
Eficiência Global da Operação Portuária: Estudo de Caso do Píer I do Porto de Tubarão em Vitória-ES

Overall Port Efficiency: Port of Tubarão's Pier I in Vitoria (ES) Case Study

LÉO TADEU ROBLES*

BRUNELA DE ALCÂNTARA MERIGUETI**

SERGIO SAMPAIO CUTRIM***

RESUMO

O Porto de Tubarão, porto privado da VALE, localizado em Vitória-ES, atende ao mercado nacional e internacional de minério de ferro. Este artigo analisa a aplicação da ferramenta do *Overall Equipment Effectiveness – OEE*, no conceito de *Total Productive Maintenance – TPM* na gestão operacional do Píer I desse porto. O estudo, de caráter exploratório, adota a metodologia de estudo de caso, compreendendo revisão bibliográfica, análise dos relatórios gerenciais de paradas e desempenho dos equipamentos e aplicação de roteiro de entrevistas semiestruturadas com responsáveis pelas operações. O indicador de Eficiência Global do Equipamento (OEE), uma das métricas do conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM), no caso estudado, considera fatores de Disponibilidade Física, Utilização e a Produtividade, cuja quantificação e acompanhamento apoiam a gestão da operação e manutenção dos equipamentos portuários. Os principais gargalos identificados referiram-se

* Universidade Federal do Maranhão - UFMA. E-mail: leotadeurobles@uol.com.br .

** Companhia VALE S/A. E-mail: brunela.merigueti@vale.com .

*** Universidade Federal do Maranhão - UFMA. E-mail: sergio.cutrim@yahoo.com.br .

à parada por bloqueios em equipamentos, em navios e no empilhamento, recomendando operação simultânea, ou mesmo, mudanças físicas nos pátios e na disponibilidade, intervenções específicas, com a extensão dos estudos para períodos maiores e a outros setores da empresa.

Palavras-chave: Produção portuária; eficiência global do equipamento (OEE); porto de Tubarão; VALE.

ABSTRACT

Port of Tubarão, VALE's private port located in Vitória (ES), is specialized in iron ore movements to international and domestic markets. This paper analyses the Overall Equipment Effectiveness (OEE) tool referred to the Total Productive Maintenance (TPM) concept applied to Port's Pier I. The exploratory study utilizes case study methodology, comprising a bibliography review, managerial report dedicated to operational stops and equipment performance analysis and interviews with operational people supported by a semi structured questionnaire. The OEE indicator, a TPM metrics in the case approached, is calculated considering Physical Availability, Utilization and Productivity, which quantification and monitoring support port equipment maintenance management. The main bottleneck identified were referred to stops due to equipment, ships and piling blockage, pointing to simultaneous operation, or even, physical changes in yards and for availability, dedicated interventions, by extending the study to greater time periods and to other VALE's areas.

Keywords: Port production; overall equipment effectiveness (OEE); port of Tubarão; VALE.

1. INTRODUÇÃO

A VALE S/A. é a maior produtora de minério de ferro e pelotas no mundo, e para a sua produção chegar aos clientes, opera sistema logístico integrado entre suas minas, ferrovias e portos, com planejamento e domínio de toda essa cadeia. Este artigo focaliza a aplicação da ferramenta OEE na gestão do Porto de Tubarão, que

faz parte do Sistema Sudeste da VALE composto pela Estrada de Ferro Vitória a Minas, que liga mais de 15 minas da região com o porto localizado em Vitória (ES), especializado na exportação de minerais ferrosos e pelotas, um dos principais negócios da VALE, correspondendo respectivamente a 53,8% e 13,1% de sua receita operacional em 2011.

A capacidade anual do porto passa das 100 milhões de t de minério e seu processo consiste na chegada do material pela ferrovia, recepção e descarga, transferência e estocagem em pátios dedicados por meio de equipamentos especializados e de alta tecnologia e, por fim, sua recuperação, movimentação e carregamento nos navios.

Este artigo focaliza e analisa a aplicação da ferramenta do *Overall Equipment Effectiveness – OEE* do conceito de *Total Productive Maintenance – TPM* na gestão da manutenção operacional do Píer I do porto para responder à questão de como aumentar a produtividade do seu Píer I com os recursos atuais, uma vez que dados levantados inicialmente indicaram que esse píer possui taxa de embarque relativamente reduzida.

Ou seja, o artigo pretende identificar a utilização da ferramenta OEE para análise, diagnóstico de uma situação operacional e, dessa forma, apontar eventuais alternativas de cursos de ação para a solução de gargalos existentes.

Para tanto, no estudo do caso do Píer I do Porto de Tubarão, analisou-se a situação atual dos processos e subprocessos envolvidos no seu sistema de embarque, com a utilização da ferramenta OEE de modo a se identificar possíveis gargalos em seus componentes: equipamentos de manuseio de materiais, formação e gestão de estoques de produto e paradas operacionais por condições adversas e para manutenções.

O estudo de caso compreendeu a revisão bibliográfica do tema, levantamento de dados em sistemas empresariais, complementado por visitas técnicas ao local e a aplicação de roteiro de entrevistas semiestruturadas com técnicos responsáveis pelas atividades, que subsidiaram o desenvolvimento de análises quantitativas dos dados de campos referenciados aos primeiros nove meses do ano de 2011, período das informações fornecidas. As informações disponibilizadas pelos respondentes tiveram sua utilização assegurada para fins essencialmente acadêmicos, resguardando-se sua confidencialidade.

Desse modo, atenderam-se às seguintes etapas de levantamento e análise:

- Pesquisa do processo de embarque;
- Levantamento dos equipamentos do porto e suas taxas de desempenho;
- Identificação de restrições e gargalos no processo;
- Análise do Índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE);

Para tanto, teve-se acesso aos dados dos relatórios do Sistema de Gestão de Operações Portuárias (SGOP) da VALE para os meses de janeiro a setembro de 2011. O SGOP apresenta todos os registros de produção, com informações de apontamentos, apoiando todas as gerências do Departamento de Operação de Portos e Rebocadores, com escopo voltado para as operações portuárias a partir da descarga do minério nos Viradores de Vagões. Os dados de parada foram analisados, de forma quantitativa, com o tratamento das informações embasado na literatura identificada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O gerenciamento de processos operacionais está inserido na estratégia empresarial da VALE de redução de custos, em sua atuação num setor de concorrência acirrada com países produtores (Austrália, principalmente) muito mais próximos do grande centro atual consumidor de minério de ferro, a China. O estudo identificou os fundamentos teóricos da gestão da operação portuária, analisando-se a sistemática de mapeamento de processos, a aplicação dos conceitos de Manutenção Produtiva Total (TPM) e a construção de indicadores para a análise dos indicadores de Eficiência Global dos Equipamentos (OEE).

