

REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP EM UMA INDÚSTRIA DE PISOS DE MADEIRA NO INTERIOR DE SÃO PAULO

Felipe Bogajo Chavarski – felipe.bc18@hotmail.com

Leonardo Raphael de Moraes Gonçalves Pereira – leo.raaphael@hotmail.com

Rafael Kanamaru – kanamaru@gmail.com

PROF. MS. Mário Sérgio dos Santos (Orientador) – mario.santos@mackenzie.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo reduzir os tempos de setup na produção de pisos de madeira de baixa demanda em uma indústria no estado de São Paulo. Para isso, foi analisado o método da Troca Rápida de Ferramentas para alcançar o objetivo, devido às condições da indústria estudada e algumas restrições estruturais e físicas do processo da produção de pisos de madeira.

Desse modo, foi analisado o processo todo da produção de pisos de madeira maciços, e após a confirmação por parte da empresa de que o gargalo do setup para produtos de baixa demanda se encontrava na plaina moldureira devido ao seu baixo OEE (Eficiência Global do Equipamento). O setup na máquina foi estudado, acompanhado e analisado de acordo com os estágios de implantação da TRF. Feito isso, foram encontradas diversas oportunidades de mudanças estruturais, processuais e ordem de execução das atividades no setup da máquina, que trariam melhorias e reduções nos tempos demandados. Assim sendo, foi proposta uma série de mudanças e ajustes para a empresa estudada aumentar significativamente o OEE da máquina em questão, e assim, mitigar o problema dos altos tempos de setup para produtos pouco demandados pelo mercado.

Palavras-chave: Redução de tempo de setup. Produtos de baixa demanda. Troca rápida de ferramenta. OEE (Eficiência Global do Equipamento).

REDUCING SETUP TIME IN A WOODEN FLOOR INDUSTRY INSIDE SÃO PAULO

ABSTRACT

This work aims to reduce setup times in the production of low-demand wooden floors in an industry

in the state of São Paulo. For that, the *Single-minute Digit exchange of die* (TRF) method was analysed to reach the objective, due to the conditions of the studied industry and some structural and physical restrictions of the wooden flooring production process. In this way, the entire production process of solid wood floors was analysed, and after confirmation by the company that the bottleneck of the setup for low-demand products was in the planer due to its low OEE (Overall Equipment Effectiveness) The setup on the machine was studied, monitored and analysed according to the implementation stages of the TRF. That done, several opportunities for structural, procedural changes and order of execution of activities were found in the machine setup, which would bring improvements and reductions in the times required. Therefore, a series of changes and adjustments were proposed for the company studied to significantly increase the OEE of the machine in question, and thus mitigate the problem of high setup times for products that are not in demand in the market.

Keywords: setup's time reduction. Low demand products. Changeover. OEE (Overall Equipment Effectiveness).

1 INTRODUÇÃO

No século XXI, onde as empresas tendem a estar mais tecnológicas e o consumidor mais exigente, o mercado é diretamente influenciado, ficando cada vez mais competitivo. As organizações, com intuito de ganhar alguma vantagem sobre a concorrência, visam melhorar a eficiência em cada detalhe. Ao se falar em indústrias, é vital que estas consigam preparar suas máquinas e ferramentas o mais rápido possível para dar sequência na produção, uma vez que, de forma geral, quando a linha está sendo preparada, ela não está produzindo, podendo levar a perdas significativas se não houver um plano de ação, pois como dito por Barbosa (2019), a produtividade de uma empresa é dependente de seus custos de produção, e é necessário que a empresa os reduza para garantir sua sobrevivência. Este tempo de preparo das máquinas e ferramentas é chamado de tempo de setup e é fundamental para que as empresas consigam atingir seus objetivos, uma vez que altos tempos de setup significam altos custos operacionais.

Assim como McIntosh (2001) cita, uma redução do tempo de setup pode gerar inúmeras vantagens, sendo assim um ganho reunido em 5 grupos principais, que são: I- Aumento do controle do processo; II - Redução de recursos; III - Redução do inventário; IV - Redução do tempo de parada de equipamento; V - Aumento da flexibilidade.

