

Aplicação de ferramentas para redução de gargalos em manutenção na linha de produção**Application of tools to reduce bottlenecks in maintenance in the production line**

DOI:10.34117/bjdv5n6-212

Recebimento dos originais: 24/04/2019

Aceitação para publicação: 28/05/2019

Willian Honório da Silva

Graduando em Gestão da Produção Industrial pela Fatec Jahu
FATEC JAHU
Avenida Mario Pinotti 1927- Jardim Regina, Jaú – SP, Brasil
E-mail: willian.moreco@gmail.com

Bruno Luan Sampaio Bueno

Graduando em Gestão da Produção Industrial pela Fatec Jahu
FATEC JAHU
Rua José Gonçalves da Silva, 650 -Centro, Mineiros do Tietê – SP, Brasil
E-mail: brunoluansp@gmail.com

Orientador:**Evandro Antônio Bertoluci**

Doutor em Educação – UFSCAR
Pós- Doutor – Educação Matemática, Tecnologias Digitais Aplicadas à Educação e
Educação a Distância - UNESP, Brasil
Rua Capitão José Ribeiro, 651, CEP 17209-030, Jaú -SP
prof.dr.evandro.bertoluci@gmail.com

RESUMO

A manutenção na linha de produção tem um papel importante no *setup* da indústria, que envolve o conhecimento integrado da equipe de cada setor. O objetivo desta pesquisa foi elaborar um projeto para reduzir o tempo de manutenção durante o *setup* no processo fermentativo de uma empresa de Nutrição, Cosmético e Farmacêutico localizada no interior do estado de São Paulo. Para a realização do estudo de caso foi utilizada a associação entre a metodologia *SMED* e simulação com *Software Arena* como ferramenta de melhoria na eficiência e eficácia do *setup* de manutenção. Foram observados, no cenário atual, 8 gargalos no processo, com a simulação no 2º cenário todos foram eliminados. De tal modo é possível obter melhores resultados e ganhos de produtividade na linha de produção no processo fermentativo da empresa.

Palavras Chaves: *Setup*, *Leanmanufacturing*, *Software Arena*, Metodologia *SMED*, Manutenção Produtiva Total

ABSTRACT

Maintenance on the production line plays an important role in the setup of the industry, which involves the integrated knowledge of each industry team. The objective of this research was to elaborate a project to reduce maintenance time during setup in the fermentation process of a Nutrition, Cosmetic and Pharmaceutical company located in the interior of the state of São Paulo. For the accomplishment of the case study it was used the association between the SMED methodology and simulation with Software Arena as a tool to improve the efficiency and effectiveness of the maintenance setup. In the current scenario, eight bottlenecks were observed in the process, with simulation in the second scenario all were eliminated. In this way it is possible to obtain better results and productivity gains in the production line in the fermentation process of the company.

Keywords Setup, Lean manufacturing, Software Arena, SMED Method, Total Productive Maintenance

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual das empresas no Brasil vem se tornando cada vez mais competitivo, para isso o *setup* da indústria tem um fator importante para competitividade no mercado. A manutenção na linha de produção tem um papel importante no setup da indústria que envolve o conhecimento integrado da equipe de cada setor e cada equipamento da empresa, tomando decisões de onde, quando e por que aplicar cada tipo de manutenção.

O aumento da complexidade e a diversidade de ativos físicos dentro de uma organização aumentam ainda mais a demanda por sistemas de manutenção eficientes e economicamente viáveis.

A principal proposta desse estudo é melhorar o tempo de *setup* na linha de produção no processo fermentativo da empresa. Assim, deve-se realizar a unificação da equipe de produção junto com a área da manutenção, para um melhor desenvolvimento de uma manutenção industrial eficaz, e eficiente com foco na busca da excelência operacional durante o *setup* da indústria, procurando também promover à interação entre a área da manutenção e a área da produção.