2.1 Mapeamentos de Processos

O gerenciamento de processos é básico na busca de redução de custos e de melhorias da qualidade operacional e produtiva, conforme aponta Vieira (2007). Processo é definido por Gonçalves (2000), como qualquer atividade ou conjunto de atividades com entradas, agregação de valor e saídas para clientes específicos, internos ou externos à empresa. Oliveira (2006) conceitua processo como um conjunto estruturado de atividades sequenciais com relação lógica

entre si. Em outras palavras, processos são compostos por atividades inter-relacionadas e têm por finalidade oferecer um produto ou serviço a clientes.

Segundo Haque, Pawar e Barson (2003), o gerenciamento de processos permite aos gestores o acompanhamento e a medição do desempenho das atividades. Todo processo implica, naturalmente, numa organização estruturada e, conforme Falconi (2004), sua gestão define o método a ser utilizado, ou seja, a sequência lógica de ações necessárias para o alcance de metas ou identificação e solução de problemas eventuais.

Um desses métodos é a técnica de mapeamento dos processos, que, segundo Slack e Lewis (2009), corresponde à descrição do processo em atividades inter-relacionadas. Esses autores afirmam que a técnica utilizada para o mapeamento deve identificar etapas diferentes e mostrar o fluxo de tudo que está envolvido, como informações e recursos humanos e materiais.

Uma das vantagens é que “cada atividade pode ser sistematicamente colocada em xeque como tentativa para aprimorar o processo. Depois de combinar e analisar todas as atividades pode-se eliminar aquelas que causam atrasos no processo” (SLACK et al., 2009). Dessa forma, o mapeamento pode ser considerado como uma ferramenta para apoio à identificação de gargalos que, muitas vezes, são difíceis de serem caracterizados.

O mapeamento pode também auxiliar na proposição de melhorias na execução das atividades em uma organização, por exemplo: simplificação de operações essenciais, eliminação do trabalho desnecessário, capacidade de combinação de operações, alteração da sequência das atividades, entre outras, como propôs Barnes (1982).

É interessante a apresentação do conceito de gargalos, terminologia corrente entre os técnicos da VALE entrevistados. Slack e Lewis (2009) definiram gargalo como o estágio que representa a restrição de capacidade em um processo. Tubino (1999) indicou que “todo sistema produtivo possui algum recurso que limita sua capacidade de produção”. Moellmann et al. (2006) apontam que na linha de produção podem existir mais de um gargalo, e assim limitar a capacidade do sistema produtivo e gerar ociosidade nas demais operações. A identificação clara dos gargalos é importante

também para evitar a formação de filas ou perdas no sistema (TUBINO, 1999).

O Plano Diretor Operacional do Terminal de Minério de Tubarão 2012 a 2016 – PDO, um dos documentos disponibilizados pela empresa, define gargalo operacional como “impossibilidade ou incapacidade de se atingir a Capacidade Plena do sistema, devido a processos internos limitantes dentro do macro processo” (VALE, 2011b).

Uma vez identificados gargalos na linha de produção, deve-se reduzir o ciclo das operações e aliviar a carga de trabalho no equipamento crítico, e com isso aumentar sua capacidade de produção. Ao se fazer isto, provavelmente outro equipamento se tornará gargalo, então se atua nesse novo gargalo para aumentar novamente a capacidade da linha, conforme sugerido por Moellmann et al. (2006).

2.2 Capacidade de Produção

Outra ferramenta básica para gestão é a análise da capacidade do sistema de produção. O PDO (VALE, 2011b) configura como capacidade operacional aquela que “considera todas as características, perdas e incapacidades existentes nas instalações”. E a plena é a “capacidade do sistema produtivo analisado na plenitude das instalações, com a eliminação das incapacidades (gargalos) existentes nas instalações”. Ou seja, conforme apontam Moellmann et al. (2006), plena é a capacidade bruta da operação, que é “alcançada caso não existisse quaisquer tipos de perdas durante todo o tempo de operação do equipamento”.

2.3 Manutenção Produtiva Total (TPM)

A filosofia da TPM tem sua origem no Japão e apresenta como principal mentor e divulgador o Prof. Seiichi Nakajima, desenvolvendo os conceitos apresentados pelo JPMI (Japan Plant Maintenance Institute) em 1971, e que teve como base os princípios da manutenção preventiva introduzidos inicialmente nos EUA nos anos 50 e 60, os quais foram se desenvolvendo gradualmente e hoje se apresentam como um dos programas mais aplicados internacionalmente (SHIROSE, 1992; HUTCHINS, 2008).

A TPM é ligada ao Sistema Toyota de Produção e largamente empregada por empresas dos mais diversos setores. Mirshawka

e Olmedo (1994) a definem como programa de manutenção que envolve todos os empregados da organização, desde a alta administração até os trabalhadores da linha de produção, com o objetivo de maximização do rendimento operacional global.

Nakajima (1989) identificou sete perdas que impedem a eficiência do equipamento, prejudicando o rendimento operacional global e que, portanto, devem ser eliminadas:

1. Perda por quebra esporádica ou crônica dos equipamentos;
2. Perda devido a ajustes e tempo de preparação e regulagens;
3. Perda por substituição de ferramentas e peças das máquinas que se desgastam ao longo da produção;
4. Perda até o equipamento entrar em regime de produção normal, ocasionada pelo emprego de ferramentas inadequadas, problemas por falta de domínio técnico dos operadores para acertar a máquina ou outra;
5. Perda por parada temporária sem que haja ocorrência de falha (quebra);
6. Perda por redução da velocidade de produção;
7. Perda devido ao retrabalho ou eliminação de produtos defeituosos.

O *JIPM* – Japanese Institute of Plant Maintenance, conforme apresentam Fernandes et al., 2010, define a TPM como:

Esforço elevado na implementação de uma cultura corporativa que busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de todos os tipos de perdas, atingindo assim o zero acidente, zero defeito e zero falhas durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo Produção, Desenvolvimento, Marketing e Administração, requerendo o completo envolvimento desde a alta administração até a frente de operação com as atividades de pequenos grupos (*JIPM apud FERNANDES et al., 2010*).

A Figura 1 apresenta o diagrama do *Vale Production System* – VPS, que ilustra a filosofia de gestão da empresa, que define regras gerais para organizar recursos e ajudar as áreas a executar suas atividades de modo a garantir um padrão de atuação, com seme-

lhanças na forma de trabalhar, de produzir e manter em todas as localidades da Vale, tanto na mina, como na usina, na ferrovia ou no porto (BARROS, 2011).

A implantação dessa filosofia, que pode ser associada aos conceitos da TPM, tem compreendido treinamento dos colaboradores, elaboração de relatórios gerenciais e respectivo acompanhamento para análise de desvios e perdas. Os pesquisadores tiveram acesso aos relatórios gerenciais do CCO (Centro de Controle Operacional) do porto, referenciados ao processo de descarga, movimentação de produtos no Porto de Tubarão, servindo de base para análise da aplicação da ferramenta de OEE, conforme se apresenta a seguir.