Quando uma indústria oferece muitos tipos de produtos, ou SKUs (Stock Keeping Unit), ela está passível a diversos setups, uma vez que cada tipo de produto pode exigir, por exemplo, uma configuração diferente das máquinas e ferramentas. O aumento dos SKUs pode trazer diversos problemas de setup, principalmente para produtos de baixa demanda. Este é o caso da indústria estudada neste trabalho, uma empresa produtora de pisos de madeira, que possui grande diversidade

de SKUs e, conseqüentemente, problemas operacionais como tempos excessivos de setup, que reduzem seu lucro consideravelmente.

Assim, tem-se a seguinte questão: como mitigar as perdas financeiras devido a altos tempos de setup na troca de matérias primas destes produtos de baixa demanda?

1.1 OBJETIVO

Reduzir os tempos de setup com relação à produção de produtos de baixa demanda em uma indústria de pisos de madeira localizada no interior de São Paulo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Adotado como uma estratégia importante para as empresas, a redução do tempo de setup permite uma melhoria contínua em todo o processo de produção, pois como afirmado por Vaine (2016), o sistema Toyota de produção visa a melhoria através da redução das perdas operacionais. Seus benefícios em adotar a redução é minimizar falhas, diminuir os prazos de entrega, aumentar a satisfação dos clientes e reduzir os custos de produção além de melhorar a capacidade de oferta, atender mais rapidamente a demanda dos clientes e manter a empresa competindo no mercado.

A indústria que é foco deste estudo, é líder do mercado nacional no ramo e uma das líderes mundiais em pisos de madeiras tropicais, contando com mais de 600 colaboradores, um parque industrial de 450.000 m² em Tietê/SP, 90 revendedores no país e centros de distribuição nos Estados Unidos, Itália, França e Argentina. Um ganho no tempo de setup pode representar um grande volume de produtos a mais a serem produzidos.

De acordo com a diretoria da empresa estudada, o tempo de setup representa cerca de 10% do tempo de produção total, com uma média de 40 minutos por setup e OEE (Overall Equipment Effectiveness) de 80% no processo total de produção da madeira. Este é fortemente influenciado pelos altos tempos de setup que reduzem a produtividade, ainda segundo a diretoria da empresa. Como essa indústria possui diversos SKUs, alguns produtos possuem baixa demanda e, conseqüentemente, os altos tempos de setup para troca de matéria-prima para atender aos pedidos desses produtos geram perda de tempo e afetam o lucro da indústria. Pode-se argumentar que, idealmente, optar por não produzir SKUs com baixa demanda seja uma opção a ser considerada, porém, manter esses SKUs é uma decisão estratégica, com intuito de manter a fidelidade de certos clientes.

De acordo com Shingo (1985), é importante que se reduza as perdas de um sistema de produção, para que se alcance melhores resultados operacionais. O autor também define como o período em que a produção é interrompida para se fazer um ajuste nas máquinas da fábrica, o tempo de setup está diretamente relacionado com as variações dos produtos e o planejamento da produção. Além disso, Shingo (1985) também diz que o tempo de setup está presente com mais frequência em sistemas de produção em lotes, onde ocorrem essas paradas para ajustar a necessidade de se produzir grande variedades de produtos. Uma outra perspectiva, segundo Sugai *et al.* (2007), o tempo de setup

é o tempo que se leva entre o final da produção de um determinado produto, até o início da produção de outro tipo de produto mantendo-se a qualidade. Além disso, para os autores, também deve-se considerar o período que antecede e o depois da execução do setup, englobando a desaceleração, o setup e a aceleração das máquinas ou ferramentas. Já para Slack (2006), o setup é “o tempo decorrido na troca do processo da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote”. Todas essas definições mostram como o tema é complexo, e relevante para a indústria em questão. Considerando tal cenário, essas definições apresentadas serão utilizadas para guiar as metodologias e discussões apresentadas neste trabalho.

