

Autor: Herbert Ricardo Garcia Viana

Doutor em engenharia de produção, professor na UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

1 – Introdução

Configura-se em um desafio nas empresas globais a identificação dos aspectos que influenciam a produtividade dos trabalhadores nas suas atividades laborais, segundo Thomas *et alli.* (1990), não existe na literatura um consenso no que tange a tais aspectos. Observa-se uma busca nas empresas da elevação da produtividade dos seus efetivos de trabalhadores, uma vez que quanto maior tal produtividade, maior é a competitividade das companhias, por exemplo, na América Latina, segundo Botero *et alli.* (2004), as empresas do setor de construção e manutenção sofrem com a falta de eficácia e produtividade, o que resulta em perdas na sua competitividade.

O desafio torna-se maior na função manutenção dada suas características, onde conforme Loera *et alli.* (2013) são encontradas atividades variadas, não repetitivas e com ciclos diferentes.

Diante de tal desafio a observação do trabalho, através da amostragem aleatória de atividades, identificada na literatura como *Working Sampling* (CARVALHO ET ALLI, 2004; SANTOS, 1995), constitui-se em importante ferramenta para identificação, análise e correção de fatores que ocasionam improdutividades, conforme Freita *et alli.* (1994), através da observação do trabalho e levantamento de dados é possível as modificações necessárias no processo produtivo, bem como, melhor explicadas aos envolvidos (operários).

2 – Objetivos e escopo do trabalho

O presente artigo tem como objetivo expor o emprego da técnica de *working sampling* nas atividades da manutenção industrial em uma planta de beneficiamento de minério de ferro, abordando a metodologia adotada, contribuindo na discussão da problemática envolvendo a questão de qual o método pode ser aplicado na função manutenção industrial capaz de identificar os tempos improdutivos nas suas rotinas, explorando os seguintes aspectos: (i) utilização de metodologia com base em experiências descritas na literatura; (ii) verificação da pertinência do método na exploração do aspecto da produtividade dos trabalhadores da manutenção industrial.

Desta forma, proporcionando à literatura da engenharia de produção mais um estudo de caso sobre métodos capazes de avaliar a produtividade na atividade mantenedora, bem como, indicando as causas de improdutividades na função.

O escopo do trabalho baseia-se em uma pesquisa na literatura explorando aspectos da aplicação do *working sampling* na função manutenção, definição de uma metodologia a ser aplicada no estudo de caso no site de Carajás, e por fim, aplicação em campo do método, discutindo sua pertinência quanto ao desafio da identificação da produtividade em funções não repetitivas, como é o caso da manutenção.

3 – Revisão literatura

3.1 – Manutenção

Segundo a NBR-5462 ABNT (1994) e Blanchard *et alli.* (1995), a manutenção consiste na combinação de todas as ações necessárias para manter, ou restabelecer, um produto ou sistema ao estado no qual ele pode executar a função requerida, podendo incluir eventuais modificações no produto ou sistema.

Nota-se, na definição da NBR-5462 de 1994, uma visão mais ampla sobre a função manutenção, sendo esta uma característica da terceira geração, Automação, citada no capítulo anterior. Ao observar a versão anterior da NBR-5462, de 1975, percebem-se os traços característicos da segunda geração, Industrialização, onde o foco repousa na máquina que deve ser consertada, uma vez que o texto indicava: “são todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada”.

Na terceira geração, a função manutenção ocupa lugar de destaque para o sucesso das empresas, conforme já afirmava Nagao (1999). Ainda segundo esse autor, o impacto de uma manutenção inadequada e ineficiente pode definir a rentabilidade do negócio e a sobrevivência do empreendimento. Segundo Sousa *et alli.* (2011), atualmente a manutenção está presente no dia a dia das organizações, sendo de suma importância para garantir o desempenho funcional do equipamento, atribuindo dessa forma, confiabilidade ao processo produtivo.