Buscando reduzir o tempo de *setup* no processo fermentativo, foi proposto à área da produção uma flexibilidade de função junto a área da manutenção. Assim poderá ser realizada uma manutenção através da metodologia *SMED* com ênfase em manutenção TPM, dessa forma foi utilizado um software de simulação conhecido como *Software Arena*, a onde foi verificada o cenário atual do *setup* da empresa, obtendo resultados reais e assim podendo propor os melhores resultados para empresa.

2 OBJETIVO GERAL

Elaborar um projeto para reduzir o tempo de manutenção durante o *setup* no processo fermentativo de uma empresa de Nutrição, Cosmético e Farmacêutico do interior de São Paulo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar estudo de caso na área de manutenção em uma empresa com processo fermentativo;
- Analisar o tempo de manutenção observando gargalos que podem impactar no processo de produção;
- Avaliar a possibilidade de interação entre a área da produção e a área da manutenção;
- Realizar simulação com o *Software Arena* para sugerir melhorias na área da manutenção da empresa.

3 METODOLOGIA

O método utilizado neste trabalho foi um estudo exploratório com a finalidade de reduzir o tempo de manutenção durante o *setup* no processo fermentativo de uma em uma empresa multinacional localizada na cidade de Brotas-SP.

Focando em práticas de melhorias no sistema de trabalho, foram analisados e coletados os tempos e movimentos de manutenção dos equipamentos, pois Fagundes e Fogliatto (2003) descreve a metodologia *SMED (Single Minute Exchange of Die)* como um método utilizado para a redução dos tempos de preparação e rapidez do ajuste em máquinas, contribuindo para o desempenho de forma econômica em pequenos e médios lotes de maneira mais ágil, através da diminuição ou eliminação dos desperdícios que tem relação com o processo de troca de ferramentas.

Para os autores Kardec e Ribeiro (2002), manutenção autônoma consiste em desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos, bem como a habilidade de inspecionar e detectar anomalias. Os autores afirmam que a essência do sucesso da Manutenção Autônoma é sensibilizar o operador, visto que o equipamento é usado como meio de ensiná-los uma nova forma de pensar e agir, trazendo melhorias para sua rotina e para seu desenvolvimento profissional.

Os dados coletados foram utilizados para realizar simulações no *Software Arena*, onde foram observadas mudanças para melhorias futuras de *setup* na linha de produção. Pode se dizer que a simulação poderá ser compreendida como a modelagem de um processo ou

sistema, que irá imitar ações futuras de um sistema real de acordo com eventos praticados (SCHRIBER, 1974 apud FREITAS FILHO, 2008).

A Metodologia *SMED* tem como principal finalidade a redução e simplificação do *setup* através da diminuição ou mesmo a eliminação dos desperdícios ligados ou operação. Definida como uma visão estratégica que possibilita a redução das perdas provenientes da troca de elementos em uma operação. Como suporte para exploração do tema, foi realizado também uma revisão bibliográfica focada nos conceitos de *Leanmanufacturing* e métodos de simulação.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem o objetivo de abordar aos principais conceitos de *Lean Manufacturing* e Método de Simulação. Serão apresentadas suas origens, seus fundamentos e principais ferramentas, dando ênfase especial ao conceito de Manutenção Autônoma.

✓ TRF – Troca Rápida de Ferramenta (SMED - Single Minute Exchange of Die)

Segundo Shingo (1985), a metodologia *SMED* é uma abordagem científica para a redução dos tempos de *setup*, que pode ser implementada em qualquer empresa e em qualquer equipamento. A sua implementação deve ser realizada de uma forma faseada, constituída por quatro etapas:

Etapa preliminar – Tem como objetivo efetuar uma análise da situação atual, recolhendo informações relativamente ao processo, às operações realizadas durante o *setup* e à medição dos respetivos tempos. Nesta etapa é essencial sensibilizar os operadores e envolvê-los, visto que estes são os que conhecem melhor os equipamentos e podem sugerir novas ideias para melhorar o processo.

• **Etapa 1** – Classificação, separação e organização de todas as operações de *setup* como internas e externas, procurando desde logo identificar oportunidades de melhoria. De acordo com Shingo (1985), esta etapa é muito importante, podendo contribuir para uma redução dos tempos de *setup* na ordem dos 30%-50%.