Segundo Ben (2007), as empresas têm se esforçado a fim de reduzir o tempo de setup, aumentando a atividade produtiva. Este requisito é essencial para se alcançar bons resultados, uma vez que no fim da cadeia encontra-se um cliente que demanda intervalos de tempo cada vez menores e lotes cada vez menores. Para Fagundes (2002), para que se reduza o preço final de um produto é importante que se reduza todos os tempos de setup de uma produção. Desse modo, assim como afirmado por Harmon e Peterson (1991), quando o custo de setup é alto, tem-se lotes de produção grandes, que certamente resultarão em custos de controle de estoque.

De acordo com Barboza (2018), a otimização de um processo está diretamente relacionada ao tempo e planejamento de setups. Mais do que isso, os tempos de setup de um processo podem decidir se a produção será ou não vantajosa, pois afetam diretamente a parte financeira do processo caso resultem em excessivos custos. “Tais vantagens, como redução dos tempos de paradas, tem como consequência aumentar a capacidade de produção, reduzir prazos de entregas e, assim, tornar mais competitiva a linha produtiva em questão”. (BARBOZA, 2018 p.7).

Como uma consequência do alto tempo de setup numa indústria, tem-se o aumento dos lotes mínimos de produção, que acarretarão não apenas em estoques desnecessários, mas também em desperdícios e custos que poderiam ser evitados se houvesse uma atuação na otimização dos tempos de setup, pois como dito por Cas *et al.* (2015), altos tempos de setup estimulam a superprodução a aumento de desperdícios.

Portanto a redução de tempos de setup é uma necessidade de se alinhar o processo produtivo como um todo, para que não ocorram perdas de tempo que impactem nos níveis ou tempo final de produção. Como dito por Nishida (2005), é necessário que se tenha um alinhamento de tempos para que se possua uma espécie de fluxo único de produção.

Assim, a necessidade de atuar na redução dos tempos de setup é clara, já que é um dos fatores que pode prejudicar consideravelmente o tempo de produção e conseqüentemente os lucros da empresa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é feita a revisão bibliográfica tratando da Troca Rápida de Ferramentas e do Overall Equipment Effectiveness. O objetivo é identificar oportunidades de aplicação na indústria escolhida como alvo deste trabalho.

2.1 TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

Segundo Albuquerque (2008), as indústrias no Japão passaram por uma grande escassez de recursos pós Segunda Guerra Mundial, tanto referente a recursos financeiros quanto humanos. Por conta deste período de crise, os japoneses buscaram a otimização dentro de todas possibilidades no trabalho. A produção enxuta surgiu nas Fábricas da Toyota Motors e é caracterizada por um sistema onde utiliza-se a menor quantidade de recursos para produzir a mesma ou maior quantidade de produtos acabados, com objetivo de eliminar desperdícios e fabricar produtos com baixo custo e alta qualidade. Liker (2016) diz que após anos de prática, Ohno e sua equipe propuseram o Sistema Toyota de Produção, baseado em melhorias do que observaram nos Estados Unidos, como o sistema puxado, inspirado nos supermercados, onde a produção é provocada pelo consumo. Sugai *et al.* (2007) afirma que todas as técnicas aplicadas na Toyota foram produzidas internamente, com exceção do método Troca Rápida de Ferramenta (TRF), que foi elaborado por Shigeo Shingo. Porém, de acordo com Lima (2002), quando a Toyota se instalou na região de Indaiatuba na década de 1990, ao fazer a linha de produção em partes (ilhas ou células), permitiu-se que as paralisações (como um possível setup) não afetassem a produção como um todo. Esse fato já demonstrava uma possível preocupação com paralisações e seus efeitos.

Ainda de acordo com Sugai *et al.* (2007), a primeira etapa do desenvolvimento ocorreu na planta da Mazda Toyo Kogyo, em 1950, e a segunda na planta da Mitsubishi Heavy Industries, em 1957. Apenas em 1969 que a terceira e última etapa ocorreria, na Toyota Motors Company, onde na primeira fase de seu trabalho Shingo já havia reduzido o setup de uma prensa de 1.000 toneladas de 4 horas para 90 minutos.