O caráter estratégico da Função Manutenção para as empresas de transformação é defendido por vários autores. Wireman (1998) observa que a política de manutenção de uma empresa configura-se em um fator determinante do sucesso do planejamento da produção e, portanto, da produtividade do processo. Souris (1992) defende que a busca pela qualidade do

processo e do produto passa pela qualidade da manutenção, sem a qual o montante investido em sistemas de gestão da qualidade pode ser inteiramente perdido.

O entendimento do peso estratégico da Função Manutenção nas organizações ainda não é um ponto inteiramente aceito. Marconi e Lima (2003) afirmam que a importância da função manutenção e a opção consciente de seu modelo nem sempre são claras e levadas em consideração na análise das estratégias das organizações – e quando o são, acabam sendo descartadas por uma análise incorreta dos custos envolvidos.

Murthy *et alli.* (2002) observam que a gestão da manutenção tem um relevante peso estratégico em uma companhia, sendo vital para o sucesso nos objetivos das organizações. Segundo o autor, os fatores de sucesso para a gestão estratégica da manutenção estão relacionados com os objetivos do negócio, as estratégias de manutenção, carga de produção e o estado dos equipamentos. Conforme Martins e Laugeni (1998), os processos produtivos das empresas dependem da confiabilidade e disponibilidade de seus equipamentos e instalações, podendo uma planta bem mantida significar expressiva vantagem competitiva sobre a concorrência.

Importante observar que os produtos (entregas) da função manutenção não devem se resumir ao serviço executado ou a quantidade de horas dedicadas à manutenção, como observa Pinto e Xavier (2001), a saída do processo de manutenção é resultante da eliminação da corretiva, perfeito funcionamento dos equipamentos, ganho de desempenho, redução de custos, enfim, aumento da produtividade da empresa.

3.2 – Produtividade e *work sampling*

Segundo Dantas (2011), em 1980, um trabalhador brasileiro produzia em média o equivalente a US\$ 21 mil por ano. Em 2008, esse número recuou para US\$ 17,8 mil. Houve, portanto, queda de 15% no período. Esses dados fazem parte da *Penn World Table*, banco de dados do Centro para Comparações Internacionais de Produção, Renda e Preços da Universidade da Pensilvânia. O Brasil só ganha de 21 países, sendo 11 da África, incluindo Costa do Marfim, Malawi, Somália, Camarões, Togo e Zimbábue. Todos os outros países africanos tiveram desempenho melhor do que o Brasil. Na América Latina, a evolução da produtividade do trabalho brasileira nas últimas três décadas só não é pior do que a apresentada por Paraguai, Venezuela, Nicarágua e Haiti.

Repousa na elevação da produtividade do trabalhador brasileiro, um dos desafios das organizações do país para o século XXI, uma vez que tal variável configura-se em um dos

fatores de sucesso para o desenvolvimento de vantagem competitiva ante o cenário de concorrência globalizada de produção de bens e serviços. Nas palavras Krugman citado por Lüders et alli. (2012), “produtividade não é tudo, mas no longo prazo é quase tudo”. Ou seja, ela é a chave para pavimentar a rota de um país para o enriquecimento.

Um país mais produtivo é um país mais rico e desenvolvido, o brasileiro não trabalha menos que os estrangeiros, Luders et ali. (2012) traz que no Brasil os trabalhadores dedicam mais horas ao trabalho do que a população da maioria dos países ricos, segundo dados da Organização Internacional do Trabalho e da OCDE, no entanto, ter mais horas de trabalho não quer dizer maior produção, Luders et ali. (2012) exemplifica esta afirmação com o caso dos trabalhadores alemães, que são os mais produtivos da Europa com jornada média de 38 horas de trabalho semanal e 40 dias úteis de férias, e quando comparados aos brasileiros são quatro vezes mais produtivos, segundo Pessoa citado por Luders et alli (2012).

Neste contexto de busca da elevação da produtividade dos trabalhadores, a observação planejada do trabalho, ou *working sampling*, como é chamada por vários autores, constitui-se em uma ferramenta adequada para levantamento e análise de dados provenientes do campo nas atividades de manutenção, segundo Santos (1995) a técnica (*working sampling*) é facilmente adaptável às peculiaridades como descontinuidade, baixa intensidade de alocação de recursos e variabilidade da produtividade, sendo que tais características se apresentam na função manutenção.