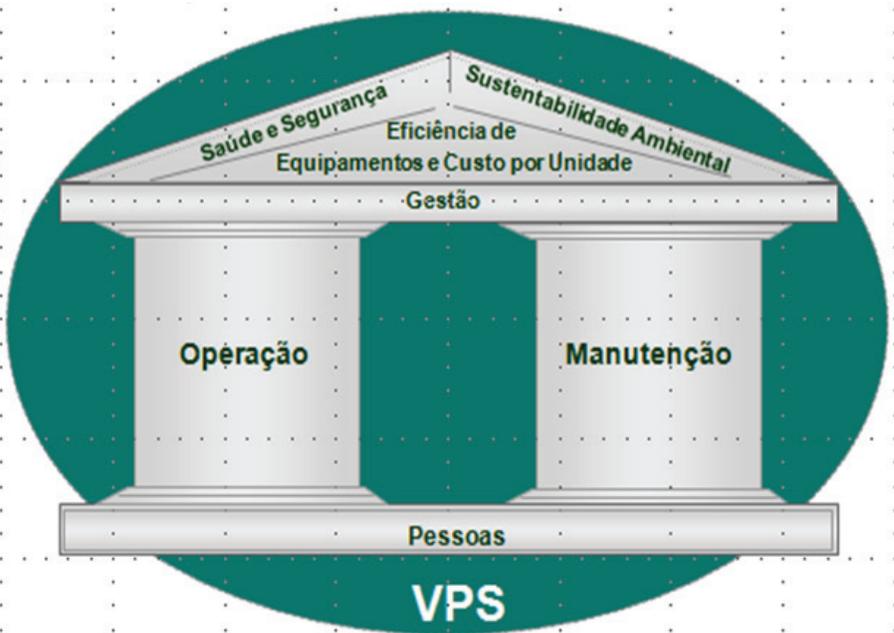


Figura 1 – Vale Production System

Fonte: Barros (2011).

2.3.1 Eficiência Global do Equipamento (OEE)

Uma das ferramentas utilizadas pela VALE em relação à medição da capacidade e desempenho de seus equipamentos diz respeito ao Índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE – *Overall Equipment Effectiveness*). O fator do OEE aponta a eficiência da máquina ou

da operação e é expresso pela relação percentual entre a produção real e a padrão, ou pela relação percentual entre o tempo padrão da operação e o real de execução. Moellmann et al. (2006) indicam que quanto mais próximo de 1 (100%) for o índice OEE, tanto mais produtiva será a linha de produção. Santos e Santos (2007) acrescentam que esse índice, ao medir o desempenho de equipamentos e máquinas ou seu conjunto, possibilita a identificação dos de menor índice de eficiência e, também de perdas.

Hutchins, 2008, aponta que a implantação da ferramenta OEE pode levar a ganhos expressivos de desempenho, produtividade e redução de custos pelo controle separado de indicadores de disponibilidade de equipamentos, seu desempenho operacional e qualidade da operação e sua posterior agregação para gerenciamento.

A VALE utiliza o OEE para acompanhamento do desempenho diário dos portos (PRO – 000197). Para o cálculo do OEE, são considerados como fatores a Disponibilidade Física, Utilização e a Produtividade. A seguir, apresentam-se as bases para o cálculo do OEE pela VALE, tendo em vista o PRO 000197, documento do Departamento de Operação de Portos e Rebocadores (VALE, 2011c).

O cálculo se baseia em estimativas relacionadas, quais sejam: Taxa Comercial, Taxa Efetiva, Tempo Operacional Efetivo, Taxa Efetiva Relativa, Disponibilidade Física, Produtividade Relativa, Utilização e Índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE). As equações propostas pelo PRO 000197 (VALE, 2011c) são:

Taxa Comercial

Mede o desempenho global de um navio, equipamento, linha, berço ou porto. A Taxa Comercial (T_{CB}) calculada para um navio é a seguinte:

Equação 1 – Taxa Comercial (T_{CB})

$$T_{CB} = \frac{CM}{TOD}$$

CM = carga movimentada em t;

TOD = tempo operacional disponível, ou seja, é o tempo total de horas corridas em que o navio permanece atracado no terminal, desde sua atracação até a desatracação. PRO 000197 (VALE, 2011c).

Taxa Efetiva

Mede o desempenho médio dos períodos de operação de um navio, equipamento, linha, berço ou porto, desconsiderando-se quaisquer paralisações, independentemente de sua causa ou responsabilidade.

Equação 2 – Taxa Efetiva (TE)

$$T_E = \frac{CM}{TOE}$$

TOE = tempo operacional efetivo, ou seja, é o tempo total de horas em que o sistema esteve efetivamente em operação. Ele é calculado pela soma dos períodos em que o sistema operou, ou pela relação:

Equação 3 – Tempo Operacional Efetivo (TOE)

$$TOE = TOD - T_{EX} - T_{OP} - T_{MAN}$$

T_{EX} = tempo de paralisações externas, ou seja, o tempo total de paralisações não de responsabilidade do porto como condições atmosféricas adversas, bloqueio do plano de carga pelo cliente, entre outras.

T_{OP} = tempo de paralisações operacionais, ou seja, tempo total de paralisações de responsabilidade do porto, como limpeza de correias, posicionamento de equipamentos, troca de turno, entre outros.

T_{MAN} = tempo de manutenção, ou seja, tempo total de manutenções corretivas, preventivas, preditivas, reformas, implantações ou manutenções de oportunidade, em que o equipamento ou sistema esteve bloqueado para operação, independente de haver ou não necessidade de sua utilização por parte da operação. PRO 000197 (VALE, 2011c).

Taxa Efetiva Relativa

Mede a relação percentual entre a taxa nominal¹ do equipamento, linha, berço ou porto e a taxa efetiva realizada e é expressa pela relação:

¹ Taxa nominal ou, como conhecido usualmente na VALE, taxa de projeto significa o nível de produção por hora prevista pelo fabricante ou considerada como base no projeto para a instalação. Operacionalmente pode ter uma variação para maior.

Equação 4 – Taxa Efetiva Relativa (TER)

$$T_{ER} = \frac{T_E}{T_{NOM}}$$

T_{NOM} = taxa nominal ou valor de projeto da taxa. PRO 000197 (VALE, 2011c).

Disponibilidade Física

Mede a relação percentual entre o tempo em que o equipamento ou linha de produção não esteve bloqueado por manutenções e o tempo total do período avaliado.

Moellman et al. (2006) conceituam disponibilidade como o tempo em que a linha de produção ou equipamento é empregado efetivamente em operação, ou seja, representa o tempo total disponível em que a máquina realmente pode ser utilizada.

Equação 5 – Disponibilidade Física

$$Disp = \frac{T_{CAL} - T_{MAN} - T_{IME}}{T_{CAL}} \times 100\%$$

T_{CAL} = tempo calendário, ou seja, tempo total do período considerado;

T_{IME} = tempo de implantação de melhoria, ou seja, tempo total de intervenções da engenharia, bloqueando o equipamento ou sistema para operação. PRO 000197 (VALE, 2011c).

Produtividade Relativa

Mede o desempenho médio dos períodos de operação propriamente dita de um equipamento ou linha de produção, desconsideradas quaisquer paralisações, independentemente de sua causa ou responsabilidade. PRO 000197 (VALE, 2011c).