Shingo (1985) afirma que uma das principais dificuldades encontradas nas fábricas nas quais visitou eram relativas à produção de produtos diversificados, de baixa produção. Esta dificuldade era originária das operações de setup necessárias, como calibração e troca de ferramentas. Seu método, tem como foco a redução do tempo de setup para menos de dez minutos. Ele foi desenvolvido ao longo de 19 anos como resultado de análises práticas e teóricas.

Em relação a demanda, há dois tipos de pedidos: pedidos recorrentes e pedidos feitos apenas uma vez. Os que são feitos apenas uma vez vão apresentar um problema, pois sempre vai ser necessário um setup específico para ele, enquanto pedidos recorrentes, mesmo que em lotes pequenos, podem ser combinados para o aproveitamento do setup (Shingo, 1985).

Tanto Leão (2009) quanto Burger (2004) afirmam que aplicar a TRF permite a redução do lead time de fabricação (tempo entre o recebimento da matéria-prima até a expedição dos produtos acabados para os clientes). Isso demonstra que o uso dessa técnica, trará a redução do tempo que o produto fica na fábrica, e mais do que isso, permitirá que o tempo de setup das máquinas da operação sejam menores. Leão (2009) afirma ainda que embora a implantação da TRF seja variada, ele traz resultados consideráveis, e permite que o número de ferramentas desnecessárias seja reduzido, já que serão utilizadas apenas as que desempenharem determinada função. E conforme dito por Sugai *et al.* (2007), a variação nos tempos de setup gera perdas em todo o processo, como ocorreu no estudo de caso que os autores fizeram, onde demonstra-se que sem os métodos de troca rápida de ferramentas propostos por Shingo (1985), é difícil alcançar essa espécie de padronização.

Desse modo, evidencia-se o fato de que os grandes tempos de setup, dificultam o processo rápido de produção e exigem maiores lotes. Para (Shingo, 1985) a troca rápida de ferramenta reduz o tempo de atravessamento do produto, e ainda não exige muitos investimentos.

“De acordo com Costa Júnior (2008) a troca rápida de ferramentas constitui-se um método que permite reduzir os tempos de mudança de utensílios, de matérias ou de séries pela preparação antecipada da mudança de referência e pela sincronização e simplificação das tarefas.” (COSTA, *et al.*, 2012). Exatamente isso impacta na redução do tempo de setup para troca de matérias primas, como dito por (Costa, *et al.*, 2012), onde a implantação desse método em uma fábrica de calçados, resultou em melhorias expressivas na redução dos tempos de setup.

Para melhor entender as aplicabilidades da TRF, serão abordados alguns estudos de caso usando como base a literatura levantada.

2.1.1 Estudos de Caso: Aplicações da TRF em diversas organizações

Barbosa (2015) fez a análise da implementação da TRF em uma indústria gráfica comercial de grande porte no Rio de Janeiro, reduzindo o tempo de setup de aproximadamente 57 para 34 minutos, reduzindo 23 minutos, ou seja, 40% do tempo original. Antes da aplicação do TRF em si, foi feito um levantamento com base nas sete perdas do STP, para melhor compreensão de onde poderia haver ganhos.