Konorti (2012) indica que na engenharia industrial surgem diversos novos métodos para análise de produtividade, no entanto, métodos simples, como o *working sampling*, produzem dados e possibilita análises para melhoria continua dos processos industriais.

Observam-se em algumas aplicações da técnica de *working sampling* alguns patamares de produtividade praticados na função manutenção, Knights (2011) indica em seu trabalho um valor médio de trabalho direto (produtivo) de 36% na indústria australiana, Loera et alli (2013) aponta em sua pesquisa um percentual de tempo produtivo em média de 60% nas empresas mexicanas pesquisadas pelo grupo de pesquisadores.

4 – Metodologia

4.1 – Definição do tamanho da amostra

A observação planejada do trabalho (*working sampling*) no processo de manutenção pressupõe uma coleta de várias amostras capazes de representar o universo da função, segundo Loera et alli (2013) apud. Murray et alli (2009) o tamanho da amostra para uma população

finita em uma empresa que se deseja realizar uma observação planejada do trabalho pode ser calculada baseada na expressão indicada na equação (1).

$$n = \frac{Z_{\sigma}^2 N p q}{d^2 (N-1) + Z_{\sigma}^2 p q} \quad (1)$$

Sendo:

$n \rightarrow$ Número de amostras a serem observados;

$Z_{\sigma} \rightarrow$ Coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada;

$q \rightarrow$ Probabilidade de não ocorrência de evento de probabilidade (pessoa não estar em atividade direta);

$p \rightarrow$ Probabilidade de ocorrência de evento de probabilidade (pessoa estar em atividade direta);

$d \rightarrow$ Erro relativo da medida;

$N \rightarrow$ Tamanho da população à ser amostrada;

Considerando um grau de confiança de 95% e erro de 5%, a tabela 1 mostra a quantidade de observações necessárias para a amostra levando em consideração uma produtividade estimada antes da observação de 35%, isto é $p = 0,35$.

Tabela 1 – Tamanho da amostra, grau de confiança 95%, erro 5%, $p = 35\%$, $q = 65\%$

Localidade	Empregados Manutenção 01/04/2014	Total de Empregados 01/04/2014	Z_{σ}	N	$d =$ 5%	$p =$ 35%	$q =$ 65%	Tamanho da amostra
Usina Beneficiamento Carajás	1235	2035	1,96	1,81	0,05	0,35	0,65	273

A partir da tabela 1 chegamos a um tamanho de amostra com 273 registros. Para tal, considerando uma quantidade de 6 observações por dia de duração de 30 minutos, são necessários 45 dias para obtenção da amostra total da população. Conforme Loera *et alli* (2013) os intervalos de tempo entre as observações deve ser aleatório, os autores afirmam que é comum a determinação de tais horários através do método de considerar três dígitos de uma

tabela de números aleatórios, sendo que o primeiro indica a hora e os seguintes os minutos. O tempo de observação estipulado em 30 minutos teve como base o modelo proposto por Loera *et alli* (2013)

4.2 – Etapas do trabalho

A metodologia proposta consiste em pesquisa aplicada, voltada às características do processo de manutenção industrial do complexo de Carajás. O trabalho é suportado por abordagens qualitativas. Quanto aos procedimentos, a pesquisa utilizou o método de estudo de caso podendo ser caracterizada como descritiva conforme proposto por Vergara (2004). Seguindo a linha qualitativa, o trabalho apoia-se principalmente em conceitos apresentados na literatura e nas observações planejadas em campo.

4.2.1 – Complexo industrial de Carajás

O processo de beneficiamento do minério de ferro em Carajás inicia-se na etapa de cominuição, seguindo para a classificação do mesmo, através de equipamentos que realizam as operações de britagem, peneiramento a úmido e classificação do minério. As etapas são: britagem primária, britagem e peneiramento secundário, britagem e peneiramento terciário, ciclonação, espessamento e filtragem de pellet feed.