Equação 6 – Produtividade relativa

$$PROD\% = \left(\frac{CM}{TOE} \right) \div (T_{NOM})$$

UTILIZAÇÃO

Relação percentual entre o total de tempo efetivamente operando e o total do tempo disponível do equipamento. PRO 000197 (VALE, 2011c).

Equação 7 – Utilização

$$U\% = \frac{TOE}{T_{CAL} - T_{MAN}} \times 100\%$$

Índice de Eficiência Global do Equipamento

O sistema de gerenciamento da VALE gera o desempenho diário dos portos – OEE no PRO – 000197 (VALE, 2011c), pela relação dos fatores de Disponibilidade Física, Utilização e a Produtividade, conforme segue:

Equação 8 – OEE (Eficiência dos Equipamentos)

$$OEE = DISP\% \times PROD\% \times UTIL\%$$

Esses indicadores e suas estimativas foram utilizados na análise do caso, a partir dos relatórios disponibilizados e das entrevistas realizadas, conforme se mostra a seguir.

3. METODOLOGIA E CASO EM ESTUDO: EMBARQUE NO PÍER I DE TUBARÃO-ES

O estudo pode ser considerado exploratório pela contemporaneidade do fenômeno e pela relativamente escassa abordagem acadêmica do tema específico, ou seja, a gestão de processos operacionais de portos especializados em graneis sólidos. A pesquisa de campo foi realizada em três meses, com tempo de duração média de entrevistas e visitas de uma a três horas, variando pelo interesse e disponibilidade de tempo do entrevistado, num total de cerca de 30 horas de pesquisa de campo. As entrevistas e visitas foram realizadas, praticamente, quinzenalmente, perfazendo um total de oito entrevistas com responsáveis pelas áreas de programação, operação e controle de pátio e de operação portuária e lotados no CCO (Centro de Controle Operacional) e duas visitas. Optou-se por não se gravar as entrevistas para não inibir os respondentes, da mesma forma, os pesquisadores asseguraram o uso essencialmente acadêmico das informações levantadas.

Os dados disponibilizados se referiram ao período de nove meses do ano de 2011 e tiveram como fonte básica, além das entrevistas realizadas, visitas técnicas ao local, relatórios empresariais e informações de apresentações institucionais em curso de especialização de engenharia portuária.

A metodologia utilizada foi a de estudo de caso com uso de evidências qualitativas e quantitativas na investigação de fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto real, no qual os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos e com o uso de fontes múltiplas de evidência: entrevistas, arquivos, documentos, observações, etc., conforme apresentado por Yin (2001).

Nesse enfoque, Yin (2001) discorda da qualificação simples do estudo de caso como método qualitativo. Eisenhardt (1989) chega mesmo a afirmar que o uso simultâneo de dados quantitativos e qualitativos, em estudo de caso, acaba gerando um efeito sinérgico, aliando o rigor das evidências quantitativas com o maior nível de detalhe das evidências qualitativas.

O trabalho focaliza, mais especificamente, o processo de embarque de minério no Píer I do Porto de Tubarão, identificando intervenientes, analisando e diagnosticando eventos na operação de embarque, de modo a apontar fatores críticos e eventuais melhorias referentes à produtividade na sua operação e a utilização e contribuição da ferramenta do OEE para subsídio da gestão operacional. Cumpre ressaltar que a pesquisa e os relatórios aos quais os pesquisadores tiveram acesso se restringiram ao Porto de Tubarão, a partir da descarga do minério de ferro.

O estudo de caso aplicou métodos e técnicas estatísticas, partindo-se da base teórica representada por artigos, livros, pesquisas em sítios especializados, complementada com informações obtidas em entrevistas não estruturadas com gestores, operadores e técnicos envolvidos no processo de embarque.

O Porto de Tubarão opera minério em dois píeres (I e II), correspondendo a três berços de atracação (Figura 2). Inicialmente, foram levantados dados de produtividade relativa aos três berços, no período de janeiro a setembro de 2011. As análises e estratificação dos dados de apontamentos de paradas dos equipamentos identificaram possíveis gargalos na rota do Píer I, identificando-se que o

Pier II apresenta taxas melhores, por exemplo, no mês de setembro atingiu produtividade de 72,9%, contra 33,8% do Pier I Lado Sul. O último foi assim definido como objeto do estudo de caso.

3.1 A VALE

A VALE foi criada pelo Governo brasileiro em 1942 e privatizada em 1997. Atualmente, opera em 13 Estados brasileiros e nos cinco continentes do mundo e possui mais de 9.000 km de malha ferroviária e dez terminais portuários próprios, segundo informações do seu sítio. É a maior empresa no mercado de minério de ferro e pelotas, além de operar serviços de logística, atividade em que é a maior do Brasil (VALE, 2011a).

Em 1º de abril de 1966, foi inaugurado o Porto de Tubarão localizado em Ponta de Tubarão, Vitória (ES). Com uma área total de 14 km², o Porto tem dois píeres, capazes de atender a três navios simultaneamente, ou 43 mil t/h. O complexo possui capacidade de exportar mais de 100 milhões de t anualmente (PERINI, 2010).

Além de abrigar o Terminal de Tubarão, para o transporte exclusivo de minério de ferro e pelotas, o complexo possui três terminais de carga geral: Praia Mole (carvão), Produtos Diversos (soja e fertilizantes) e Granéis Líquidos. O porto possui condições marítimas favoráveis, por causa da sua profundidade natural, altura de ondas e velocidade média dos ventos.

3.2 Porto de Tubarão

O Porto de Tubarão é composto pelos Píeres I e II, sendo o I dividido em dois berços de atracação, Lado Norte e Lado Sul. O Lado Norte possui Carregador de Navio (CN2A) com capacidade nominal de 13.350 t/h. A profundidade de seu berço, conforme afirma Perini (2010), permite atender a navios com capacidade entre 70.000 t e 180.000 t, nos tipos *Handy Size*, *Handymax*, *Panamax*, e *Cape Size*.²

² Os navios são classificados por tamanho medido em DWT (*deadweight ton*) ou seja, peso total que o navio movimentará, incluindo a carga, combustível, óleo, tripulação, peças sobressalentes, suprimentos, água potável e água de lastro expresso em toneladas métricas, como segue: *Handymax*: 30,000 – 50,000 DWT; *Panamax*: 50,000 – 80,000 DWT; *Cape Size* (*Pos-Panamax*) 80,000 – 200,000 DWT; *Very Large Ore Carrier* (*VLC*) 150,000 – 300,000 DWT; *Ultra Large Ore Carrier* (*ULC*) over 300,000 DWT (STOPFORD, 2009).

O CN, localizado no Lado Sul do Píer I, possui capacidade nominal de 13.350 t/h, capaz de carregar navios de até 70.000 t (*Handy Size, Handymax, Panamax, Cape Size*). Perini (2010) acrescenta que os CNs localizados no Píer I são capazes de atender a navios atracados tanto do Lado Norte como do Lado Sul, porém nas trocas de porão perde-se tempo porque o carregamento é interrompido para a manobra do CN. A Figura 2 apresenta a localização do Píer I no Porto de Tubarão em Vitória-ES.