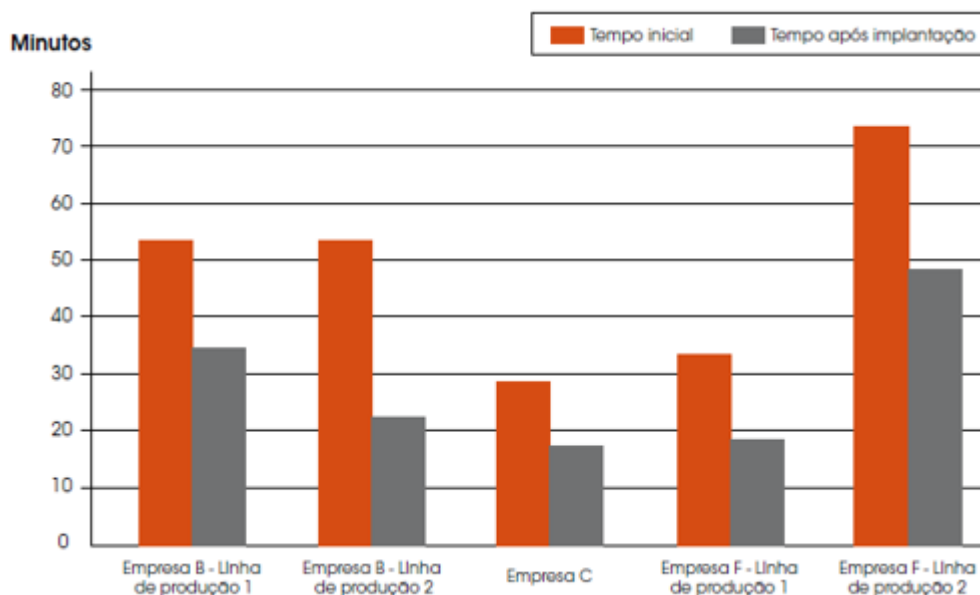
Hausmann (2010), afirma que ao implantar esse método em uma máquina trefiladora de uma empresa produtora de pneus, o resultado obtido foi considerado vantajoso, pois foi possível não apenas reduzir consideravelmente o tempo de setup da mesma (três quartos do tempo anterior), como evitar movimentos desnecessários que geravam perdas de tempo também. Assim, pode-se verificar que a TRF garante uma melhoria não apenas do setup, mas de todo o processo produtivo, já que também como afirmado por Hausmann (2010), o setup da máquina ficou padronizado quanto à qualidade e menos complexo de ser realizado.

Satolo e Calarge (2008) fizeram um estudo com seis indústrias de segmentos diferentes do interior do Estado de São Paulo, que tem significativa participação dentro de seus mercados, para verificar o grau de aplicação do TRF nas mesmas:

- Empresa A – fornecedora de autopeças.
- Empresa B – produz eletrodomésticos da linha branca.
- Empresa C – produz transmissões automotivas.
- Empresa D – fabricante de máquina-ferramentas e equipamentos.
- Empresa E – produz máquinas e equipamentos na construção civil.
- Empresa F – fabrica rodas, sistemas reguladores de vidro, controles de acesso e amortecedores.

Dentre elas, a empresa D é a única que não emprega um método para redução de setup, todas as outras aderiram ao TRF. Os dados sobre as empresas A e E não foram obtidos pelo autor. Na ilustração 1, é possível ver o ganho da aplicação da TRF nas empresas B, C e F.

Figura 1– Gráfico demonstrativo dos resultados obtidos pelas empresas B, C e F



Fonte: Satolo e Calarge (2008)

Ferreira (2014) aplicou a TRF em uma linha de envernizamento e pintura em uma empresa de pisos flutuantes localizada em São Paio de Oleiros, Portugal. Os ganhos foram de uma redução de 48 para 30 minutos (37%) no tempo de setup na mudança de pintura e acabamento de verniz, de 32 para 24 minutos (25%) na mudança só de pintura e 46 para 40 (13%) na mudança de rolo de pintura.

A partir dos exemplos mencionados, foi concluído que as implantações do método Troca Rápida de Ferramentas apresentaram resultados positivos, como reduções nos tempos de setup e flexibilidade, uma vez que os estudos foram realizados em diversos segmentos industriais diferentes.

