

Indicador OEE e ferramentas da qualidade: uma aplicação integrada no processo de destilação de uma indústria de biotecnologia

OEE and quality tools: an integrated application in the distillation process of a biotechnology industry

Ana Carla de Souza Gomes dos Santos¹

Igor Martins Ribeiro²

Alina dos Santos Salve³

Camila Mitie Ji⁴

Letícia Ali Figueiredo Ferreira⁵

Henrique Rego Monteiro da Hora⁶

Resumo

Este trabalho aplicou o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e as ferramentas da qualidade no processo de destilação de uma indústria de biotecnologia situada no Norte Fluminense, a fim de identificar a eficiência do equipamento mais crítico do processo, apontar a causa raiz da falha de maior impacto e propor estratégias de melhoria. Os instrumentos utilizados para o alcance da pesquisa foram 5S, fluxograma, gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, *brainstorming*, 5W1H e o *software Microsoft Office Excel* como suporte para a organização e análises dos dados. A metodologia tradicional para calcular o OEE careceu de adaptações, pois outras variáveis precisaram ser contabilizadas para mensurar de forma eficiente o equipamento e que fosse condizente com a realidade da empresa. Os resultados apontaram que o equipamento estava abaixo da classe mundial, cujo valor de corte é 85%, e que a falha de maior impacto foi parada por obstruções, ocasionada pela baixa frequência na limpeza química. A pesquisa concluiu que a metodologia adaptada foi eficiente para identificar as perdas do processo, mensurar a real utilização do equipamento e aplicar ações de melhorias.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total. Indicador de Desempenho. Ferramentas da Qualidade. Manufatura Enxuta.

Abstract

This article provides an application of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) and the quality measurement tools in the distillation process of a biotechnology industry located in the Norte Fluminense (Brazil) in order to identify the efficiency of the most critical equipment of the process, to indicate the root cause of the failure with most impact and to propose strategies for improvement. The quality tools employed to accomplish the study were 5S, flowchart of the process, Pareto chart, diagram of cause and effect, brainstorming, 5W1H and the Microsoft Office Excel software as a support for data analysis and organization. The traditional methodology for calculating the OEE required some adaptations since other variables had to be accounted for in order to efficiently measure the equipment and to be consistent with the reality of the company. The results indicated that the equipment was below the world class with a cutoff value of 85%, and that the failure with the greatest impact was caused by an obstruction due to low frequency of chemical cleaning. The research concluded that the adapted methodology was efficient to identify the losses of the process, to measure the real usage of the equipment and to apply actions of improvements.

Keywords: Total Productive Maintenance. Key Performance Indicator. Quality tools. Lean Manufacturing.

1 Doutoranda em Engenharia de Produção e Sistemas pelo CEFET/RJ, mestre em Engenharia de Produção pela UENF(2016), especialista em Gerenciamento de Projetos pela FGV(2015) e Bacharel em Engenharia de Produção pelo Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora (2012). anacarla.engenharia@gmail.com

2 Bacharel em Engenharia de Produção Universidade Candido Mendes igormartinsr@yahoo.com.br

3 Bacharel em Engenharia de Produção Universidade Candido Mendes alinasalve@gmail.com

4 Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010) Universidade Federal do Rio de Janeiro camila.mitie@corbion.com

5 Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (2016 - presente). Graduada em Bacharelado em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (2012-2016). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri leticiafig@gmail.com

6 Graduado em Tecnologia em Informática pelo então CEFET-Campos (2004), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2007) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (2013). henrique.dahora@uff.edu.br

1 Introdução

O mercado tem exigido que as empresas de manufatura disponibilizem seus produtos com qualidade, rapidez, flexibilidade, confiabilidade e menor custo (Busso & Miyake, 2013). Para conduzir a gestão estratégica de forma a alcançar esses objetivos, as empresas devem empenhar esforços nos recursos de produção, que abrangem mão de obra, matéria-prima, equipamentos, instalações físicas, tecnologias, informações, entre outros (Hitt, Xu, & Matz, 2015; Liu & Liang, 2014; Lonial & Carter, 2015).

Muitos estudos descrevem a relação existente entre a disponibilidade e a produtividade dos recursos de produção e como esta influencia na competitividade das organizações (Gunckel, Márquez, Martinez, & Rossel, 2016; Mohammadi, Rai, & Gupta, 2016; Sheikh, Lakshmiathy, & Prakash, 2016). A partir dessa competitividade e com os avanços tecnológicos e a modernização, as empresas de manufatura tem se tornado mais complexas e exigentes para estabelecer estratégias que aprimorem a manutenção dos equipamentos e aumente a sua vida útil (Ding & Kamaruddin, 2014; Najj, Beidouri, Oumami, & Bouksour, 2016). Neste contexto, a metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM), ou Manutenção Produtiva Total, é aplicada com a finalidade de eliminar as perdas por manutenção, aumentar a eficiência e o tempo de vida das máquinas e proporcionar um aumento global da produtividade (Lin, Lin, & Zhang, 2014; Poduval, Pramod, & Jagathy, 2015; Shen, 2015).

Os autores Aminuddin, Garza-Reyes, Kumar, Antony e Rocha-Lona (2015a) e Andersson e Bellgran (2015) mostram a necessidade de desenvolver um sistema integrado de avaliação do desempenho global da manufatura, para assim promover a performance da empresa pela adequada utilização de seus recursos de produção.

Desta forma, para auxiliar no gerenciamento do processo, foi criado um modelo de gestão da produção a fim de alcançar reduções de custos e melhoria da qualidade e dos prazos de entrega, gerando uma flexibilidade ainda maior para a empresa, surgindo assim, o sistema *Lean Manufacturing* (manufatura enxuta). Esse sistema é aplicado em todas as partes da indústria e tem como base a redução dos desperdícios existentes no fluxo de materiais e informações (Brown & Eisenhardt, 2004; Proença, 2011).

Com a obtenção dos índices de eficiência do processo é necessária uma análise dos elementos que podem interferir no resultado. Para realizar essa avaliação são usados indicadores que mensuram o desempenho dos equipamentos e do processo (Raposo, 2011). Um desses indicadores é o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que foi desenvolvido para quantificar as melhorias implementadas pela TPM (Tsarouhas, 2015a). Com o uso do indicador OEE é possível identificar a utilização real dos equipamentos, mensurar a eficiência global, além de permitir a descoberta dos custos escondidos.

Ações de melhoria devem ser desdobradas a partir da análise do indicador OEE por meio das ferramentas da qualidade. Machado, Helleno e Lima (2016) aplicaram o gráfico de Pareto a fim de identificar as causas de paradas do equipamento. O autor Jasiulewicz-Kaczmarek (2016) corroborou com a ferramenta diagrama de causa e efeito, pois auxiliou a organização na investigação do real motivo da ocorrência do maior impactante, facilitando sua identificação e eliminação.

Portanto, a problemática que norteou a pesquisa foi a seguinte: “A aplicação integrada das ferramentas da qualidade e do indicador OEE facilita a visualização e o entendimento dos problemas, permite o conhecimento e melhorias do processo e fornece os elementos necessários para monitorá-los?”.

Diante do exposto, a pesquisa consistiu em aplicar o indicador OEE e as ferramentas da qualidade no processo de destilação de uma indústria de biotecnologia situada no Norte Fluminense. Para o alcance do objetivo global, a pesquisa se propôs a mapear o processo produtivo, apontar a eficiência mensal e global do equipamento, evidenciar a falha de maior impacto do processo de destilação, identificar a causa raiz da falha de maior impacto e sugerir estratégias de melhorias para o processo.

A pesquisa possui relevância no âmbito científico ao apresentar uma adaptação metodológica para o cálculo do indicador OEE de acordo com o cenário da empresa em que foi efetuado o estudo de caso. Pois, conforme os autores Busso & Miyake (2013), as dificuldades relacionadas à classificação de perdas alteram a forma de aplicação do OEE, sendo indispensável uma adequação ao contexto do que deve ser medido.

2 Revisão de literatura

2.1 Manutenção

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define manutenção como sendo a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (Abnt, 1994). Já a CSN EN 14406 (2010) define manutenção como a combinação de todas as ações técnicas, de gestão e de administração, que durante o ciclo de vida de um equipamento, destinam-se a mantê-lo ou a restaurá-lo para que possa executar a função desejada.

A organização da manutenção deve ser voltada para a gerência e soluções de problemas na produção, integrando outras atividades e como uma função estratégica dentro da empresa. Ressalta-se que a organização da manutenção

afeta o desempenho da empresa e a qualidade dos produtos finais fabricados (Gebran, 2014; Pinto & Xavier, 2010).

Os tipos de manutenção dependem da maneira pela qual se faz as intervenções nos equipamentos, instalações ou sistemas permitindo diversas classificações presentes na literatura (Eidelwein, Hoffmann, Piran, Neves, & Nunes, 2016; Pinto & Xavier, 2010).