• **Etapa 2** – Análise das atividades classificadas visando a conversão, buscar meios para converter operações internas, as operações que só podem ser realizadas quando a máquina

estiver parada, em externas as operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento;

- **Etapa 3** – Esta última etapa tem como objetivo a melhoria contínua das operações de *setup*, sejam elas internas ou externas, desenvolvendo soluções para otimizar e simplificar essas operações.

Estas etapas se encontram sintetizadas na Figura 1.

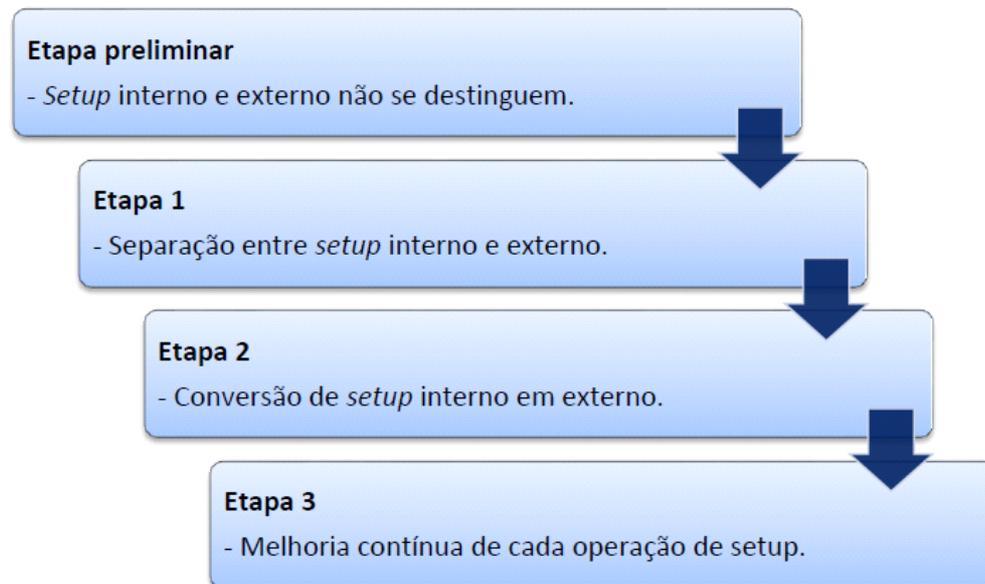


Figura 1. Etapas conceituais da metodologia *SMED* (Shingo, 1985).

Segundo Moreira e Pais (2011) basearam-se na obra de Shingo e separaram os principais benefícios da implementação da metodologia *SMED* em diretos e indiretos, como demonstrado a seguir:

- Redução do tempo de *setup*.
- Redução de custo de produção
- Aumento de capacidade de produção
- Redução do tempo dedicado a ajustes.
- Padronização das operações.

5 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

A Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*) teve sua origem no Japão, no início dos anos 60, e tinha como objetivo principal melhorar a confiabilidade dos equipamentos e aumentar a qualidade dos processos, viabilizando assim o sistema Just in Time (NETTO, 2008). De acordo com J.I.P.M. (2002) apud MORAES (2004, p. 33), a respeito do TPM: “Esforço elevado na implementação de uma cultura corporativa que busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de todos os tipos de perdas, atingindo assim o zero acidente, zero defeito e zero falhas durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo Produção, Desenvolvimento, Marketing e Administração, requerendo o complexo envolvimento desde a alta Administração até a frente de operação com as atividades de pequenos grupos”.