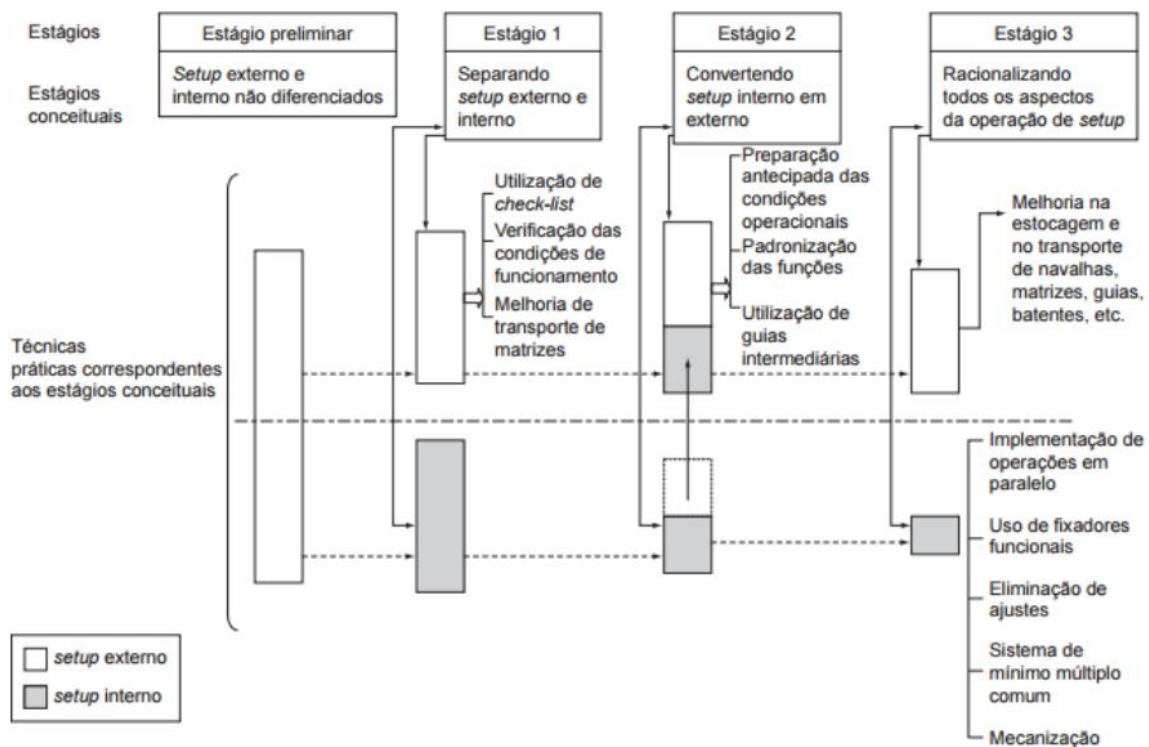
2.1.2 Implantação

Para Satolo e Calerge (2008), a implantação do TRF traz tanto aspectos benéficos quanto dificuldades. Os benéficos seriam todos os atrativos citados previamente, enquanto as dificuldades seriam referentes aos levantamentos de dados, pesquisas e estudos para analisar os benefícios da implantação.

Segundo Reis e Alves (2010), as atividades do setup que só podem ser realizadas quando a máquina estiver parada, são chamadas de *setup interno*, enquanto as realizadas com as máquinas funcionando são chamadas de *setup externo*.

As implementações das melhorias podem ser separadas em quatro estágios, segundo Shingo (1985).

Figura 2 –Estágios para implantação da TRF.



Fonte: Shingo (1985)

No **Estágio Preliminar**, Shingo (1985) diz que como setup interno e externo são comumente confundidos (o que poderia ser feito externamente, é feito internamente), é realizado um levantamento de dados da produção. Aqui ocorrem alguns casos de desperdício como máquina ligada durante o transporte de produtos acabados ao estoque ou ferramentas defeituosas cujos problemas são

detectados apenas após o início de um setup interno. Outro problema comum é quando o setup é deixado completamente nas mãos do operário, assumindo que este o efetuará o mais rápido possível. Pode-se utilizar cronômetros, filmagens da operação, ou até mesmo apenas conversar informalmente com os operários.