Segundo Sousa (2009) e Perdoná, Naimer, Souto e Godoy (2016), a manutenção clássica pode ser dividida em dois níveis gerais: manutenção preventiva e manutenção corretiva. Em Assis (2004) e Gerônimo, Leite e Oliveira (2017), a manutenção de um sistema pode ser feita de duas formas diferentes, por prevenção ou de diagnóstico e reparação. Já em Pinto e Xavier (2010) e Lima, Sá, Jorge e Santos (2015), há uma grande quantidade de formas para se classificar manutenção, porém a prática define os seus principais tipos, categorizando-os em corretiva planejada, corretiva não planejada, preditiva, preventiva, detectiva e engenharia de manutenção.

Diante das inúmeras perdas por manutenção que um equipamento pode sofrer, assim como a necessidade de aumentar a eficiência e o tempo de vida do mesmo, a metodologia TPM é implementada (Lin et al., 2014; Poduval et al., 2015; Shen, 2015).

2.2 TPM

A partir de 1970, as indústrias instaladas no Japão passaram a adotar a utilização de novos equipamentos e a automatização de processos, o que resultou no surgimento do interesse na melhoria da gestão da manutenção e no desenvolvimento da *Total Productive Maintenance* (TPM) (Lima et al., 2015; Suzuki, 1994). Tal filosofia surgiu com os objetivos de atingir a alta qualidade e a redução dos custos, de forma a gerar o mínimo de desperdício possível. Assim, a TPM busca atingir a

máxima eficiência do sistema produtivo através da perda zero, que induz efeitos imediatos, além de servir como fator motivacional para o prosseguimento e a rapidez da sua implementação (Moraes, 2004; Pinto & Lima, 2007).

Essas perdas a serem eliminadas são classificadas por Yamaguchi (2005) e Sampaio (2008) como: perdas por quebra, perdas por demora na troca de instrumentos e regulagem, perdas por operação, perdas por diminuição da velocidade em relação ao padrão normal, perdas por falhas de produção e perdas por queda de rendimento.

Nakajima (1989a) afirma que a TPM é formada por três características importantes que estão relacionadas com a palavra “Total”. São elas: a eficácia total, onde, com base na manutenção preventiva e preditiva, é realizada uma busca contínua pela eficácia econômica ou rentabilidade; a manutenção preventiva total, com a elaboração de um plano de manutenção usado para toda a vida útil dos equipamentos; e, a participação total, onde, em cada nível e em cada departamento, é realizada a manutenção autônoma pelos operadores (Campos & Lima, 2015; Gonçalves, Moledo, & Freschi, 2015).

Assim, o foco principal da filosofia TPM é banir a variabilidade em processos de produção, o que frequentemente é causada pelas quebras, que são consequências da falta de manutenção e prevenção. Para conseguir determinar esse resultado é necessário o comprometimento e envolvimento de todos os colaboradores da empresa no processo de manutenção, de forma que a TPM possa ser vista como uma evolução da manutenção corretiva para a manutenção preventiva (Slack, Chambers, & Johnston, 2002).

Em relação aos benefícios apresentados pela utilização da filosofia TPM, encontra-se na literatura a redução de paradas de equipamentos (Lima et al., 2015), a diminuição de peças defeituosas (Singh & Ahuja, 2015), a redução de acidentes

(Singh & Ahuja, 2015), o conhecimento do quanto de sua planta produtiva está disponível (Rahman, Hoque, & Uddin, 2014) e a possibilidade de um gerenciamento sistêmico (Bekar, Cakmakci, & Kahraman, 2016). Assim, devido a obtenção de resultados tangíveis participativos, transformação do ambiente da fábrica e transformação dos trabalhadores da fábrica, a filosofia TPM foi rapidamente difundida (Dang, Dang, Goyal, & Goyal, 2017; Kumar, Bhushan, & Swaroop, 2017; Méndez & Rodriguez, 2017; Silva et al., 2017). A filosofia TPM requer um sistema que proporcione o apoio necessário para eliminar os desperdícios, promover uma melhor performance quanto à utilização dos recursos e agregar valor aos clientes e, nesse contexto, o sistema *Lean Manufacturing* (manufatura enxuta) fornece o cenário ideal para aplicação da filosofia e o alcance dos objetivos (Piran, Trapp, Dias, Neves, & Nunes, 2016).

2.3 *Lean Manufacturing*

O Sistema Toyota de Produção surgiu no Japão, na fábrica da Toyota, após a Segunda Guerra Mundial. Na década de 90, o sistema Fordista/Taylorista era predominante e buscava a redução dos custos unitários por meio da produção em alta escala, preocupando-se inicialmente com a qualidade apenas após a finalização do produto (Camargo, Arildo, & Silva, 2014).

Naquela época, enquanto todos os esforços estavam orientados à resolução do problema da ineficiência global, até então relacionada somente às perdas dos recursos materiais, Taylor iniciava seus estudos propondo que os maiores prejuízos eram ocasionados pela ineficiência humana e que, estudando e entendendo as causas principais associadas as perdas de tais recursos, era possível alcançar a eficiência econômica (Antunes, Alvarez, Pellegrin, Klippel, & Bortolotto, 2008; Lopetegui et al., 2014; Taylor, 1990).

Outras perdas também são relacionadas à alta ineficiência encontrada na época, sendo definidas pela falta de uma visão gerencial, não preocupação dos empresários com o treinamento e a formação dos funcionários, a organização da produção e do trabalho e a deficiência ocasionada pelos métodos de gestão utilizados. Para estes autores, a criação e o desenvolvimento do conceito de perdas pelo sistema Fordista/Taylorista serviu de base para a criação do Sistema Toyota de Produção.

No sistema Toyota de Produção, a qualidade do produto era um fator crucial, sendo de suma importância a mitigação e eliminação de desperdícios, além da garantia da promoção de uma maior satisfação tanto para a empresa quanto para os clientes. Assim, este sistema, também denominado de *Lean Manufacturing* (manufatura enxuta), tem como objetivo principal a eliminação das perdas e o aumento de valor para os clientes por meio da filosofia de melhoria contínua, preocupando-se com o aperfeiçoamento de processos e procedimentos por meio da ininterrupta redução de tais desperdícios (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis, & Benhida, 2016; Lopes, 2009; Riani, Ferreira, Araújo, & Eiras, 2006).

Para a filosofia *Lean Manufacturing*, os desperdícios são caracterizados tanto pelas atividades que não agregam valor ao produto quanto pelo custo que o cliente não está disposto a pagar, devendo ser reduzidos de forma a gerar reflexos positivos na qualidade e no custo do produto (Camargo et al., 2014). Sua classificação é apresentada no Quadro 1.

A partir da identificação dos tipos de desperdícios, é importante quantificá-los por meio de indicadores, sendo o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) um dos indicadores mais aplicados para mensurar eficiência dos equipamentos (Dadashnejad & Valmohammadi, 2017; Rasheed & Rasheed, 2017).

Desperdício	Definição
Superprodução	Quantidade maior, mais cedo ou mais depressa do que o requerido.
Estoque	Matéria-prima, serviço em andamento ou produto acabado.
Produto defeituoso	Inspeção, sucateamento, reparo ou substituição de um produto.
Retrabalho	Esforço adicional que não agrega valor ao produto ou serviço.
Espera	Tempo ocioso devido à espera de material, mão de obra, informação, etc.
Pessoal	Não utilização do conhecimento humano.
Movimentação	Instrumentos e equipamentos que não agregam valor ao produto ou serviço.
Transporte	Transporte de peças ou materiais dentro da fábrica.

Quadro 1: Tipos de desperdícios

Fonte: (Slack et al., 2002).

2.4 OEE

O indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) foi introduzido por Seiichi Nakajima, um dos criadores da TPM, como uma medida fundamental para avaliar a eficiência de um equipamento ou um conjunto de equipamentos, a fim de verificar quais recursos necessitam de melhorias e, posteriormente, elaborar um plano de ação (Hansen, 2006; Tsarouhas, 2015a). Segundo Raposo (2011), o termo eficiência “está relacionado à redução ou eliminação das atividades que não agregam valor ao produto e que, portanto, são geradoras de custos”.

Em termos dos benefícios da aplicação do indicador, tem-se a transmissão de informações relativa aos impactos financeiros obtidos nos projetos como aspecto facilitador das tomadas de decisão (Hansen, 2006). Os achados de Detregiachi, Herrera, Souza e Souza (2017) apontam que o indicador permite um aumento de produtividade, aumento na produção e redução dos custos de operação.

Relata-se ainda que projetos importantes para as áreas de produção são negligenciados ou não são priorizados pela dificuldade de se medir e avaliar com precisão os ganhos financeiros. Assim, outro benefício é a possibilidade de determinação da parcela de não utilização de um equipamento ou de toda a fábrica. A análise do OEE permite envolver todas as áreas da empresa em um único indicador, auxiliando à liderança na administração de recursos em sua área e direcionando a equipe em busca do aumento da eficácia global da empresa (Santos & Santos, 2007).