Ou seja, o TPM exige compromisso voltado para o resultado. Antes de uma política de manutenção, é uma filosofia de trabalho, com forte dependência de envolvimento dos mais diferentes níveis da organização. MORAES (2004) cita três características importantes do TPM:

- Reconhecimento da manutenção como atividade geradora de lucros para a organização;
- Integração e otimização das políticas de manutenção existentes e utilizadas na organização, melhorando a eficiência global dos equipamentos;
- Promoção e incentivo à cultura do envolvimento dos operadores com a manutenção (manutenção espontânea), adquirindo novas capacidades e se dedicando aos projetos de aperfeiçoamento de diagnóstico e do equipamento.
- Apesar de cada empresa possuir suas próprias formas de trabalho, a metodologia do TPM fornece alguns princípios, denominados pilares, que deveriam ser considerados para sua implementação. MORAES (2004, p. 40) aponta: “Manutenção Autônoma” como um dos pilares em uma organização;
- Manutenção Autônoma: é relacionada, principalmente, às atividades que envolvem os operadores e seus equipamentos, despertando neles a vontade de cuidar e manter seus instrumentos de trabalho em boas condições de uso. Baseia-se também no espírito de trabalho em equipe para melhoria contínua das rotinas de manutenção e produção;

6 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

A Manutenção Autônoma é um dos oito pilares da TPM (*Total Productive Maintenance*), que por sua vez tem como intuito fazer com que as equipes de manutenção e

produção, trabalhem em conjunto com o intuito de para melhorar as condições de funcionamento dos equipamentos, minimizando a deterioração precoce. (XENOS, 2004).

O pilar da manutenção autônoma visa dar condições aos operários desenvolverem rotinas de limpeza, lubrificação e inspeção, dessa forma desenvolvendo a capacidade dos operários em resolver todos os tipos de anomalias. (SUZUKI, 1995)

Por quantas vezes presencia-se no dia-a-dia das fábricas problemas de relacionamento e conflito entre as áreas de produção e manutenção, técnicos querem fazer as paradas programadas, mas os supervisores de produção não deixam ocorrer as interrupções, assim a falta de manutenção ocasiona o mau desempenho dos equipamentos. Dessa forma Xenos (2004, p.35) acredita que:

Além de melhorar a cooperação entre os operadores e o pessoal da manutenção, a manutenção autônoma é um método eficaz que, aplicado diretamente no chão-de-fábrica, contribui para eliminar as falhas nos equipamentos e reduzir as interrupções da produção. Pode-se observar que Manutenção Autônoma tem como principal objetivo o aumento do tempo de disponibilidade operacional dos equipamentos através da verificação e envolvimento do pessoal de operação. A palavra autônoma indica exatamente o fato de os operadores terem autoridade e conhecimento suficientes para executarem intervenções antes realizadas pelo pessoal da manutenção. Com o incremento de pequenas tarefas no dia-a-dia dos operadores, estes têm sua função mais valorizada e os técnicos de manutenção tem mais tempo disponível para desenvolver e estudar formas de melhorar os equipamentos e programar sua intervenção. Isto torna o sistema um ciclo virtuoso de melhoria contínua e consequente redução das perdas relacionadas a quebras, falhas, perda de velocidade e qualidade. (XENOS, 2004)

7 CRONOANÁLISE

Oliveira (2009) considera a cronoanálise como o método utilizado para cronometrar e realizar análises do tempo que um operador leva para realizar uma tarefa no fluxo produtivo, permitindo um tempo de tolerância para as necessidades fisiológicas, possíveis quebras de maquinários, entre outras. A cronoanálise surgiu com os estudos de Taylor e dos Gilbreth. Taylor enfatiza a divisão das operações e a real capacidade do operador, enquanto 20 Gilbreth, os movimentos e os aspectos ligados à fadiga e à economia dos movimentos desnecessários (SUGAI, 2003).

Segundo Oliveira (2012), o uso da cronoanálise é indicado quando há necessidade de melhorar a produtividade e entender detalhadamente o que ocorre no processo produtivo. Através dela é possível identificar os pontos ineficientes do processo, bem como os desperdícios de tempo. Isso facilita a realização de estudo de melhoria de processos e o aumento da produtividade.

Para Oliveira (2009), a cronometragem é uma ferramenta que evidencia os pontos importantes para uma amostragem de tempos:

- Real capacidade do operador para a cronometragem;
- Número de medições exigidas para uma análise confiável;
- Avaliação de tolerância em porcentagem para cada operação.