O **Estágio 1**, segundo Shingo (1985), é o mais importante para a aplicação do método. É onde ocorre a organização das atividades, fazendo a separação do que é setup interno e externo, onde normalmente já se reduz entre 30 a 50% do tempo de setup. Se faz uma lista de checagem de todas partes e etapas envolvidas no processo envolvendo nome; especificações; quantidade de ferramentas etc.; pressão, temperatura e outras configurações; valores numéricos para todas medidas e dimensões. Ele também recomenda uma re Checagem, para evitar possíveis horas adicionais de testes.

Uma adição mais visual é a utilização de tabelas para esta checagem, na qual desenhos de todas partes e ferramentas são feitos, assim com apenas uma olhada rápida o operador consegue saber se há algo faltando, porém não substitui a lista de checagem. É importante que cada máquina tenha uma lista ou tabela própria, para evitar confusões. Sugai *et al.* (2007) dizem que a redução do tempo de setup do Estágio 1 não é o suficiente para alcançar o tempo proposto de menos de 10 minutos, efetuando um reexame das operações.

Passe-se, então, ao **Estágio 2** que, de acordo com Shingo (1985), converte-se o que é setup interno em setup externo. O primeiro passo é preparar as condições operacionais antecipadamente, por exemplo, pré-aquecer elementos que até então só eram aquecidos após o setup, como em um molde de injeção, no qual a primeira batelada gerará retrabalho caso não seja pré-aquecido, uma vez que o molde ainda está frio. O outro passo é a padronização das funções, onde os elementos envolvidos em um setup são padronizados, como por exemplo, o tamanho das ferramentas ser adequada a todos processos, para não se perder tempo trocando-a.

Uma vez que a meta pode não ser atingida após os outros estágios, Shingo (1985) sugere, no **Estágio 3**, a racionalização de todos aspectos do setup. Segundo Sugai *et al.* (2007), o termo “racionalização” não é a mais adequado, uma vez que a etapa sugere a melhoria contínua de cada elemento, tanto do setup interno quanto externo. Para Barbosa (2015), este estágio envolve a análise do estágio 2 e uma sugestão de melhorias que possam eliminar ou reduzir as perdas levantadas até então.

Ainda de acordo com Shingo (1985), ao se implantar a TRF, tem-se uma redução na necessidade de conhecimento específico e habilidades para realizar-se um setup, e isso pode ser útil para uma empresa, pois há a possibilidade do setup ser feito por várias pessoas de diferentes funções. Além disso, Shingo (1985) afirma que após a TRF estar completamente implantada, a necessidade de quantidade de mão-de-obra reduz significativamente, o que também é uma vantagem para qualquer indústria de qualquer setor.

Ao contrário da empresa Volkswagen (que já teve como estratégia para redução de setup a produção excessiva e o estoque, o que gerava enormes custos), a TRF não gera grandes custos, o que mais uma vez se mostra ser um atrativo para a solução do problema dos altos tempos de setup na produção.

2.2 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

De acordo com Lacerda *et al.* (2018), o Overall Equipment Effectiveness surgiu dos conceitos do Total Productive Maintenance (TPM) no Japão, criado por Seiichi Nakajima e é uma métrica focada no potencial dos equipamentos, auxiliando na identificação de perdas de eficiência nas operações. Seu cálculo é feito a partir do produto de três índices: o de disponibilidade do equipamento, da performance demonstrada durante a produção e da qualidade do produto obtido:

$$OEE(\%) = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade$$

O índice de disponibilidade é referente ao tempo em que o equipamento realmente operou comparado à quanto deveria ter operado. Pode ser representado através da equação:

$$Disponibilidade (\%) = \frac{\text{tempo do calendário} - \text{paradas}(\text{programadas e não programadas})}{\text{tempo do calendário} - \text{paradas programadas}} \times 100$$

O tempo do calendário seria referente ao tempo total de disponibilidade de produção do recurso. As paradas programadas seriam, por exemplo, o tempo de limpeza, de reunião, de almoço; enquanto as paradas não programadas seriam, por exemplo, o tempo de uma parada para manutenção corretiva (LACERDA *et al.*, 2018).