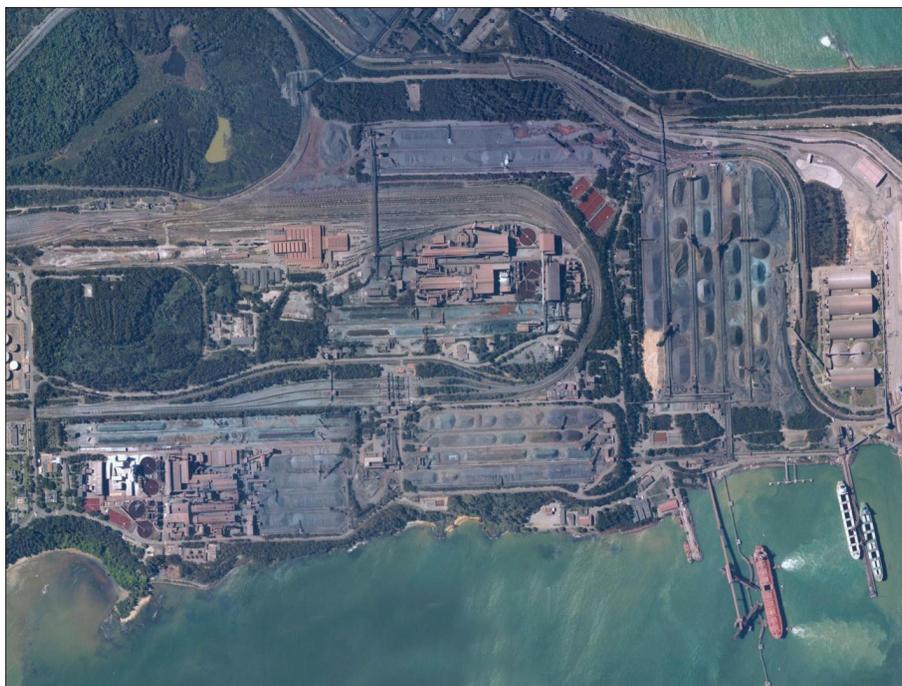


Figura 2 – Localização do Píer I do Porto de Tubarão.

Fonte: Vale (2011).

O Píer II possui dois CNs, o CN3 e CN4, que operam a uma taxa de carregamento de 16.000 t/h cada. Perini (2010) indica que devido à profundidade do Píer II ser maior do que a do I, ele é capaz de atender a navios com capacidade superior a 130.000 t (*Cape Size e Very Large Ore Carrier*).

Outro fator positivo é que, neste píer, o carregamento não é interrompido para a troca de porão devido a um divisor de fluxo que altera a rota da carga sem a necessidade de paralisação da correia transportadora, ou seja, opera duas lanças alimentadas pela mesma correia. Deste modo, enquanto um dos CNs carrega, o outro é reposicionado para dar continuidade ao carregamento, explica Perini (2010).

3.2.1 Processos da Operação Portuária

O sistema operacional de um porto é composto pelos subsistemas: chegada de navio, transbordo de carga, armazenagem, recepção terrestre e despacho, conforme Botter *apud* Pereira (2011). Um terminal portuário dedicado a minério de ferro difere de outros portos pela sua infraestrutura de pátio e equipamentos necessários para movimentação do produto. Ou, nas palavras de Pereira (2011): “o terminal de minério de ferro é classificado como um terminal de granel sólido especializado. Este tipo de porto, em geral, é o elo entre a mina e o cliente”, tendo como funções básicas: receber, armazenar, classificar e despachar.

No Porto de Tubarão, terminal de minério de ferro, a sequência das operações começa com o recebimento do material das minas, através das linhas férreas, descarga do produto nos Viradores de Vagões (VVs), encaminhamento e estocagem e, por fim, recuperação e embarque em navios. Em resumo, interagem os seguintes equipamentos e estruturas: Viradores de Vagões (VVs), Pátios, Peneiras, Empilhadeiras (EPs), Recuperadoras (RCs), Empilhadeiras-Recuperadoras (ERs) e Carregadores de Navio (CNs), assim como os Transportadores de Correia (TRs) que interligam estes equipamentos (PERINI, 2010).

Para o sistema de descarga, Perini (2010) descreve que a carga descarregada nos VVs segue para o peneiramento ou pátios de armazenagem por meio de rotas de capacidades diferentes, de acordo com seus equipamentos (TRs, EPs e ERs). As rotas são as possibilidades e caminhos de movimentação do produto aos pátios de estocagem para empilhamento e daí para os embarques nos navios.

No sistema de embarque, as RCs e ERs coletam o material nas pilhas localizadas nos pátios de armazenamento e, através dos TRs,

o direcionam até os CNs. As recuperadoras devem manter uma taxa constante de retomada, evitando “vazios” na correia e proporcionando uniformidade no carregamento (PERINI, 2010). Os CNs se posicionam sobre os porões dos navios para realizar o carregamento. A seguir, descrevem-se os equipamentos utilizados no processo de embarque de minérios.

3.2.2 *Virador de Vagões*

O Virador de Vagões é um equipamento utilizado para descarregar minério de ferro, pelotas e insumos para as usinas de pelotização. Os materiais chegam através de composições ferroviárias, que são posicionadas no pátio de manobras, para aguardar sua sequência de descarga (PERINI, 2010).

No Porto de Tubarão, a descarga de vagões é feita através de cinco VVs com capacidade de 7.000 t/h cada um. Os vagões são posicionados dois a dois e descarregados sem desacoplar, utilizando-se de engates rotativos, conforme PDO (VALE, 2011b).

3.2.3 *Peneiramento*

Perini (2010) define peneiramento como operação necessária para a última adequação granulométrica antes do embarque para exportação. No Porto de Tubarão, ocorre o peneiramento somente dos minérios granulados (acima de 6,3 mm), contando com 12 peneiras que realizam a retirada de materiais finos de minério granulado à taxa de 6.000 t/h, conforme PDO (VALE, 2011b).

3.2.4 *Pátio de Estocagem e Equipamentos*

O Regulamento de Operações Portuárias (VALE, 2010) conceitua pátio como “local onde são estocados granéis sólidos”. O PDO (VALE, 2011b) apresenta que, em Tubarão, funcionam duas grandes áreas de estocagem, a Área Velha, com os Pátios A, B, C e D e a Área Nova, com os pátios E, F, G, H, I, J e P com capacidade para acomodar cerca de 3,4 milhões de t. O pátio L abastece as Usinas I a IV e o pátio K é utilizado para estocagem de pelotas das Usinas V a VII.

Empilhadeiras

A empilhadeira é um equipamento utilizado para formar pilhas de granéis sólidos (PINHEIRO, 2011). No Porto de Tubarão, a estocagem é feita por quatro empilhadeiras, três empilhadeiras/recuperadoras, além de duas empilhadeiras “escravas”,³ que trabalham acopladas à empilhadeira para auxiliar na estocagem (PERINI, 2010).