Quando relacionado a sua implementação, Hansen (2006) descreve que as sete etapas de implementação do indicador OEE são:

1. Cálculo do valor do OEE à luz do desempenho atual;
2. Elaboração de um plano de ação real para diminuir diferenças entre os níveis do OEE para o seu tipo de indústria (indústrias com mesmo ramo de atuação);
3. Definição da hierarquia dos processos críticos, gargalos e definição de Metas;
4. Comunicação do passo 3 aos trabalhadores;
5. Treinar todas as pessoas envolvidas no processo;
6. Introduzir novas técnicas e programas que deem suporte ao OEE como programas de confiabilidade, manutenção preditiva, TPM, etc;
7. Utilização das medidas do indicador em todos os níveis da planta, compartilhando os resultados com todos os setores.

Aminuddin, Garza-Reyes, Kumar, Antony e Rocha-Lona (2015b) advertem que antes da implementação, são necessários treinamento de conscientização, definição clara das funções dos operadores, conhecimento das perdas e do equipamento e envolvimento da alta administração.

Para cálculo do indicador OEE, são avaliadas três métricas: *Disponibilidade*, *Desempenho* e *Qualidade*. O indicador apresenta-se então como resultante da multiplicação desses três fatores, conforme a Equação 1.

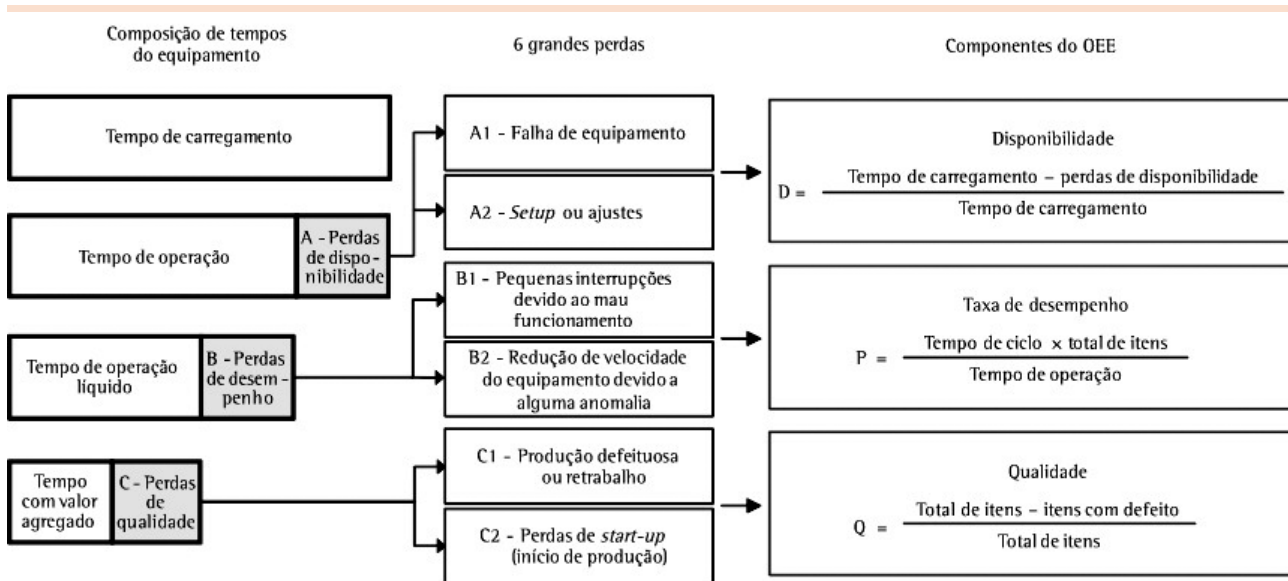
$$OEE = Disponibilidade \cdot Desempenho \cdot Qualidade \quad (1)$$

De acordo com o autor Nakajima (1989a) e corroborado por Tsarouhas (2015a), o valor ideal para o indicador é de aproximadamente 85% para os padrões de classe mundial e, para esse alcance, a *Disponibilidade*, o *Desempenho* e a *Qualidade* devem ser, respectivamente, 90%, 95% e 99%. Segundo Hansen (2006), valores do OEE entre 65% e 75% são aceitáveis, acima de 75% são aceitos como muito bons, acima de 85% são avaliados como excelentes e abaixo de 65% são considerados inaceitáveis, devendo a empresa implementar ações de melhoria.

Busso e Miyake (2013) e Silva, Medina, Rocha e Oliveira (2016) também explicam que o OEE pode ser calculado a partir do agrupamento dos seis tipos básicos de perdas nesses três índices, conforme ilustrado na Figura 1.

Cada um dos índices apresenta suas características e perdas inerentes. O índice de *Disponibilidade* mede o tempo total que o sistema não está funcionando por causa de avarias, *setups*, ajustes e outras paradas. O segundo índice, *Desempenho*, considera o tempo real que o equipamento leva para fabricar um item subtraído das pequenas interrupções ou reduções de velocidade. Por último, o índice *Qualidade* mensura a quantidade de produtos sem defeitos.

Alternativamente, como apresentado por Kwon & Lee (2004), o OEE pode também ser calculado conforme a Equação 2.

**Figura 1: Cálculo dos índices do indicador OEE**

Fonte: (Busso & Miyake, 2013).

$$OEE = \frac{\text{Total de produtos bons} \times \text{Tempo de carregamento} \times \text{Capacidade de produção teórica}}{\text{hora}} \quad (2)$$

As dificuldades relacionadas à classificação de perdas, problemas externos à fábrica, setores de embalagens e problemas de fornecedores, alteram a forma de aplicação do OEE, sendo indispensável uma adequação ao contexto do que deve ser medido (Busso & Miyake, 2013). Raposo (2011) ressalta que o processo de implementação do indicador e o correto levantamento dos dados carecem de atenção e cuidado, pois se os dados estiverem incompletos ou calculados de forma incorreta, poderá resultar em desperdícios de tempo, recursos e dinheiro.

De acordo com Becker, Borst e Van der Veen (2015) ações estratégicas devem ser implementadas após o cálculo do indicador OEE, pois o mesmo carece de ferramentas que facilitem a visualização dos problemas, identificação da principal causa que está afetando o equipamento e facilite o processo de tomada de decisões.

2.5 Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade são técnicas específicas e hábeis que necessitam ser aplicadas, uma vez que possibilitam a geração e coleta de dados e informações de forma clara e objetiva, promovendo um gerenciamento preciso (Mariani, 2005). Sua utilização abrange o desenvolvimento, implementação, monitoramento e melhoria dos preceitos da qualidade nas organizações, proporcionando importantes resultados para a melhoria da eficiência e eficácia de uma empresa (Alsaleh, 2007; Bamford & Greatbanks, 2005), além de promover confiabilidade e vantagens competitivas (Carnevali, Miguel, & Calarge, 2008).

Segundo Oliveira, Nadae, Oliveira e Salgado (2011), tais ferramentas proporcionam um diferencial competitivo tanto interno quanto externo para as empresas. Os aspectos que se destacam são avanço do gerenciamento dos recursos transformadores e dos recursos a serem transformados, redução do número de retrabalho e trocas por produtos defeituosos, melhor aplicação da capacidade produtiva e valorização da imagem da empresa ante os consumidores e ao mercado.

2.5.1 5S

O programa 5S se caracteriza pela proposição de melhorias no ambiente de trabalho e incentivo à motivação dos colaboradores, de forma a apresentar uma mudança de comportamento através de atividades participativas e conhecimento de informações (Alvarez, 2010; Barbosa, Carvalho, Santos, & Carvalho, 2017). Segundo Campos (2004) e Figueiredo, Silva, Santos, Santos e Galdino (2015), o 5S deve ser utilizado por todos os indivíduos e áreas que compõem a empresa, sendo embasado em educação, treinamento e prática em grupo e liderado pela alta administração. A sigla 5S é derivada de cinco palavras japonesas: SEIRI (Arrumação), SEITON (Organização), SEISOH (Limpeza), SEIKETSU (Asseio) e SHITSUKE (Auto-disciplina).

2.5.2 Brainstorming

Segundo Gomes e Gomes (2014), o *brainstorming* é uma técnica utilizada para ajudar na criação de ideias e soluções para um assunto ou problema de maneira criativa. Geralmente, são realizadas reuniões compreendidas entre 45 e 150 minutos, onde participam um coordenador e um assessor para cada cinco participantes e com 30 minutos reservados para a geração de ideias.

O objetivo desta ferramenta é organizar as participações dos colaboradores em uma reunião advinda da necessidade de novas ideias e, assim, determinar os agentes do problema. Logo, sua utilização sucede da observação de um problema específico, onde existe a necessidade de geração de uma grande quantidade de possíveis soluções (Harris, 2012).