A capacidade anual atual de produção deste sistema é de 150 Milhões de toneladas distribuída em 4 usinas, ou seja, aproximadamente 380 mil toneladas diárias. O objetivo da usina de beneficiamento é a obtenção de três produtos de granulometrias distintas: Pellet Feed, Sinter Feed e Granulado. Abaixo segue o fluxo da usina principal de Carajás que possui capacidade 100 milhões de toneladas ao ano, figura 1.

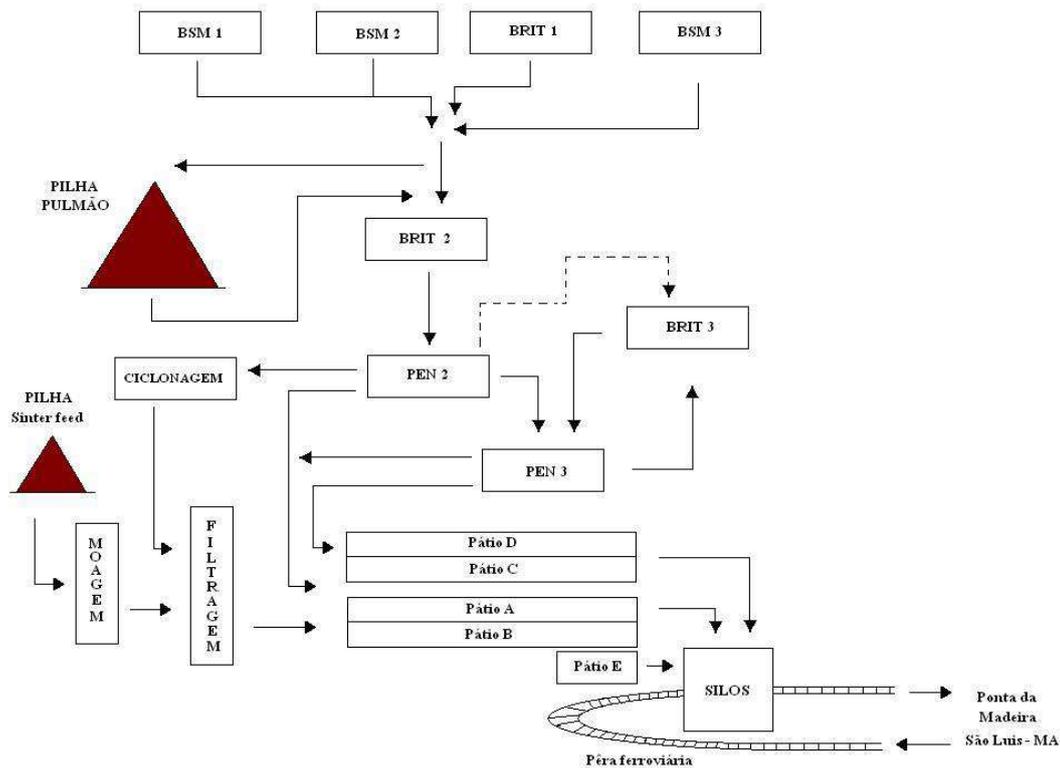


Figura 1 – Fluxo da Usina Principal de Carajás

Conforme o fluxo da figura 1, pode-se perceber que a mina tem várias opções para alimentar a usina, a britagem primária, BSM 1, 3 e 4.

Essas opções são fornecidas com intuito de reduzir tempo e custo com o transporte do minério para usina. Todo o minério é então transportado através de correias transportadoras até a britagem secundária onde o mesmo será novamente britado para uma redução ainda maior da granulometria do minério.

Existe ainda a opção da “Pilha Pulmão”, que tem com objetivo armazenar o minério em caso de uma parada imprevista na usina evitando assim a parada nas operações de mina. Ou seja, enquanto o problema estiver sendo resolvido o minério será estocado na pilha e futuramente será recuperado e processado pela usina. Esse processo é realizado através de alimentadores e transportadores de correia que estão instalados sob da “pilha pulmão”.