Recuperadoras

A recuperadora de caçambas é utilizada para retirar o minério de ferro das pilhas formadas no pátio para embarque no navio. No Porto de Tubarão, existem duas recuperadoras de capacidade nominal de 6.000 t/h, três de 8.000 t/h e três empilhadeiras/recuperadoras de 8.000 t/h. O Porto ainda opera e administra duas recuperadoras de 6.000 t/h e uma de 8.000 t/h dos pátios de pelotas das usinas, conforme PDO (VALE, 2011b).

O Manual de Operação de Recuperadoras (VALE, 2011d) define a capacidade máxima de carga como o valor máximo, acima da capacidade nominal, que poderá ser recebida pelo equipamento, ou transferida ao subsequente. Esse valor é em função dos dimensionamentos mecânicos e elétricos do equipamento.

Esse Manual (Vale, 2011d) explicita que o volume que a recuperadora trabalha, multiplicado pela densidade do material representa a taxa horária durante a operação. Sabe-se que produtos de menor densidade têm maior volume sobre as correias, reduzindo sua taxa padrão. Portanto, na sua recuperação deve-se reduzir o fluxo, para evitar transbordamentos, entupimentos, entre outras ocorrências. O Manual ressalta que o operador deve sempre buscar maior produtividade, isto é, recuperar maior quantidade num menor espaço de tempo, dentro dos limites de segurança dos equipamentos, pessoas e da própria operação (VALE, 2011d).

Transportadores

O material recuperado é transportado para os navios por correias transportadoras. Perini (2010) indica que o “tempo desta

³ Empilhadeira “escrava”. Terminologia usual da VALE, correspondendo à empilhadeira que opera acoplada à empilhadeira principal.

transição deve ser ideal para que o material contido na seção côncava não caia pelas bordas do transportador ao passar pela seção plana". As bolas tendem a sair mais facilmente pelas bordas do transportador, o que faz que os transportadores possuam guias de material para evitar fugas de materiais (PERINI, 2010).

Esse conjunto de transportadores e o encaminhamento de materiais são denominados de rotas, sendo que, atualmente, o Porto possui mais de 5.000 rotas, com origens nas recuperadoras ou empilhadeiras/recuperadoras e destinos finais os carregadores de navio, conforme PRO 000436 (VALE, 2011e).

Carregadores de Navio

O carregador de navio é definido por Pinheiro (2011) como "uma máquina utilizada nas atividades de operação em geral, destinada ao carregamento de grãos sólidos para navios". Um dos componentes principais do CN é a lança, que direciona a carga nos porões dos navios. Pinheiro (2011) descreve os movimentos da lança como segue:

- Elevação: Içamento da lança, elevando-a ou abaixando-a dependendo da necessidade operacional;
- Telescopagem: Permite ao operador avançar ou recuar com a lança, distribuindo melhor a carga no sentido transversal do porão;
- Giro: Movimento rotatório da lança em torno do seu eixo vertical, possibilitando a distribuição da carga no sentido longitudinal do navio.

3.2.5 Indicadores de desempenho e de capacidade

O Manual de Operação de Recuperadoras considera que a capacidade para dimensionar sua estrutura metálica é a que corresponde ao grau de enchimento da correia em 100% e, também, a que garante a manutenção da integridade do equipamento ao representar o valor máximo admissível de carga (VALE, 2011d).

A capacidade nominal é a média estimada no manuseio de determinado produto durante a operação, incluindo os tempos mortos de posicionamento e reposicionamento nos movimentos do equipamento, por exemplo, translação, giro e elevação de uma recuperadora ou de um carregador de navio (VALE, 2011d).

A máquina pode trabalhar com variações de carga, para evitar ultrapassar a capacidade de projeto. Idealmente, quanto mais constante for o fluxo de carga em torno da capacidade nominal do equipamento, tanto maior será o seu desempenho operacional. As características físicas do produto e sua densidade também implicam em capacidades nominais diferentes (VALE, 2011d).

O Manual de Operação da VALE explicita que o equipamento deve trabalhar com a capacidade nominal como referência, ou seja, dentro de um intervalo no qual há como limite a capacidade de projeto ou limite máximo de carga. A capacidade de projeto deve ser entendida como capacidade máxima (limite) e não como base para operação, pois, a operação acima da capacidade de projeto exigirá do equipamento desempenho além do projetado, reduzindo sua capacidade produtiva (VALE, 2011d).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise do Píer I, foco deste estudo, levantou-se suas taxas efetivas do Lado Norte e do Sul, constatando-se que as taxas nos equipamentos de origens influenciaram na taxa efetiva do Píer I. Por exemplo, a RC02 representou o quarto maior volume de recuperação para o Píer I Norte, com taxa efetiva de 3.309 t/h, sendo que sua capacidade nominal é de 6.000 t/h e no mês de setembro apresentou o maior volume de recuperação para o Píer I Sul, com uma taxa de 2.912 t/h. A RC05, por sua vez, que apresentou a melhor taxa de embarque, correspondeu a um dos menores volumes recuperados.

Levantamento de toda a carga movimentada (CM) pelos equipamentos de origens com seus respectivos tempos totais de operação efetiva (TOE) permitiu identificar as produtividades dos equipamentos de origens.

A Tabela 1 apresenta os dados para os equipamentos de maior volume. A produtividade relativa de cada equipamento foi calculada dividindo-se o volume pelo seu tempo respectivo, obtendo-se a taxa efetiva, a qual foi dividida pela capacidade nominal.

*Tabela 1 – Píer I – Produtividade Equipamentos de Origens
Janeiro a Setembro de 2011*

Equipamentos	Volume Total (t)	Tempo Total (h)	Taxa Efetiva	Capacidade Nominal t/h	Produtividade Relativa
ER0x	7.276.522	1.438	5.060	8.000	63%
RC0v	15.918.072	2.667	5.968	8.000	75%
RCPz	674.380	212	3.178	8.000	40%

Fonte: Autoria própria.

As informações obtidas nas entrevistas complementaram que quando as recuperadoras operam com minério fino e superfino, apresentam melhores taxas efetivas e, portanto, melhores produtividades relativas, pois suas densidades são maiores do que as da pelota e granulados. Por outro lado, produtos de densidades menores possuem as menores taxas de recuperação. Além disso, o volume de material recuperado influencia também nessa taxa.

Assim, para melhorar a produtividade do Píer I, seria preciso aumentar o volume embarcado num intervalo de tempo operacional efetivo. A redução dos tempos de paradas não previstas, eventuais gargalos, exige a avaliação do indicador de utilização.

Foram disponibilizados os tempos de paradas registrados no Centro de Controle Operacional (CCO), referindo-se às paradas dos equipamentos por manutenção e por condições adversas, por exemplo, mau tempo. Ao se considerar os equipamentos de origens das rotas e os dos destinos finais, identificaram-se o equipamento que ficou mais tempo parado e o que obteve uma frequência maior de apontamentos. Para entender melhor esses apontamentos, foi elaborado gráfico de Pareto, que indicou que 77% das paradas são relativas a causas operacionais. A estratificação dos apontamentos de paradas operacionais é mostrada no Gráfico 1.