Os autores Gomes e Gomes (2014) relatam que o uso dessa ferramenta apresenta como desvantagem a falta de estímulos à participação, que pode ocasionar a inibição de alguns participantes. Por outro lado, possui a vantagem de não necessitar de especialistas, uma vez que a maioria dos

estudos tem essa técnica conduzindo a pesquisa inicial. Assim, o *brainstorming* é uma técnica que pode ser usada em qualquer etapa do projeto. Entretanto, a mesma não é capaz de solucionar casos que necessitem de julgamento imediato (Rodrigues & Pasa, 2009).

2.5.3 5W1H

Segundo Carpinetti (2012a), o 5W1H apresenta respostas às perguntas básicas que possibilitam melhorias no processo. De acordo com Shabir (2015), esta ferramenta se apresenta como um documento que, por meio de um questionamento, esclarece ações a serem tomadas e permite uma rápida identificação dos elementos necessários a serem implementados no processo. Estes elementos são descritos como: *WHAT* (o que será feito), *HOW* (como deverá ser realizada cada tarefa), *WHY* (porque deve ser executada a tarefa), *WHERE* (onde cada tarefa será executada), *WHEN* (quando cada uma das tarefas deverá ser executada) e *WHO* (quem realizará).

2.5.4 Diagrama de causa e efeito

O diagrama de causa e efeito é também conhecido como Diagrama de *Ishikawa* e é utilizado de forma efetiva na pesquisa de raízes dos problemas (Amaral et al., 2015; Slack et al., 2002).

Essa ferramenta foi desenvolvida por Kaoru Ishikawa e permite a indicação das causas e sub-causas de um efeito específico (problema), facilitando também a participação dos funcionários que realizam os processos na análise dos problemas (Peinado & Graeml, 2007).

Segundo Carpinetti (2012b), para a construção do diagrama é necessária a participação dos funcionários envolvidos no processo. É desejável que sejam feitas reuniões com os mesmos por meio da ferramenta *brainstorming*, com o objetivo de levantar as ideias de cada participante. Após a identificação do problema, as principais causas

devem ser identificadas. Nessa etapa, analisa-se os tipos de variabilidade nas causas que podem afetar a qualidade do processo. Em seguida, é analisado os motivos de cada causa, para que seja possível identificar as causas fundamentais e chegar as subcausas do problema.

2.5.5 Gráfico de Pareto

O gráfico de Pareto apresenta as prioridades das causas ou dos problemas e é composto por barras verticais que demonstram as informações do tema abordado (Neto & Gnidarxic, 2008). Segundo Slack et al. (2002) e Vernini e Gonçalves (2017), distinguir questões “pouco vitais” e “muito triviais” é importante em um processo. Sendo assim, a utilização do gráfico de Pareto é indispensável nesse aspecto. A base do gráfico consiste no princípio que poucas causas explicam a maioria dos efeitos. Assim, por meio desta ferramenta, é possível a visualização e identificação das causas ou problemas com facilidade (Carpinetti, 2012b; Galdino et al., 2016).

2.5.6 Fluxograma

Os fluxogramas possibilitam a concepção detalhada das partes de um processo onde ocorre algum fluxo (Slack et al., 2002). Em Oliveira (2013), é definido como uma representação gráfica que expõe a sequência de um trabalho de forma analítica, diferenciando as operações, os responsáveis e as unidades organizacionais relacionadas ao processo. Assim, por meio do fluxograma, é possível observar como é realizada uma atividade e analisar os problemas em que se busca encontrar uma solução. Pode-se também verificar a trajetória de documentos e formulários entre setores e funcionários, além de se atentar às falhas.

Oliveira (2013), Coelho, Silva e Maniçoba (2016) e Galdino et al. (2016) ainda afirmam que essa ferramenta possui inúmeras vantagens, como a exposição de forma real de todos os componentes

de um método administrativo, que proporciona a análise da eficiência do sistema, bem como de sua filosofia de administração; a facilidade na visualização integrada de um método administrativo; o adequado levantamento e análise de um método; o uso de simbologias que facilitam o entendimento e a leitura do processo; a identificação rápida e prática dos pontos fortes e fracos do método e a atualização e manutenção do método, incluindo as causas e efeitos das alterações.

3 Metodologia

O presente trabalho foi aplicado em uma linha de produção Y pertencente a uma indústria de biotecnologia situada no Norte Fluminense. Entretanto, a pesquisa se delimitou apenas ao processo de destilação e ao equipamento destilador, pois os mesmos apresentavam maior criticidade na fabricação do produto final. Essa criticidade ocorreu devido o equipamento ser responsável pela fase final do produto. Quando a falha acontecia em equipamentos que precediam a etapa de destilação, os impactos eram menores para o processo devido à concepção do processo de produção.

Com foco no alinhamento das táticas gerenciais da empresa e suas metas, o primeiro passo foi a realização de treinamento sobre a ferramenta 5S com os trabalhadores envolvidos no setor produtivo. O treinamento foi realizado a partir de palestras explicativas e práticas com dinâmicas de grupo, tratando sobre temas como organização, limpeza, autodisciplina e ideias de melhorias contínuas. A palestra foi feita pelo então gerente de produção e teve a participação de 40 funcionários do setor de produção (operadores de produção, supervisores, engenheiros de processos e estagiários), abrangendo uma carga horária de 6h. O objetivo com a palestra sobre a ferramenta 5S foi de proporcionar aos funcionários o desenvolvimento

necessário do tema, conscientizá-los, aperfeiçoar as rotinas de trabalho e melhorar a qualidade de vida no trabalho.

Em seguida, foi elaborado um fluxograma dos processos principais referentes à linha de produção Y, de forma a assegurar sua clareza e entendimento aos leitores. A próxima etapa consistiu na realização do levantamento das perdas pelo estagiário de produção, entre o período de janeiro a junho de 2016, que impactaram o destilador. Portanto, os dados levantados alimentaram uma planilha do *Microsoft Office Excel* diariamente e depois foram agrupados mensalmente para facilitar a análise e interpretação dos dados. A gerência e a supervisão da equipe de produção, juntamente com a equipe de manutenção, realizaram uma revisão dos dados ao final de cada mês para validação dos mesmos.

É importante destacar que a classificação das perdas, assim como o cálculo do indicador OEE, foram executados de acordo com a metodologia desenvolvida para o estudo de caso desta pesquisa, pois foi necessária uma adaptação dos conceitos consagrados na literatura para o presente estudo. O Quadro 2 apresenta os tipos de perdas, a definição e uma exemplificação.

Em seguida, foi realizado o cálculo do indicador OEE do equipamento destilador em 6 passos, conforme a metodologia desenvolvida para a empresa em estudo e apresentada na Figura 2. Cada índice, *Disponibilidade*, *Desempenho* e *Qualidade*, foi calculado com base nas perdas registradas e quantificadas, conforme as Equações 3, 4 e 5.

$$Disponibilidade = TU - Pi + Pf + Fa + FoTU \quad (3)$$

$$Desempenho = TD - PvTD \quad (4)$$

$$Qualidade = P - PqP \quad (5)$$

Em que:

TU = Tempo utilizado

Pi = Perda induzida

Pf = Perda funcional

Fa = Falha atual de equipamento

Fo = Falha operacional

TD = Tempo disponível

Pv = Perda de velocidade

P = Performance

Pq = Perda de qualidade

Perda	Conceito	Exemplo
Tempo não utilizado oficial	Períodos programados pela empresa para não serem utilizados.	Feridos
Tempo não utilizado	Períodos que a empresa não opera e não constava em sua programação.	Falta de pedidos no mercado
Perda induzida	Períodos que paralisam o planejamento do pedido que está em processo.	Ausência de instruções de operação da máquina
Perda funcional	"Períodos programados que paralisam o equipamento que já se encontra em modo de execução."	Manutenção preventiva da máquina
Falha atual do equipamento	"Períodos não programados que paralisam o equipamento que já se encontra em modo de execução."	Manutenções incorretas
Falha operacional	"Períodos não programados que paralisam o equipamento que já se encontra em modo de execução e que é de responsabilidade da operação ou do operador."	Falha de comunicação
Perda de velocidade	Períodos que interferem no tempo de ciclo de produção.	Mau funcionamento do equipamento
Perda de qualidade	Períodos referentes aos produtos com má qualidade ou refugo.	Retrabalho

Quadro 2: Classificação de perdas

Fonte: Elaboração própria.

