI, B. A.; CUTRIM, S. S. Eficiência Global da Operação Portuária: estudo de caso do Píer I do Porto de Tubarão em Vitória-ES. Organizações em Contexto. São Bernardo do Campo, 2012.

[41] VALE. REG-000041 - Programa de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Departamento de Operações Logísticas Norte. Arquivo Interno VALE, São Luis, 2011.