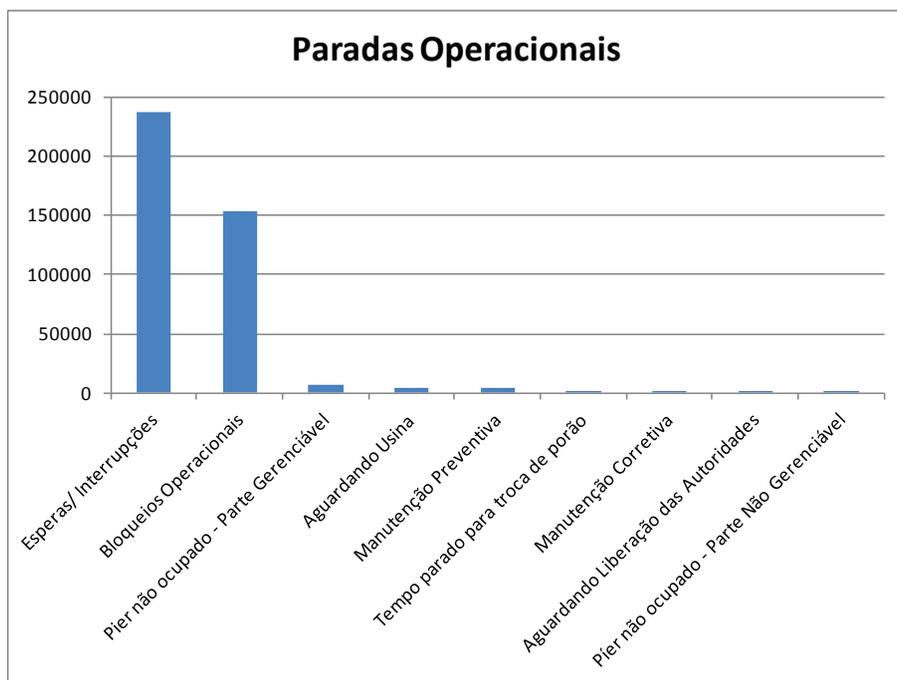


Gráfico 1 – Porto de Tubarão – Pier I – Paradas Operacionais (em min.)
Janeiro a Setembro de 2011

Fonte: Autoria própria.

O Gráfico 2 apresenta a estratificação dos bloqueios operacionais do Pier I, um dos principais motivos de paradas operacionais no acumulado do período janeiro a setembro de 2011.

A análise desses dados e as informações dos especialistas consultados indicaram que o Bloqueio por CN acontece quando não se tem como operar com os dois CNs ao mesmo tempo devido ao seu posicionamento ou prioridade relativa. O Bloqueio para Navio pode acontecer quando não há rota para carregar o navio, pela prioridade para o empilhamento, ou quando a rota está ocupada para abastecer outro berço ou realizar a transferência dos produtos nos pátios. Bloqueio por Empilhamento acontece quando não se pode recuperar minério por questões estruturais dos pátios, disposição dos equipamentos e das rotas, devido ao espaço da manobra ou empilhadeira com prioridade da rota para operar.

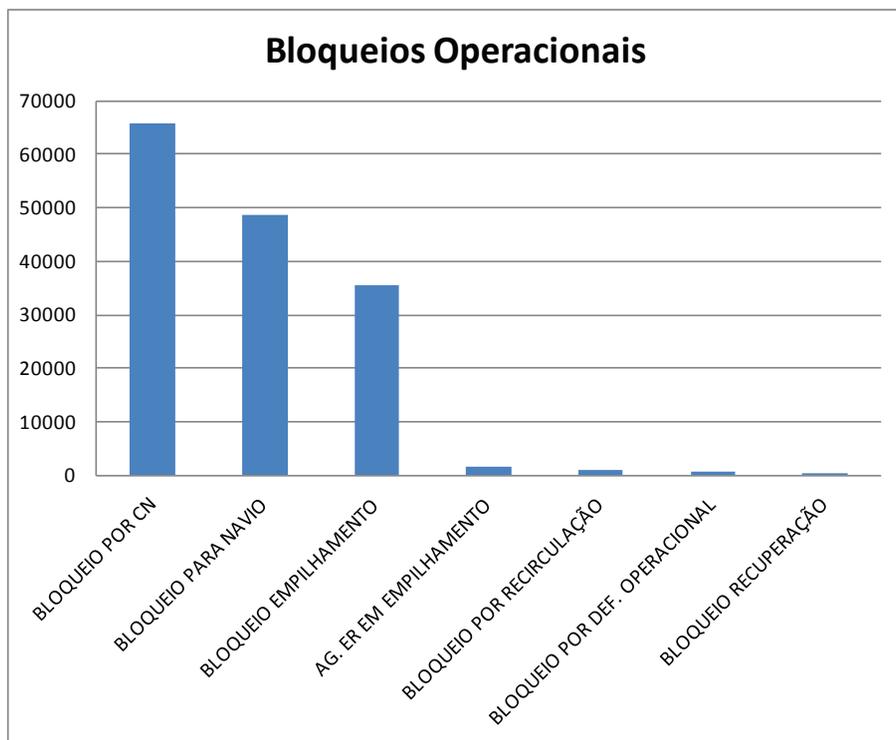


Gráfico 2 – Porto de Tubarão – Píer I – Bloqueios Operacionais (em min.)

Fonte: Autoria própria.

A identificação de gargalos nas rotas foi feita pela análise de 17 rotas que representavam 52% do volume embarcado no Píer I no período. Nas 17 rotas estudadas, foi identificado que um dos gargalos do Carregador se dá quando a rota recupera pelota e sua capacidade cai de 8.000 t/h para 6.000 t/h. Ou seja, quando o material flui do equipamento gargalo para o não gargalo, resulta que o último fica limitado a trabalhar apenas com o volume do fornecimento do equipamento gargalo, o que faz que a rota diminua sua taxa efetiva.

A recuperação simultânea para o Píer I no período considerado representou, no mês de setembro, 46% do tempo de embarque no Lado Norte e 40% no Lado Sul, indicando que quando uma recuperadora atua sozinha para o Píer, a taxa do embarque é menor.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos e análise realizados a partir dos dados levantados indicaram que a utilização da ferramenta OEE e seu gerenciamento permitiu identificar como um dos fatores para melhorar a produtividade do Píer I pode ser o aumento do volume de produtos disponíveis nos pátios, ou seja, é preciso ter material suficiente no pátio para atingir as melhores taxas de recuperação e, assim, de carregamento. As informações obtidas indicaram que como a disponibilidade de material no pátio é resultante de seu fornecimento pelas minas, estas podem ser consideradas como gargalo. Logicamente, as condições de extração e de encaminhamento compõem a gestão integrada da cadeia logística. Por exemplo, evento recente de fortes chuvas na região mineradora ocasionou falta de material no porto e atraso de embarques e, portanto, de atendimento de clientes.