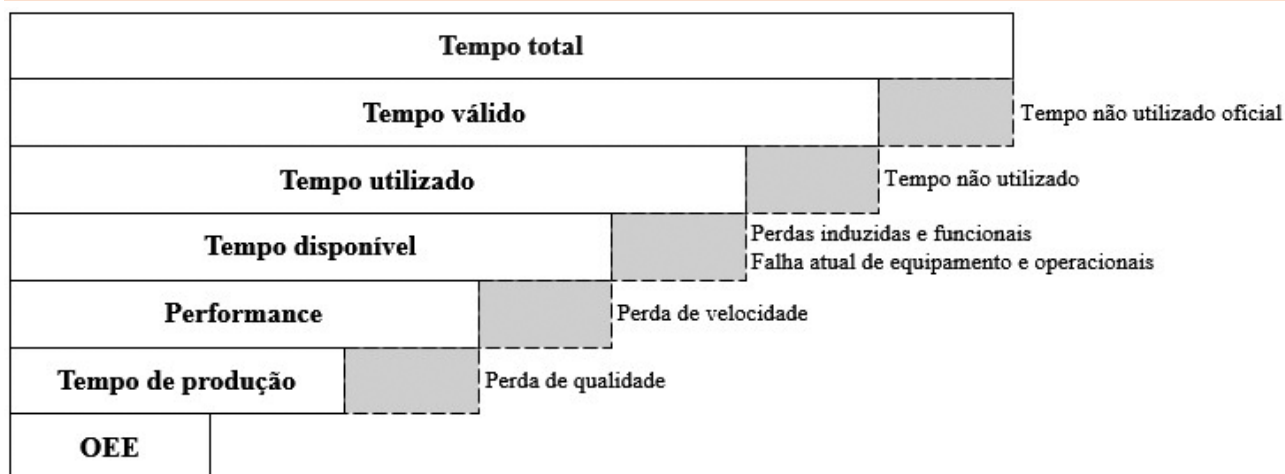


Figura 2: Cálculo do indicador OEE - Tempos e perdas

Fonte: Elaboração própria.

Ressalta-se que o indicador OEE foi calculado mensalmente para fins de comparação de resultados e também de maneira global com o objetivo de ter apenas um valor que retrate o período utilizado para o estudo.

Usando novamente a base de dados de janeiro a junho de 2016, além das perdas serem classificadas e quantificadas, foram registradas as falhas que as ocasionaram. As falhas foram analisadas de acordo com a maior frequência de ocorrência por meio do gráfico de Pareto. Em seguida, foi construído o diagrama de causa e efeito para analisar as possíveis causas da falha de maior impacto do processo destilação.

Por fim, realizou-se um *brainstorming* para a exposição dos resultados, análise das causas e elaboração de um plano de ação, 5W1H, com o propósito de sugerir estratégias de melhorias. Nesta reunião estavam presentes a supervisão, a gerência de produção e a equipe de manutenção.

4 Resultados e discussões

Para a delimitação do processo produtivo é apresentado o fluxograma na Figura 3, evidenciando os cinco processos que compõem a linha de produção Y, sendo eles: fermentação, acidificação, filtração, troca iônica e destilação.

O destilador, equipamento referente à etapa de destilação que foi delimitado para este estudo, é descrito com capacidade de produção de 140 toneladas de produto por dia, trabalhando em um regime de produção de 24 horas, durante os 7 dias da semana. Os dados coletados e classificados diariamente para o cálculo do OEE, referentes ao destilador, são apresentados na planilha modelo, representada na Tabela 1.

Suas colunas se dividem em, respectivamente, o mês e dia em que tal falha foi registrada, o horário inicial de parada do equipamento, o horário final dessa parada (momento em que o equi-

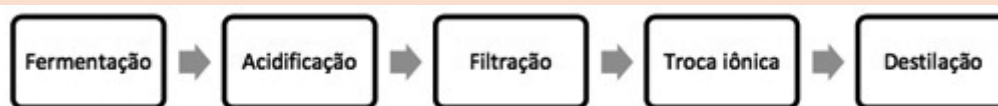


Figura 3: Fluxograma do processo produtivo Y

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1: Planilha modelo de tabulação dos dados

Mês	Data	Início da parada	Final da parada	Tempo de parada (min)	Processo	Equipamento	TAG	Falha	Tipo de perda	Classificação da perda
Janeiro	11	19:55	01:15	320	Destilação	Destilador	T-2786	Quebra do pino da pá do agitador	Manutenção	Falha atual do equipamento

Fonte: Elaboração própria.

pamento voltou ao processo produtivo), o tempo total de parada registrado, a etapa do processo em que se encontra o equipamento que houve a falha, o nome de tal equipamento, a *tag* de identificação do equipamento, a causa da falha, o tipo de perda e a classificação de acordo com o Quadro 2.

Após a coleta e a classificação dos dados, as entradas necessárias para o cálculo do OEE foram contabilizadas e estão apresentadas na Tabela 2.

Os meses que compõe o semestre analisado são definidos nas colunas da tabela, enquanto as entradas (em minutos) são descritas em suas linhas. Tais entradas representam o tempo total disponível do equipamento destilador para produção no mês em regime de 24 horas durante os sete dias da semana; o tempo não utilizado oficial devido aos feriados e restrições programadas pela empresa; o tempo não utilizado pela falta de pedidos do mercado e; as demais linhas representam as perdas e falhas registradas conforme o Quadro 2.

Com a totalização dos tempos, foi realizado o cálculo dos índices *Disponibilidade*, *Desempenho* e *Qualidade*, bem como o cálculo mensal e global do OEE. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.

No mês de janeiro, 84,3% da capacidade do destilador está sendo utilizada, causando uma perda de 15,7% de utilização. Em fevereiro, a parcela de utilização do equipamento é de 88,3%, resultando em uma taxa de inutilização de 11,7%. Em março, há uma queda na taxa de utilização do destilador, alcançando o valor de 60,1%, enquanto 39,9% do seu tempo se mantém ocioso. No mês de abril, a taxa de utilização decresce um pouco mais, passando para 52,6%, com uma taxa de inutilização de 47,4%. Em maio, apenas 44,9% da capacidade do destilador é utilizada, enquanto a taxa de inutilização é de 55,1%. Em junho, a

Tabela 2: Entradas semestrais do OEE

Entradas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Tempo total	44640	41760	44640	43200	44640	44640
Tempo não utilizado oficial	18093	14739	19440	20799	21117	15765
Tempo não utilizado	16520	13118	17085	15559	18163	19840
Perdas induzidas	495	30	0	0	190	390
Perdas funcionais	0	0	0	0	0	1440
Falha atual de equipamento	1078	360	0	0	680	195
Falhas operacionais	0	0	600	600	0	0
Perda de velocidade	0	1231	2640	2640	2084	164
Perda de qualidade	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaboração própria.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Disponibilidade	84,3%	97,2%	92,6%	91,2%	83,8%	77,6%
Desempenho	100,0%	90,9%	64,9%	57,7%	53,6%	97,7%
Qualidade	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
OEE	84,3%	88,3%	60,1%	52,6%	44,9%	75,8%
OEE GLOBAL	67,7%					

Tabela 3: Cálculo do OEE

Fonte: Elaboração própria.

taxa de utilização aumenta para 75,8%, resultando em 24,4% a taxa de inutilização.

De acordo com os padrões de classe mundial, os meses fevereiro, março e abril apresentam uma taxa de disponibilidade acima de 90%. Em relação à taxa de desempenho, apenas os meses janeiro, fevereiro e junho apresentam uma taxa de desempenho acima de 95%. Pela ausência de perdas de qualidade, a taxa de qualidade se mantém no seu valor máximo de excelência. O indicador OEE, tanto na análise mensal, com exceção de fevereiro, quanto semestral, apresenta-se abaixo da classe mundial, cujo valor de corte é de 85% (Nakajima, 1989b; Tsarouhas, 2015b).

Com a análise do OEE, nota-se que há uma grande parcela do destilador deixando de ser utilizado, indicando a necessidade de implantação de melhorias para a otimização de sua utilização. Esse resultado ratifica os objetivos almejados pela

manutenção produtiva total e manufatura enxuta, que são de eliminar os desperdícios e utilizar de forma mais eficiente os recursos. Em seguida, foi elaborado o gráfico de Pareto com as falhas que ocasionaram a parada do destilador, com o objetivo de evidenciar a falha de maior frequência, como apontado na Figura 4.

Com a análise do gráfico de Pareto, verifica-se que o maior fator impactante no processo de destilação, durante o período de estudo, foram as paradas por obstruções causadas pela presença de um material (Figura 5), totalizando 4.673 minutos de tempo de parada. Este valor representa uma taxa de 36,1% das falhas ocorridas.

Por meio da análise do material juntamente com os profissionais que atuam na área, foi elaborado o diagrama de causa e efeito, conforme Figura 6, onde foi possível identificar as principais causas relacionadas a esse fator de impacto.