A britagem secundária é um circuito fechado, isso quer dizer que todo o material que não atingir a granulometria desejada retorna ao britador para rebritagem. Apenas o material na granulometria desejada seguirá para a próxima etapa, o peneiramento secundário.

Também chamado de “coração da usina” no peneiramento secundário o minério começa a ser separado por granulométrica (granulado, sinter feed e pellet feed), e é aqui que começa o processo por via úmida.

De acordo com a sua granulometria o minério é transportado para as outras etapas do processo de beneficiamento. São elas: peneiramento e britagem terciária, cicloneagem tripla e filtragem. Ainda existem na usina de Carajás a moagem de bolas que é alimentada por uma pilha de sinter feed, moendo esse material e o transformando em pellet feed. Todos os produtos gerados na usina são encaminhados ao pátio de estocagem onde serão armazenados, e posteriormente serão carregados e transportados até o porto de Ponta da Madeira em São Luis – MA.

Na figura 2, são detalhadas todas as etapas do processo de beneficiamento de minério de ferro em Carajás, bem como, o seu balanço de massa apontando para os produtos gerados pela Usina, ver legenda no canto direito da figura.

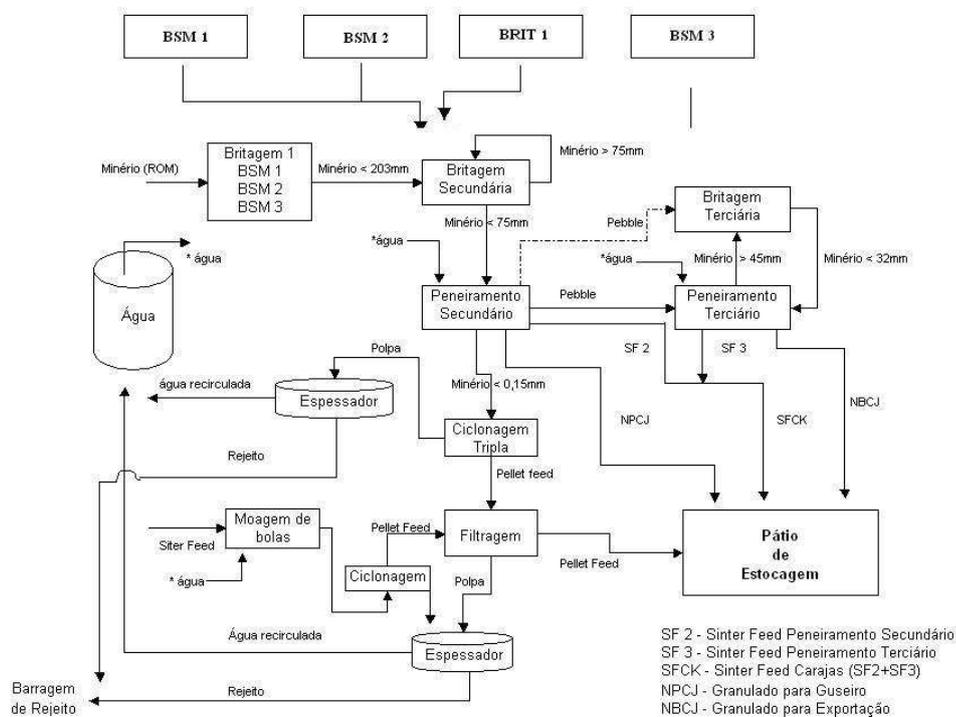


Figura 2 – Fluxo detalhado e produtos da Usina

De maneira geral existem 3 tipos de produtos gerados nas usinas de Carajás, o Pellet Feed, o Sinter Feed e Granulado. Eles são distintos pela granulometria sendo o Pellet Feed o mais fino, o Sinter Feed que é o material intermediário e o Granulado o material de maior granulometria, são eles:

$0,15 \text{ mm} > \text{Pellet Feed} > 0,045 \text{ mm}$

$6,3 \text{ mm} > \text{Sinter Feed} > 0,15 \text{ mm}$

11 mm > Granulado > 6,3 mm

4.2.2 – Aplicação do *working sampling* na função manutenção

A aplicação da ferramenta no campo foi realizada através das etapas ilustradas na figura 3, onde se destaca a preparação das equipes para recebimento dos observadores durante a execução dos trabalhos de manutenção.