8 MÉTODO DE SIMULAÇÃO

Segundo Pedgen (1991) apud Freitas filho (2008) diz que " simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias futuras para sua operação ".

De acordo com Freitas Filho (2008) a simulação modela um processo ou sistema, de tal forma que o modelo reproduza as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo. Também afirma que a simulação é o processo de programar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com esse modelo com finalidade de compreender o seu comportamento e/ou avaliar estratégias para a sua operação.

A técnica da simulação e seus conceitos básicos devem ser geralmente, justificáveis e de fácil compreensão, tanto para usuários, para os gerentes e para todos aqueles que lidam com o processo e que tomam a decisão de aplicá-la em seus projetos. A simulação é importante para que seja possível, utilizando-se de modelos computacionais, prever a conduta e a reação de sistemas reais. Dessa forma, podem-se antecipar as consequências geradas por alterações ou pelo emprego de outros métodos em suas operações. Outra função da simulação é auxiliar a preparação de eventos futuros, nos quais se verifica pouco conhecimento e experiência. Para a simulação deste trabalho, foi utilizado o *Software Arena*.

9 SOFTWARE ARENA

O *Software Arena* foi lançado pela *Systems Modeling* é um dos *softwares* mais utilizado em todo mundo por empresas e universidades para montar qualquer modelo de

programação visual através de um sistema criado na tela do computador onde correspondem a ocorrências de eventos a um cliente genérico que flui pelo sistema sendo modelado em tempo real (ALMEIDA, et al. 2006).

O *Software Arena* são blocos que representam eventos nos sistemas como: Chegada de um pedido, atendimentos, saídas etc. A cada um desses eventos correspondem a um bloco do *Software Arena* formando uma sequência de diagrama de bloco, dessa forma o modelo representa certamente o sistema que deseja simular da mesma forma que se tem uma “visão do mundo real” (PRADO, et al. 2014).

10 ESTUDO DE CASO

A pesquisa caracterizou-se por um estudo de caso na área de manutenção em uma empresa de processo de fermentação na cidade de Brotas-SP. Para a coleta de dados foram utilizados os pedidos de manutenção, horários de execução de manutenção finalizada e a entrega do equipamento para a produção da empresa, onde foram apresentados dados como quantidade de manutenção a ser realizado, número de funcionários no setor de manutenção, tempo em cada execução e quantidade de manutenção que deixou de ser realizada no final da jornada de trabalho.

A decisão de adotar as técnicas de manutenção autônoma partiu do funcionário da empresa, com o objetivo de melhorar a eficiência das máquinas e da redução do gargalo dosetup na linha de produção envolvendo diretamente as áreas de produção e manutenção. Sendo assim, o foco principal está no pilar de Manutenção Autônoma (MA). O setor da empresa analisado neste trabalho é a área de produção.

Grandes indústrias brasileiras, através de pesquisa quantitativa, verificaram padrões que revelassem concordância com tais critérios estudados e mostraram que tais organizações, que utilizam o método de simulação, caminham para um cenário favorável. Desse modo, a manutenção autônoma possui um papel cada vez mais participativo nos resultados e objetivos estratégicos das empresas.

11 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi baseada em conceitos de *Lean Manufacturing* com proposta de Manutenção Autônoma seguindo o método *SMED* (Troca Rápida).

12 CENÁRIO DA EMPRESA ATUAL

Diante da importância do setor abordado, o mapeamento dos processos pode determinar como e onde havia dificuldade de se desenvolver em menor tempo real algumas atividades de manutenção, podendo ser esclarecidas por meio da utilização do *SoftwareArena*, que existe um gargalo sendo formado durante o processo de produção. Durante a coleta de dados no cenário atual o pedido de manutenção é de 70 minutos e o tempo de realização da manutenção é de 140 minutos

Tabela 1: Pedidos e execução de manutenção (unidade)