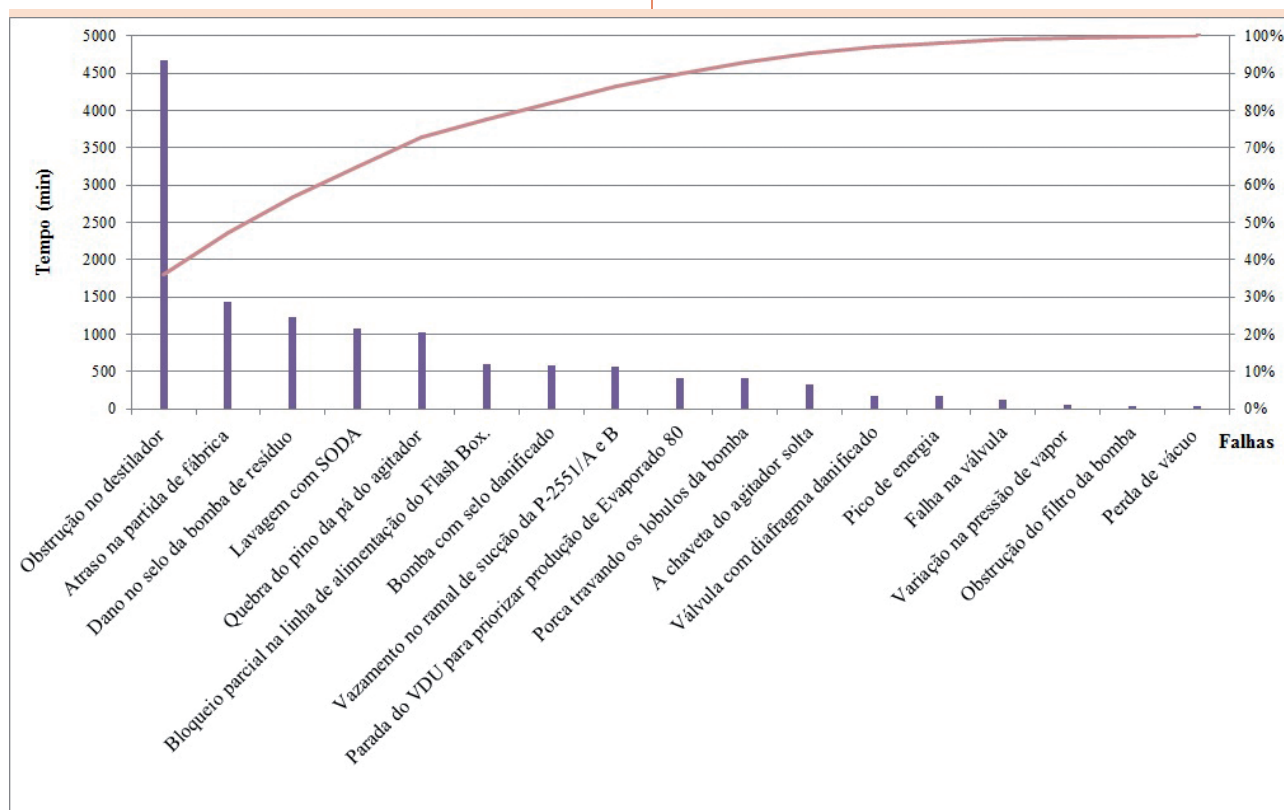


Figura 4: Análise das causas da parada do destilador

Fonte: Elaboração própria.



Figura 5: Material causador da obstrução
Fonte: Elaboração própria.



Figura 6: Diagrama de causa e efeito das paradas por obstruções
Fonte: Elaboração própria.

As causas analisadas foram categorizadas em grupos (Método, Máquina, Medida, Meio Ambiente, Mão-de-Obra e Material) de acordo sua natureza. No grupo “Método”, a falta de frequência na limpeza química, a falha no procedimento e o aumento da frequência de partida e parada do destilador devido à baixa locação de pedidos foram identificados como as possíveis causas da obstrução do destilador. No grupo “Máquina”, uma possível causa para o problema foi a falha na bomba de condensador do fundo

do destilador. No grupo “Medida” foi relacionado o aumento de *Split* como uma possível causa para a parada do destilador. Em “Materiais”, a parada do destilador foi relacionada com o produto de má qualidade utilizado na alimentação do destilador. No grupo “Mão-de-Obra”, a causa possível para a parada do destilador foi a falta de treinamento dos operadores do processo de destilação. E, por fim, no grupo “Meio Ambiente”, não foi encontrada nenhuma causa relacionada.

Com a identificação do principal fator impactante e das causas relacionadas ao mesmo, foi realizada uma reunião com a supervisão, a gerência de produção e a manutenção.

A reunião teve como foco a exposição dos resultados encontrados durante o período analisado, sendo discutidas as causas do principal impactante para que se fosse possível chegar à causa raiz.

No grupo “Método” foi possível identificar que, durante a produção, ocorreram falhas no procedimento utilizado. Foi notado uma baixa frequência na realização da

limpeza química, que é responsável por remover partes dos resíduos carbonizados do destilador, sendo necessário devido ao resíduo que transborda para o fundo do destilador durante o procedimento, gerando a aglomeração do mesmo no rotor e na bandeja. Ao longo do tempo, o resíduo se desprende e obstrui o sistema, bloqueando a linha. Outra falha encontrada foi o aumento da frequência de partida e parada do destilador, que é gerada devido o aumento da frequência de resíduo carbonizado no seu fundo, pois sempre

que ocorre a sua partida, há um transbordamento da bandeja do resíduo para o fundo.

No grupo “Máquina” foi possível identificar que, durante o período em que se desenvolveu o estudo de caso, ocorreu uma falha na bomba de condensado do fundo do destilador, mesmo que este não tenha interferido em seu funcionamento.

As causas correlacionadas ao grupo “Medida” estão relacionadas a forma de medir o que é produzido. Assim, a falha encontrada foi o aumento do *Split*, gerado pela quantidade de vapor no sistema. Quando ocorre esse aumento, o resíduo fica mais viscoso, o que aumenta a probabilidade de obstrução.

Após a análise de todas as possíveis causas das paradas por obstrução, foi possível identificar três delas como principais durante a reunião, sendo elas: falta de frequência para limpeza química, aumento da frequência de partida e parada do destilador devido a baixa alocação e o aumento do *Split*.

Dentre estas causas principais, verificou-se que a causa raiz para o problema analisado está na falta de frequência para limpeza química, sendo proposto a determinação de um cronograma para a realização da mesma, uma vez que a soda cáustica utilizada remove parte do resíduo que é

acumulado. Para a realização da limpeza química é necessário que se disponibilize informações sobre a concentração da solução de soda, a temperatura da solução, a vazão da solução e a verificação de eficácia de limpeza. Dessa forma, busca-se prevenir o bloqueio das linhas e possibilitar a sustentabilidade do alto *Split* no destilador.

Por fim, para melhor demonstração das ações a serem tomadas em função da promoção de melhorias no processo, foi elaborada uma planilha baseada na ferramenta 5W1H, como mostrado no Quadro 3.

5 Considerações finais

O estudo de caso realizado no processo de destilação de uma indústria de biotecnologia permitiu a integração do indicador OEE e das ferramentas da qualidade, apresentando uma metodologia eficiente para analisar os gargalos do equipamento, visualizar melhor o problema, identificar a causa principal e aplicar ações de melhorias.

O indicador OEE permitiu analisar de forma eficiente a real utilização do equipamento destilador, evidenciando que o mesmo não estava sendo operado conforme a classe mundial.

What	Desobstrução da linha	Implementar frequência com limpeza de soda	Procedimentar a limpeza com soda
Who	Supervisor 1	Engenheiro de processo 1	Engenheiro de processo 1
When	Imediato	Julho	Julho
Why	Retomada do processo produtivo.	Porque a limpeza química com soda remove parte do resíduo carbonizado do destilador, evitando assim a sua obstrução.”	“Com a procedimentação da limpeza, evita-se a possibilidade de cada operador realizá-la de uma maneira diferente, reduzindo os erros operacionais.”
Where	Linhas de produção do processo de destilação	Destilador	Procedimento do processo de destilação
How	Limpeza mecânica com hidro jato.	“Identificar as metodologias existentes, selecionar a mais adequada e aplicar no destilador.”	Relatar no procedimento do destilador.

Quadro 3: Plano de ação 5W1H

Fonte: Elaboração própria.

Esse cenário ratificou a aplicação da filosofia da Manutenção Produtiva Total e Manufatura Enxuta por meio da eliminação dos desperdícios e uso mais eficiente dos recursos. Assim como, da aplicação das ferramentas da qualidade para o desdobramento de ações estratégicas no processo de tomada de decisões.

O primeiro passo para a realização do estudo abrangeu o treinamento com os funcionários envolvidos no processo para que todos pudessem desenvolver as habilidades necessárias para a implementação do indicador.

A metodologia tradicional para calcular o OEE careceu de adaptações, pois outras variáveis precisaram ser contabilizadas para mensurar de forma eficiente o equipamento e que fosse condizente com a realidade da empresa.

A pesquisa apresenta limitações, pois o estudo foi realizado apenas em um equipamento de um segmento específico da indústria. Logo, a metodologia desenvolvida carece de mais aplicações, tanto no mesmo segmento, quanto em segmentos distintos. No entanto, devido a peculiaridade de cada empresa, os cálculos podem sofrer adaptações.

Sugere-se como trabalhos futuros analisar o OEE após a aplicação das ferramentas da qualidade, verificar se o indicador OEE promoveu redução de custos e aplicar a metodologia desenvolvida em outras empresas.