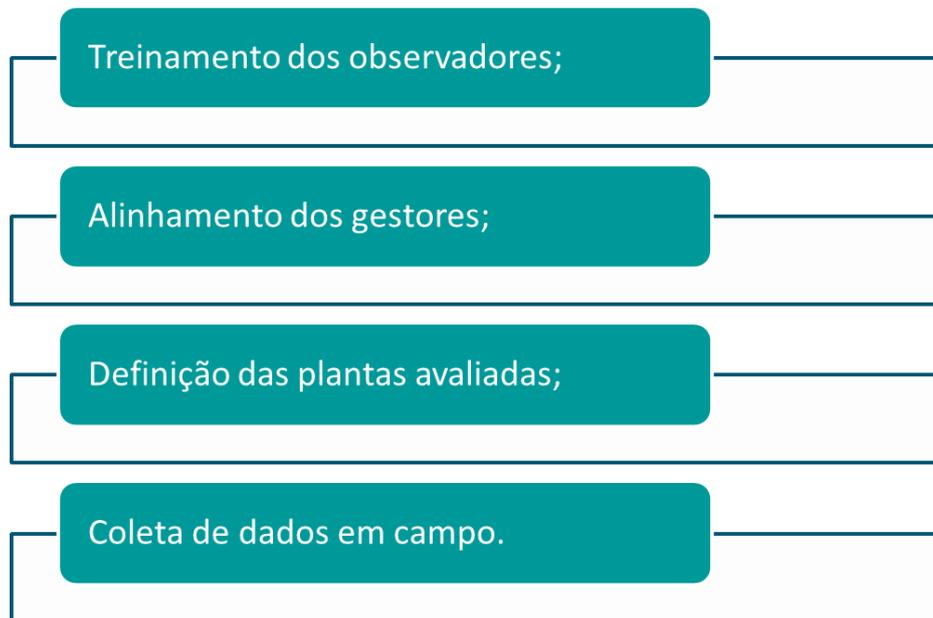


Figura 3 – Etapas do trabalho em campo

Os trabalhos da manutenção foram observados em oito áreas dentro da planta de beneficiamento, em um total de amostras de 273 observações com duração média de 30 minutos por observação, ao longo do mês de julho e agosto de 2013.

As áreas foram estudadas previamente em seus layouts de forma a fornecer aos observadores o entendimento da movimentação realizada pelos trabalhadores ao longo da atividade mantenedora, a figura 4 ilustra uma destas áreas.



Figura 4 – Exemplo de layout de área observada

Na coleta de dados os executantes foram identificados em seus capacetes com etiquetas, conforme sua função no processo de manutenção de campo: (i) soldador; (ii) mecânico e (iii) técnico. A figura 5 ilustra o padrão de identificação adotado.



Figura 5 – Padrão de identificação dos executantes da manutenção

A observação foi realizada tendo as tarefas previamente agrupadas em grupos que representaram as diversas situações encontradas em campo, seguiu-se as seguintes definições:

Trabalho direto: toda ação ligada diretamente a execução da atividade mantenedora;

Trabalho indireto: preenchimento de APT (Análise Prévia da Tarefa), mobilização/desmobilização da frente de serviço, aguardando bloqueio elétrico do equipamento, aguardando mão-de-obra e o tempo investido em ginástica laboral;

Reuniões/Instruções: instruções referentes a atividade e orientações de segurança do trabalho realizada no DSS (Dialogo de Saúde e Segurança);

Refeições: tempo dedicado a lanches, almoço, jantar ou ceia;

Tempo pessoal: uso de banheiros, bebedouros, vestiário, bem como, tempo dedicando a conversas não relacionadas a atividade, tabagismo e uso de telefone particular;

Aguardando ferramentas e materiais: tempo decorrente da espera pela chegada de ferramenta ou material para continuidade da atividade;

Deslocamento na área: tempo dispendido no deslocamento interno à área observada, não considerando deslocamentos externos à área onde a atividade mantenedora estava sendo realizada;

Aguardando equipamentos: tempo dedicado a espera de equipamentos auxiliares a atividade mantenedora, por exemplo, guindastes;

Transporte/translado: tempo envolvendo o deslocamento externo à área observada.