Outra constatação é de que a rota que apresentou um dos maiores volumes se configurou como gargalo no transportador CN e recuperadora ao realizar a recuperação de pelotas. Este fato, considerado como restrição na linha, indicou a necessidade e justificou a decisão de realização de estudo específico para o seu equacionamento.

O tempo em que o Píer ou equipamento não está em operação por motivo de parada operacional influencia sua utilização. Nesse sentido, as estratificações realizadas identificaram os fatores que mais impactaram o uso do equipamento, por exemplo, bloqueio por CN, bloqueio para navio e bloqueio de empilhamento.

Também ficou evidenciado que o tratamento gerencial dos apontamentos de utilização pode resultar na melhoria da disponibilidade dos equipamentos, de modo a permitir sua utilização em operações simultâneas, aumentando a produtividade do Píer I.

A estrutura física dos pátios e a disponibilidade das máquinas também podem representar gargalos para o Porto. Uma das constatações diz respeito à necessidade de repotenciamento das RCs e TRs, possibilitando a melhoria de taxas de eficiência com a operação de somente uma RC e assim mais rotas para os programadores.

O estudo conclui que o gerenciamento contínuo de processos operacionais é estratégico na obtenção e manutenção de vantagens competitivas no mercado internacional. Além disso, os princípios da TPM e a utilização contínua da ferramenta do OEE mostram-se

eficazes no apoio à gestão da operação, ao encontro do estabelecido no VPS. Logicamente, essa gestão, a partir de procedimentos e mensuração de indicadores, apresenta proposições de melhorias que devem ser avaliadas pela empresa como um todo.

O estudo conclui pela efetividade da utilização da ferramenta da OEE no contexto do Porto de Tubarão e da aplicação do VPS, empresa de classe mundial, e pretende contribuir para o conhecimento da gestão operacional e da manutenção de empresas semelhantes. No entanto, cabe notar que a par da limitação intrínseca dos estudos de caso de não permitir a generalização dos resultados, a extensão dos estudos deve abarcar períodos maiores, assim como a participação de outros setores empresariais.

REFERÊNCIAS

- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**. 6a. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.
- BARROS, A. **Manutenção – função estratégica**. Apostila elaborada para o curso de pós-graduação em Engenharia Portuária, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2011.
- EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **Academy of Management Review**. v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.
- FALCONI, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 8a. ed. Nova Lima, MG: INDG TecS, 2004.
- FERNANDES, J. C.; MACON, E.; CASPANI, F. C.; ALONSO, L. C. **Total productive maintenance – TPM**. UNESP, Faculdade de Engenharia de Bauru. Bauru, SP. 2010. Disponível em www.feb.unesp.br/jccandido/manutencao/Grupo_2.pdf. Acesso em 24 fev. 2012.
- FERNANDES, J. C.; PAULA, L. F.; SILVA, M. M.; ROCHA, T. J. S. **Os oito pilares da TPM**. UNESP, Faculdade de Engenharia de Bauru. Bauru, SP. 2010. Disponível em http://www.feb.unesp.br/jccandido/manutencao/Grupo_3.pdf. Acesso em: 24 fev. 2012.
- GONÇALVES, J. E. L. As empresas são grandes coleções de processos. **RAE – Revista de Administração de Empresas**, v. 40, n. 1, p. 6-19, jan./mar. 2000.
- HAQUE, B.; PAWAR K. J.; BARSON, R. J. The application of business process modelling to organizational analysis of concurrent engineering environments. **Technovation**. v. 23, p. 147-162, 2003.
- HUTCHINS, D. **Hoshin Kauri – The strategic approach to continuous improvement**. Great Britain: Grower Publishing, 2008.
- MIRSHALKA, V. OLMEDO, N. **TPM à moda brasileira**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- MOELLMANN, A. H. et al. Aplicação da Teoria das Restrições e do Indicador de Eficiência Global do Equipamento para Melhoria de Produtividade em uma Linha de Fabricação. **Revista Gestão Industrial**. v. 2, p. 89-105, 2006.

MORAES, P. H. A. **Manutenção produtiva total**: estudo de caso em uma empresa automobilística. 2004. 90 s. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté.

NAKAJIMA, S., **Introdução ao TPM – Total productive maintenance**. São Paulo: IMC, 1989.

OLIVEIRA, D. P. R. **Administração de processos: Conceitos, metodologia, práticas**. São Paulo: Atlas, 2006.

PEREIRA, N. **Operação portuária**. Apostila elaborada para o curso de pós-graduação em Engenharia Portuária, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2011.

PERINI, C. A. **Estudo do sistema de gestão de limpeza industrial no Porto de Tubarão**. Monografia do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Portuária da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Vitória, 2010.

PINHEIRO, J. M. **Operação portuária carregadores de navios**. Apostila elaborada para o curso de pós-graduação em Engenharia Portuária, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2011.

_____. **Operação Portuária Operação de Empilhadeira**. Apostila elaborada para o curso de pós-graduação em Engenharia Portuária, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2011.

SANTOS, A. O.; SANTOS, M. J. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso**. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27. Foz do Iguaçu, 2007.

SHIROSE, K. **TPM for workshop leaders**. Taylor & Francis, London, 1992.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. Editora Atlas, 3a. ed., São Paulo, 2009.

SLACK, N.; LEWIS, M. **Estratégia de operações**. Editora Bookman, 2a. ed., Porto Alegre, 2009.

STOPFORD, M. **Maritime Economics**. 3a. ed. London: Routledge, 2009.

TUBINO, D. F. **Sistemas de produção: A produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 1999.

VALE. **História da Vale**. Disponível em: <<http://www.vale.com.br/>>. Acesso em: 5 nov. 2011. 2011a.

_____. **PDO Plano diretor operacional do Terminal de Minério de Tubarão 2012 a 2016**. Departamento de Operação de Portos e Rebocadores. Arquivo Interno VALE, Vitória, 2011b.

_____. **PRO 000197 Gerar OEE – Departamento de Operação de Portos e Rebocadores**. Arquivo Interno VALE, Vitória, 2011c.

_____. **MANUAL DE OPERAÇÃO. Princípios básicos para um bom desempenho de uma recuperadora de granéis sólidos**. Arquivo Interno VALE, São Luís, 2011d.

_____. **PRO 000436 Recuperar granéis sólidos – Departamento de Operação de Portos e Rebocadores**. Arquivo Interno VALE, Vitória, 2011e.

_____. **ROP Regulamento de operações portuárias**. Departamento de Inovação e Desenvolvimento. Arquivo Interno VALE, Vitória, 2010.

VIEIRA, E. B. P. M. **Business process management – Modelagem de processos de negócio.** Publicado em 21 mai. 2007. Disponível em: <http://intranetportal.org.br/wp/2007/05/b-p-m-business-process-management-%E2%80%93-modelagem-de-processos-de-negocio>. Acesso em: 20 out. 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso – Planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

Recebido em: 29.5.2012

Aprovado em: 23.9.2012

Avaliado pelo sistema double blind review.

Editor: José Alberto Carvalho dos Santos Claro.

Disponível em <http://mjs.metodista.br/index.php/roc>