Referências

Abnt. (1994). NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro.

Alsaleh, N. A. (2007). Application of quality tools by the Saudi food industry. *The TQM Magazine*, 19(2), 150–161. <https://doi.org/10.1108/09544780710729999>

Alvarez, M. E. B. (2010). *Administração da qualidade e produtividade: abordagens do processo administrativo*. São Paulo.

Amaral, L., Cezimbra, G., Rodrigues, E. F., Magarian, L. C., Tsuji, E. R., Deliberador, L. R., & Formigoni, A. (2015). O papel do arranjo físico e da gestão de informações como ferramenta para melhoria da competitividade e desempenho dos processos de uma lavanderia industrial / The role of physical arrangement and management information as a tool for improving comp. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade (ISSN 2318-3233)*, 2(2), 48–63.

Aminuddin, N. A. B., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Antony, J., & Rocha-Lona, L. (2015a). An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*, 54(15), 4430–4447. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055849>

Aminuddin, N. A. B., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Antony, J., & Rocha-Lona, L. (2015b). An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*, 54(15), 4430–4447. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055849>

Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.12.003>

Antunes, J., Alvarez, R., Pellegrin, I. de, Klippel, M., & Bortolotto, P. (2008). *Sistemas de produção [recurso eletrônico]: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta*. Bookman.

Assis, R. (2004). *Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção - Fiabilidade e Manutenibilidade*. Lidel.

Bamford, D. R., & Greatbanks, R. W. (2005). The use of quality management tools and techniques: a study of application in everyday situations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(4), 376–392. <https://doi.org/10.1108/02656710510591219>

Barbosa, B. A., Carvalho, I. H. da S., Santos, R. F. dos, & Carvalho, A. L. (2017). Implantação da metodologia 5S em uma indústria de Minas Gerais fabricante de produtos eletromecânicos. *Conecte-se! Revista Interdisciplinar de Extensão*, 1(2), 60–72.

Becker, J. M. J., Borst, J., & Van der Veen, A. (2015). Improving the overall equipment effectiveness in high-mix-low-volume manufacturing environments. *CIRP Annals*, 64(1), 419–422. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2015.04.126>

Bekar, E. T., Cakmakci, M., & Kahraman, C. (2016). Fuzzy COPRAS method for performance measurement in total productive maintenance: a comparative analysis. *Journal of Business Economics and Management*, 17(5), 663–684. <https://doi.org/10.3846/16111699.2016.1202314>

- Brown, S. L., & Eisenhardt, K. M. (2004). *Estratégia Competitiva no Limiar do Caos: uma visão dinâmica para as transformações corporativas*. (Pensamento Cultrix, Org.). São Paulo.
- Busso, C. M., & Miyake, D. I. (2013). Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. *Produção*, 23(2), 205–225. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132012005000068>
- Camargo, A., Arildo, J., & Silva, R. (2014). Implementação da metodologia lean manufacturing na linha de produção em máquinas de fraldas descartáveis tipo pant's – calcinha - frente de infraestrutura e gestão implementation. In *VI Seminário Multidisciplinar ENIAC 2014* (Vol. 1, p. 151–155).
- Campos, A., & Lima, C. R. C. (2015). Contribuição da Manutenção Estratégica para a Sustentabilidade. *UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas*, 11(1). Recuperado de <http://pgsskroton.com.br/seer/index.php/exatas/article/view/482>
- Campos, V. F. (2004). *TQC controle da qualidade total: no estilo japonês* (8º ed). Nova Lima: INDF Tecnologia e Serviços Ltda.
- Carnevali, J. A., Miguel, P. A. C., & Calarge, F. A. (2008). Proposta de um modelo conceitual para minimizar as dificuldades no uso do QFD. *Production*, 18(1), 126–141. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132008000100010>
- Carpinetti, L. C. R. (2012a). *Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas* (2º ed). São Paulo: Editora Atlas.
- Carpinetti, L. C. R. (2012b). *Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas* (2º ed). São Paulo: Editora Atlas.
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828–846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- Coelho, F. P. de S., Silva, A. M. da, & Maniçoba, R. F. (2016). Aplicação das ferramentas da Qualidade: estudo de caso em pequena empresa de pintura. *Refas - Revista Fatec Zona Sul*, 3(1), 31–45.
- CSN EN 14406. (2010). Maintenance - Maintenance terminology.
- Dadashnejad, A.-A., & Valmohammadi, C. (2017). Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: a case study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1308821>
- Dang, R. K., Dang, R., Goyal, N., & Goyal, D. (2017). Synergistic Impact of Total Quality Management and Total Productive Maintenance on Manufacturing Performance. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(24), 1–7. <https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i24/114616>
- Detregiachi, E., Herrera, V. É., Souza, C. J. A. de, & Souza, M. de F. C. (2017). Otimização da performance da linha de produção mediante a implantação da Manutenção Produtiva Total Optimization of production line performance through the implementation of Total Productive Maintenance. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, 5(7), 3–18.
- Ding, S. H., & Kamaruddin, S. (2014). Maintenance policy optimization—literature review and directions. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 76(5–8), 1263–1283. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6341-2>
- Eidelwein, F., Hoffmann, M. L., Piran, F. S., Neves, C. T., & Nunes, F. de L. (2016). Avaliação sistêmica do modelo de gestão da manutenção em uma empresa petroquímica brasileira. *Revista ESPACIOS | Vol. 37 (Nº 05) Año 2016*. Recuperado de <http://www.revistaespacios.com/a16v37n05/16370504.html>
- Figueiredo, W. S., Da Silva, F. C., Dos Santos, E. C., Dos Santos, V. M., & Galdino, L. (2015). Automatização de uma retificadora industrial para cilindros de serigrafia. *Augusto Guzzo Revista Acadêmica*, 1(15), 156. <https://doi.org/10.22287/ag.v1i15.272>
- Galdino, S. V., Reis, É. M. B. dos, Santos, C. B., Soares, F. P., Lima, F. S., Caldas, J. G., Oliveira, A. de S. (2016). Ferramentas de qualidade na gestão dos serviços de saúde: revisão integrativa de literatura. *Revista Eletronica Gestão & Saúde*, 0(supl.), 1023–1057.
- Gebran, A. P. (2014). *Manutenção e Operação de Equipamentos de Subestações: Série Tekne*. Bookman: VitalSource Bookshelf Online.
- Gerônimo, M. D. S., Leite, B. C. C., & Oliveira, R. D. (2017). Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso. *Exacta*, 15(4). <https://doi.org/10.5585/exactaep.v15n4.7144>
- Gomes, L. F. A. M., & Gomes, C. F. S. (2014). *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério* (5º ed). São Paulo: Atlas.
- Gonçalves, L. E. S., Moledo, J. C., & Freschi, J. C. (2015). MANUTENÇÃO AUTÔNOMA APLICADA EM CÉLULA DE INJETORAS TERMOPLÁSTICAS. *Revista Terceiro Setor & Gestão - UNG-Ser*, 9(1), 71–84.
- Gunckel, P. V., Márquez, A. C., Martinez, L. B., & Rossel, J. P. G. (2016). Graphical Analysis for Operation Management: A Graphical Method to Support Operation Decision Making. *Quality and Reliability Engineering International*, 32(7), 2299–2311. <https://doi.org/10.1002/qre.1936>