5 – Análises e discussões

As observações em campo ocorreram em dois meses, envolvendo cerca de 30 profissionais na tarefa de preparação e observação dos trabalhos na função manutenção em campo. A variedade de tarefas da manutenção, bem como, a existência de várias áreas de atuação na planta de beneficiamento, proporcionaram uma riqueza de detalhes nas observações como também dificuldades na realização do trabalho.

Um dos desafios foi o planejamento e capacitação dos observadores, uma vez que a técnica não é largamente utilizada na indústria brasileira, dos 30 observadores selecionados dentre engenheiros e técnicos com média de 5 anos de experiência na área industrial, apenas três já haviam tido contato com a método do *working sampling*.

Diante disto, se investiu um tempo maior na fase de preparação do que na etapa de observação de campo, a etapa de “treinamento dos observadores” envolveu os empregados de outras unidades da empresa que haviam passado pela experiência de aplicação da metodologia em suas unidades. A seleção dos observadores foi foco de atenção, através do estabelecimento de critérios para formação deste grupo, foram eles: (i) experiência mínima de 3 anos na área de manutenção; (ii) formação superior ou técnica em cursos de atuação industrial.

Os treinamentos se deram em sala de aula (parte teórica) apresentando os conceitos da metodologia, e em campo, com simulações de observações. A definição das plantas onde aconteceriam as observações ocorreu como parte do treinamento, de forma a reforçar os conceitos ministrados, bem como, mitigar possíveis dificuldades em campo, em razão do desconhecimento dos observadores das áreas e tarefas a serem acompanhadas.

Um ponto importante para o sucesso da aplicação do método consistiu na etapa do “alinhamento dos gestores”, onde os mesmos passaram por uma apresentação sobre *working sampling*, objetivando proporcionar o contato com os conceitos da metodologia e, principalmente, sensibilizá-los quanto aos objetivos do trabalho, desmitificando qualquer tipo entendimento negativo quanto as observações, tais como, a crítica sobre possíveis improdutividades advindas da gestão. Esta preocupação poderia influenciar negativamente no decorrer das observações, mas com o alinhamento prévio, os gestores perceberam o valor da metodologia, bem como, que o tratamento sobre as improdutividades seriam realizados a nível de processos e não de pessoas.

Ao final a coleta de dados em campo (observações) transcorreu dentro do planejado, com mínimas alterações de cronograma, decorrentes de pequenas variações no horário do início das manutenções.

A metodologia conseguiu atender as expectativas quanto a apuração dos tempos das equipes e sua distribuição conforme as definições preestabelecidas, bem como, na percepção das causas de improdutividades, o que subsidiou planos de ação para elevação do trabalho direto.

6 – Conclusão

O estudo utilizou a metodologia do *working sampling* na avaliação da produtividade das equipes de manutenção da planta industrial de tratamento de minério de ferro, abordando a descrição da metodologia aplicada no estudo de caso, verificando ao final a sua pertinência no aspecto da produtividade dos trabalhadores da manutenção industrial.

Observaram-se os pontos de destaque para o planejamento prévio das observações, sendo eles: (i) treinamento dos observadores; (ii) alinhamento dos gestores e (iii) definição das plantas a serem avaliadas. Onde o tratamento das três etapas configuraram em um fator de sucesso para aplicação do método em uma área de manutenção industrial.

Notou-se a necessidade de um planejamento robusto para o sucesso do trabalho, bem como, o engajamento da liderança e dos observadores, uma vez que a pesquisa envolveu um tempo um alto tempo de dedicação de diversas pessoas.