Área de manutenção	Tempo de manutenção
Chegada de pedido para manutenção	1 pedido a cada 70 minutos
Equipamento em processo de manutenção	140 minutos para finalizar a manutenção

Após a coleta, foi realizada a simulação do cenário atual, onde consta o fluxograma na Figura 2

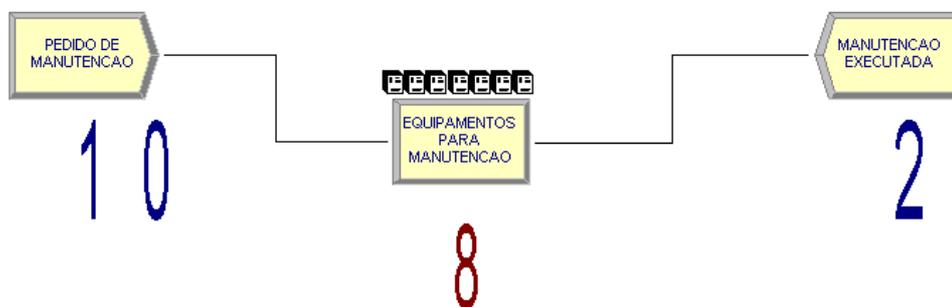


Figura 2. Etapas de simulação *Software Arena*

A sobrecarga do executante de manutenção é apresentada na Tabela 2 onde sua porcentagem de trabalho foi de **100%**. Os resultados de tempo médio após as simulações em minutos foram de **152,34** minutos. O tamanho médio da fila foi de **5.18** unidades; e no final da simulação foi observada que a quantidade de manutenção executada foi de **2.0**, deixando um gargalo na linha de produção de **8.0** manutenções.

Tabela 2 – Resultado do atual

Tempo de Simulação em minutos	480 minutos
Total de pedidos de manutenção	10
Tempo médio de espera em minutos	152,34 minutos
Número de manutenções na fila	5.18
Tempo que os mecânicos ficaram ocupados (%)	100%
Manutenção não finalizadas	8
Manutenções finalizadas	2

13 PROPOSTA DE MELHORIA

Os resultados das simulações no segundo cenário estão apresentados na Tabela 3 e Tabela 4. Houve uma redução de tempo no pedido de manutenção de 70 minutos para 50 minutos. Além disso, reduziu o tempo de manutenção realizada de 140 minutos para 40 minutos. A porcentagem de trabalho executado pela manutenção houve uma queda de utilização para **50,67 %**. Os resultados de tempo médio após a melhoria proposta em simulação foram de **6,90** minutos para a manutenção e o tamanho médio da fila de manutenção foi para **0.12** unidades. No final da simulação foi observada a melhoria que houve diante da proposta de tempo na simulação do 2º cenário, diminuindo consideravelmente o gargalo de manutenção. OS dados da simulação do cenário 2 mostraram que chegaram **9** pedidos de manutenção e foram finalizados todos os **9** pedidos. Esta melhoria imaginada deve ser obtida com aplicação da manutenção autônoma. O próprio operador capacitado para realizar ajustes, reparos e limpezas nos equipamentos que utiliza.

Tabela 3: Pedidos e execução de manutenção (unidade)

Área de manutenção/Produção	Tempo de manutenção
Chegada de pedidos para manutenção	1 pedido a cada 50 minutos
Tempo de manutenção realizada	40 minutos para finalizar a manutenção

A melhoria proposta foi representada no *Software Arena* conforme fluxograma na Figura 3

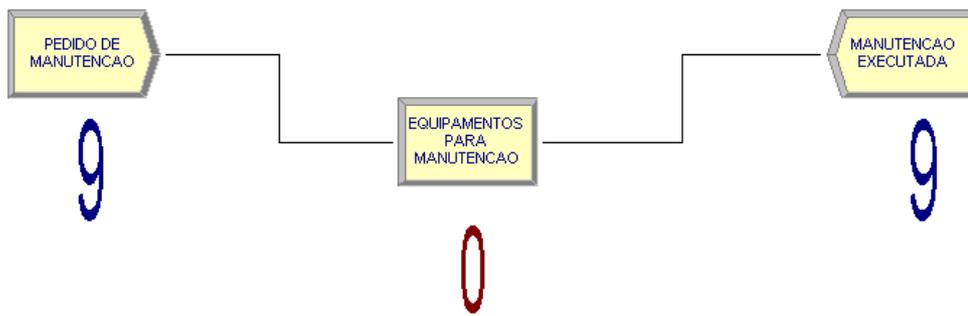
Figura 3. Etapas de simulação *Software Arena*