- Hansen, R. C. (2006). *Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros*. Porto Alegre: Bookman.
- Harris, R. (2012). Introduction to Creative Thinking. Recuperado 6 de dezembro de 2017, de <https://www.virtualsalt.com/crebook1.htm>
- Hitt, M. A., Xu, K., & Matz, C. (2015). Resource based theory in operations management research. *Journal of Operations Management*, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2015.11.002>
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2016). ISO 9000 : 2015 Quality Management Principles as The Framework For a Maintenance Management System. *Scientific Journals of the Organization and Management*, (69), 709–714. <https://doi.org/10.21008/j.0239-9415.2016.069.05>
- Kumar, S., Bhushan, R., & Swaroop, S. (2017). Study of total productive maintenance & its implementation approach in steel manufacturing industry : A case study of equipment wise breakdown analysis. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(8).
- Kwon, O., & Lee, H. (2004). Calculation methodology for contributive managerial effect by OEE as a result of TPM activities. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 10(4), 263–272. <https://doi.org/10.1108/13552510410564882>
- Lima, B. P. de, Sá, J. da S. J., Jorge, D. A., & Santos, M. S. (2015). Análise para implementação de um sistema de gestão da manutenção em uma empresa de locação de equipamentos para construção civil. *Cadernos UniFOA - Especial Engenharia de Produção*, 2, 15–39.
- Lin, X. J., Lin, Q., & Zhang, G. N. (2014). Effectivity of Total Productive Maintenance (TPM) in Large Size Organizations – A Case Study in Shandong Lingong. *Applied Mechanics and Materials*, 701–702, 1249–1252. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.701-702.1249>
- Liu, Y., & Liang, L. (2014). Evaluating and developing resource-based operations strategy for competitive advantage: An exploratory study of Finnish high-tech manufacturing industries. *International Journal of Production Research*, 53(4), 1019–1037. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.932936>
- Lonial, S. C., & Carter, R. E. (2015). The impact of organizational orientations on medium and small firm performance: A resource-based perspective. *Journal of Small Business Management*, 53(1), 94–113. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12054>
- Lopes, C. R. (2009). Lean Manufacturing - O segredo da melhoria contínua - Artigos.com. Recuperado 6 de dezembro de 2017, de <http://www.artigos.com/artigos-academicos/4444-lean-manufacturing-o-segredo-da-melhoria-continua>
- Lopetegui, M., Yen, P. Y., Lai, A., Jeffries, J., Embi, P., & Payne, P. (2014). Time motion studies in healthcare: What are we talking about? *Journal of Biomedical Informatics*, 49, 292–299. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2014.02.017>
- Machado, R. H. C., Helleno, A. L., & Lima, C. R. C. (2016). Análise da eficiência operacional de uma linha de produção da indústria de laticínios por meio do indicador de Eficiência Global de Equipamentos (Overall Equipment Effectiveness). *Exacta*, 14(4). <https://doi.org/10.5585/exactaep.v14n4.6627>
- Mariani, C. A. (2005). Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. *Revista de Administração e Inovação*, 2(2), 110–126. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Méndez, J. D. M., & Rodriguez, R. S. (2017). Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(1–4), 1013–1026. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0052-4>
- Mohammadi, M., Rai, P., & Gupta, S. (2016). Improving productivity of dragline through enhancement of reliability, inherent availability and maintainability. *Mousa Mohammadi, Piyush Rai and Suprakash Gupta*, 21(1), 1–8.
- Moraes, P. (2004). *MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: estudo de caso em uma empresa automobilística*. Universidade de Taubaté.
- Naji, A., Beidouri, Z., Oumami, M., & Bouksour, O. (2016). Maintenance Management and Innovation in Industries : a survey of Moroccan companies. *International Journal of Innovation (IJI)*, 4(2), 188–197.
- Nakajima, S. (1989a). *Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance*. São Paulo: Internacional Sistemas Educativos Ltda.
- Nakajima, S. (1989b). *Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance*. São Paulo: Internacional Sistemas Educativos Ltda.
- Neto, P. L. O. C., & Gnidarxic, P. J. (2008). A qualidade e o conhecimento como fatores para a melhoria de processo. In *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- Oliveira, D. (2013). *Sistemas, organizações e métodos: uma abordagem gerencial* (21º ed). São Paulo: Atlas.
- Oliveira, J. A. de, Nadea, J. de, Oliveira, O. J. de, & Salgado, M. H. (2011). Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo. *Production*, 21(4), 708–723. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000044>
- Peinado, J., & Graeml, A. (2007). *Administração da Produção*. UnicenP.

- Perdoná, I. I., Naimer, S. C., Souto, A. J. P., & Godoy, L. P. (2016). Associação entre Ferramentas da Qualidade e Tipos de Manutenção: Análise e Aplicabilidade em uma Unidade Militar. *Revista ESPACIOS*, 37(14), 14.
- Pinto, A. K., & Xavier, J. A. N. (2010). *Manutenção: função estratégica*. (Qualitymark, Org.) (3º ed). Rio de Janeiro.
- Pinto, R. G., & Lima, C. R. C.; (2007). A INTEGRAÇÃO ENTRE O TPM E RCM NA MANUTENÇÃO. In *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Foz do Iguaçu.
- Piran, F. A. S., Trapp, G. S., Dias, K. C., Neves, C. T., & Nunes, F. de L. (2016). NÍVEL DE ADOÇÃO DE PRÁTICAS ENXUTAS: ESTUDO APLICADO EM EMPRESAS DO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL. *Latin American Journal of Business Management*, 7(1). Recuperado de <http://lajbm.com/index.php/journal/article/view/329>
- Poduval, P. S., Pramod, V. R., & Jagathy, R. V. P. (2015). Interpretive structural modeling (ISM) and its application in analyzing factors inhibiting implementation of total productive maintenance (TPM). *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(3).
- Proença, E. T. de; (2011). *Método para monitoramento do OEE em tempo real e a cadeia de ajuda como apoio a estratégia da manufatura enxuta*.
- Rahman, C. M. L., Hoque, M. A., & Uddin, S. M. (2014). Assessment of Total Productive Maintenance Implementation through Downtime and Mean Downtime Analysis (Case study: a Semi-automated Manufacturing Company of Bangladesh). *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 04(09), 2250–3021. <https://doi.org/10.9790/3021-04943847>
- Raposo, C. (2011). Overall Equipment Effectiveness : Application in a Company in. *Revista científica eletronica de engenharia de produção*, 11(3), 648–667.
- Rasheed, R., & Rasheed, S. (2017). ADVANCEMENT OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) IN MACHINING PROCESS INDUSTRY. *Electrical Engineering*, 2(8), 14.
- Riani, A. M., Ferreira, C. F. C.; Araújo, F. de A.; & Eiras, R. M. de O. (2006). ESTUDO DE CASO: O LEAN MANUFACTURING APLICADO NA BECTON DICKINSON. Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Rodrigues, R. G., & Pasa, G. S. (2009). Sistemática De Planejamento E Programação Da Manutenção Na Indústria Petroquímica. In *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- Sampaio, A. (2008). TPM/MPT MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.
- Santos, O. A. C., & Santos, M. J. (2007). Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura - Um estudo de caso. In *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Foz do Iguaçu.
- Shabir, M. (2015). Enhancing Students' Ability in Extending Ideas in the Narrative Writing through the 5W1H Concept. *English*, 17(2), 48–54.
- Sheikh, A., Lakshmipathy, M., & Prakash, A. (2016). Application of queuing theory for effective equipment utilization and maximization of productivity in construction management. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(8), 5664–5672.
- Shen, C. C. (2015). Discussion on key successful factors of TPM in enterprises. *Journal of Applied Research and Technology*, 13(3), 425–427. <https://doi.org/10.1016/j.jart.2015.05.002>
- Silva, B. M. S. R. da, Medina, F., Rocha, H. V. A., & Oliveira, A. R. de. (2016). Uso do indicador de eficácia global de equipamentos como ferramenta para melhoria contínua: estudo de caso aplicado à produção farmacêutica. *Sistemas & Gestão*, 11(1), 49. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2016.v11n1.788>
- Silva, E. S. da, Araújo, E. F. M., Barbosa, G. P., Vieira, D. F., Fontes, W. A. de, Silva, A. M. da, & Dias, M. J. (2017). Estudos e implementação da metodologia tpm no laboratório de processos de fabricação da UniEVANGÉLICA. *Revista Gestão, Inovação e Negócios*, 3(1), 69–89.
- Singh, K., & Ahuja, I. S. (2015). An evaluation of transfusion of TQM-TPM implementation initiative in an Indian manufacturing industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(2), 134–153. <https://doi.org/10.1108/JQME-04-2013-0017>
- Singh, U., & Ahuja, I. S. (2015). Evaluating the contributions of total productive maintenance on manufacturing performance. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 5(4), 425. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2015.072324>
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da Produção* (2º ed). São Paulo: Atlas.
- Sousa, J. N. (2009). Técnicas Preditivas de Manutenção Elétrica. In *Apostila da disciplina de Manutenção de Equipamentos e Instalações Elétricas*. UFRJ.
- Suzuki, T. (1994). *TPM in process industries*. Productivity Press.
- Taylor, F. W. (1990). *Princípios da Administração Científica*. (Atlas, Org.) (8º ed). São Paulo.
- Tsarouhas, P. H. (2015a). Evaluation of maintenance management through the overall equipment effectiveness of a yogurt production line in a medium-sized Italian company. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 16(3), 298. <https://doi.org/10.1504/IJPPQM.2015.071504>

Tsarouhas, P. H. (2015b). Evaluation of maintenance management through the overall equipment effectiveness of a yogurt production line in a medium-sized Italian company. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 16(3), 298. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2015.071504>

Vernini, A. A., & Gonçalves, R. E. de S. G. (2017). APLICAÇÃO DA FILOSOFIA KAIZEN EM UMA EMPRESA DE USINAGEM NA CIDADE DE BOTUCATU-SP. *Tekhne e Logos*, 8(2), 82–97.

Yamaguchi, C. T. (2005). *TPM – Manutenção Produtiva Total*. São João Del Rei.

Recebido em 18 dez. 2017 / aprovado em 11 jun. 2018

Para referenciar este texto

Santos, A. C. S. G., Ribeiro, I. M., Salve, A. S., Mitie Ji, C., Ferreira, L. A. F., & Hora, H. R. M. Indicador OEE e ferramentas da qualidade: uma aplicação integrada no processo de destilação de uma indústria de biotecnologia. *Exacta*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 165-184. abr./jun. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v17n2.8183>>