Como trabalhos futuros sugere-se abordar os tratamentos empregados para elevação do trabalho direto na função manutenção, explorando as análises das improdutividades identificadas, o planejamento da sua correção, sua implantação e, por fim, a aferição em uma nova coleta de dados da evolução no tempo de dedicação ao trabalho direto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1994.

BLANCHARD, B. S.; VERMA, D.; PETERSON, E. L.. Maintainability: a key to effective serviceability and maintenance management. New York: Wiley Interscience, J. Wiley, 1995.

BOTERO, L. & A. M., Guia de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda, Revista Universidad EAFIT, p. 50-64, 2004.

CARVALHO, L. O.; HEINECK L. F.; JUNGLES, A. E. Uma metodologia para obtenção de constantes orçamentárias utilizando a técnica da amostragem do trabalho, XXIV Encontro nacional de engenharia de produção, 2004.

DANTAS, F. Produtividade brasileira está parada há 30 anos, Jornal Estado de São Paulo, edição de 22 de Outubro, 2011.

FREITAS, A. A. F.; HEINECK, L. F. M.; FERREIRA, J. C. G. Tempos improdutivos, auxiliares e produtivos na construção civil – uma avaliação de sua ordem de grandeza, causas e possibilidades de redução dentro de programas de produtividade na indústria da construção civil, XIV Encontro nacional de engenharia de produção, 1994.

KNIGHTS, P. *Doing more with less: how to improve maintenance labour utilisation*, 8º encontro internacional de mantenedores de plantas minerais, Anfogasta, Chile, 2011.

KONORTI, E. *Give ratio-delay a chance*, *Industrial engineer magazine*, Novembro, volume 44, paginas 34-39, 2012.

LOERA, I.; ESPINOSA, G.; ENRÍQUEZ, C.; RODRIGUEZ, J. Productivity in construction and industrial maintenance, *Procedia Engineering*, nº 63, p. 947-955, 2013.

LÜDERS, G., STEFANO F., MAIA JUNIOR, H., Brasil leva surra dos EUA em produtividade: como melhorar? *Revista Exame* edição de outubro, 2012.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C.. Análise dos custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v. 11, nº 22, p. 35-42, 2003.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P.. *Administração da Produção*. São Paulo: Saraiva, 1998.

MURRAY, R.; STEPHENS, L.J.; *Estadística*. 4 edición. Mc Graw Hill. México D.F, 2009.

MURTHY D. N. P.; ATRENS, A.; ECCLESTON J. A.. Strategic maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. n. 2, v. 8, p. 287-305. 2002.

NAGAO, S. K.. *Manutenção Industrial – análise, diagnóstico e propostas de melhoria de performance em indústrias de processo*. XIV Congresso Brasileiro de Manutenção, Foz do Iguaçu: ABRAMAN, 1999.

PINTO, A.K. e XAVIER, J. A. N., *Manutenção: Função estratégica*, Rio de Janeiro, Qualitymark, 2001.

SOURIS, J. P., *Manutenção Industrial – custo ou benefício*. Tradução de Elizabete Batista. Lisboa: Lidel, 1992.

SOUSA, E. P. M. et al.. *Gestão da manutenção no setor de tecnologia de informação de uma Universidade federal*. VI Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste, Campina Grande, 2011.

THOMAS, H. R.; MALONEY, W. F.; HORNER, R. M.; SMITH, G. R.; HANDA, V. K.; SANDERS, S. R. Modeling Construction Labor Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 116, nº 4, p. 705-726, December, 1990.

SANTOS, A. *Medição de produtividade em canteiros utilizando a técnica da amostragem*, *Gestão da qualidade na construção civil: abordagem para empresas de pequeno porte*, cap. 8, p. 197-222, 1995.

WIREMAN, T.. *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*. Nova York: Industrial Press, 1998.

ABRAMAN, 2005. Acessado pelo site <http://www.tecem.com.br/downloads/manutencao.pdf> em 01/05/2012.