Tabela 4 – Resultados obtidos após a melhoria proposta

Tempo de Simulação em minutos	480 minutos
Total de pedidos de manutenção	9
Tempo médio de espera em minutos	6,90 minutos
Número de manutenções na fila	0,12
Tempo que os mecânicos ficaram ocupados (%)	50,67 %
Manutenção não finalizadas	0
Manutenções finalizadas	9

14 CONCLUSÃO

Este projeto teve a finalidade de reduzir o tempo de manutenção durante o *setup* no processo fermentativo de uma empresa de Nutrição, Cosmético e Farmacêutico do interior de São Paulo. Através da análise dos dados no *Software Arena* os objetivos do estudo foram atingidos com êxito. A partir da realização desse trabalho, foi possível identificar no cenário atual 8 gargalos na área da manutenção.

Durante a jornada de trabalho foi possível promover a proposta de melhoria no 2º cenário com a utilização do sistema *Software Arena*, realizando a unificação entre os setores de produção e manutenção, onde obteve melhores resultados, eliminando todos os gargalos. Além disso, esse estudo pôde proporcionar uma maior conscientização por parte dos

envolvidos, que puderam visualizar melhorias que podem ser implementadas no dia a dia de trabalho.

Durante o desenvolvimento do estudo, os resultados foram demonstrados as pessoas envolvidas como forma de incentivar e motivá-los a otimizar os resultados, além disso, os benefícios do *Software Arena* só poderão ser enxergados a médio e longo prazo, por conta disso, há uma grande resistência da alta gerência em empregar recursos como pessoas e materiais para sua viabilização.

A análise do *Software Arena* e o método *SMED* são ferramentas de qualidade, no entanto, quando empregada com seriedade, pode representar grandes saltos em termos de custos, produtividade e qualidade de produtos. De maneira geral, o uso destas ferramentas esta aliada à validação de processos e projetos, pode prolongar os resultados obtidos e validar as operações relacionadas ao controle de manutenção.

REFERÊNCIAS

FAGUNDES, P. R. M.; FOGLIATTO, F. S. **Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso.** *Gestão e Produção*, v.10, n.2, p.163-181, ago. 2003.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução a Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena.** 2.ed. Florianópolis: Visual Books,2008

J. I. P. M. Japanese Institute of Plant Maintenance. **TPM frequentlyaskedquestions.** 2002. Disponível em <www.jipm.or.jp/en/home> Acesso em 30 mar. 2019

MORAES, P.H.A. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística.** 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté. Disponível em: <<http://migre.me/4FEPO>>. Acesso em 4 abr. 2019.

Moreira, A. C., & Pais, G. C. (2011). Single Minute Exchange of Die: A Case Study Implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6, 129-146

NETTO, W. A. C. **A Importância e a Aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas Indústrias.** 2008. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

OLIVEIRA, J.C.G. **Estudo dos tempos e métodos, cronoanálise e racionalização industrial.** 2012. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/administracao-e-negocios/estudo-dos-tempos-e-metodos-cronoanalise-e-racionalizacao-industrial/63820/>. Acesso em: 13 abr. 2019.

PRADO, DARCI SANTOS DO. **Usando o ARENA em simulação.** 5. ed. São Paulo: Falconi, 2014.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System.** Product Press. Cambridge, MA, 1985

SHINGO, Shigeo. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta. Uma Revolução nos Sistemas Produtivos.** 1ªed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SUGAI, M. **Avaliação do uso do MTM (Methods-time Measurement) em uma empresa de metal-mecânica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003