Quanto ao índice de performance, ele diz respeito ao tempo de ativação do recurso que de fato agregou valor à peça em relação ao seu tempo de ciclo, ou seja, o quanto produziu em relação à quanto deveria ter produzido, como descrito na equação:

$$Performance (\%) = \frac{\text{quantidade de peças processadas} \times \text{tempo de ciclo ideal}}{\text{tempo de operação}} \times 100$$

O índice de qualidade é referente ao percentual de peças produzidas com boa qualidade, através da equação:

$$Qualidade (\%) = \frac{\text{qtd. de peças processadas} - \text{qtd. de peças defeituosas}}{\text{qtd. de peças processadas}} \times 100$$

Segundo Busso e Miyake (2013), é possível identificar 6 tipos básicos de perdas. As perdas referentes ao índice de disponibilidade seriam: paradas que provocam falha de equipamento e paradas para setup ou ajustes. Ao índice de desempenho: pequenas paradas ou interrupções referentes ao mau

funcionamento do equipamento e redução de velocidade do equipamento devido à alguma anomalia. E ao índice de qualidade: produção defeituosa ou retrabalho e perdas ocasionadas no início da produção por ajustes para estabilização do equipamento.

3 METODOLOGIA

Embora o aprofundamento em métodos de redução de setup específicos para produção de pisos de madeira fosse o ideal, no presente trabalho, será feita a abordagem proposta por Shingo (1985), a Troca Rápida de Ferramenta, utilizada como base em estudos sobre redução do tempo de setup em diversos outros segmentos industriais.

O TRF, além de ser uma metodologia que aborda diretamente a problemática deste trabalho, provou ser aplicável em uma grande variedade de empresas, com reduções significativas no tempo de setup. Segundo Shingo (1985), nem todo setup pode ser realmente feito em menos de 10 minutos, como mencionado em sua abordagem, porém, em uma grande porcentagem é possível alcançar esta redução e, nos setups onde não é possível, ainda se tem um ganho de tempo considerável se for implementada da maneira correta.

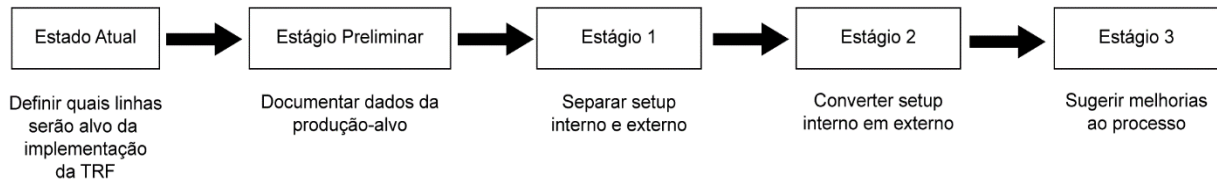
A primeira etapa para aplicação da metodologia, envolve a definição das linhas de produção e quais produtos a serem estudados.

A seguir, será iniciado o Estágio Preliminar do TRF, onde serão documentados os dados referentes a produção alvo, partindo da cronoanálise e/ou filmagem da produção, para que seja possível entender melhor onde há oportunidades.

No Estágio 1 da TRF, será feito o discernimento do setup interno e externo existente na produção alvo, analisando atividades como preparação das máquinas e ferramentas, operações de transporte e movimentação dos funcionários etc., através de uma *checklist* para cada máquina envolvida no processo. No Estágio 2, será feita a conversão do setup interno em externo, analisando as condições para o funcionamento da linha de produção e buscando a padronização das ferramentas entre a troca de linhas. Já no Estágio 3, será utilizada a análise feita no Estágio 2 com a recomendação de melhorias do processo, de forma a eliminar ou reduzir as perdas dos tempos de setup detectadas pelo estudo.

Assim, de forma geral, para a implementação do TRF seguindo os três estágios na indústria analisada neste trabalho deveria ser seguido o organograma sugerido na figura 3, e será avaliada em uma pesquisa quantitativa, onde o tempo de setup total da produção e a produtividade, serão os principais indicadores de sucesso ou não.

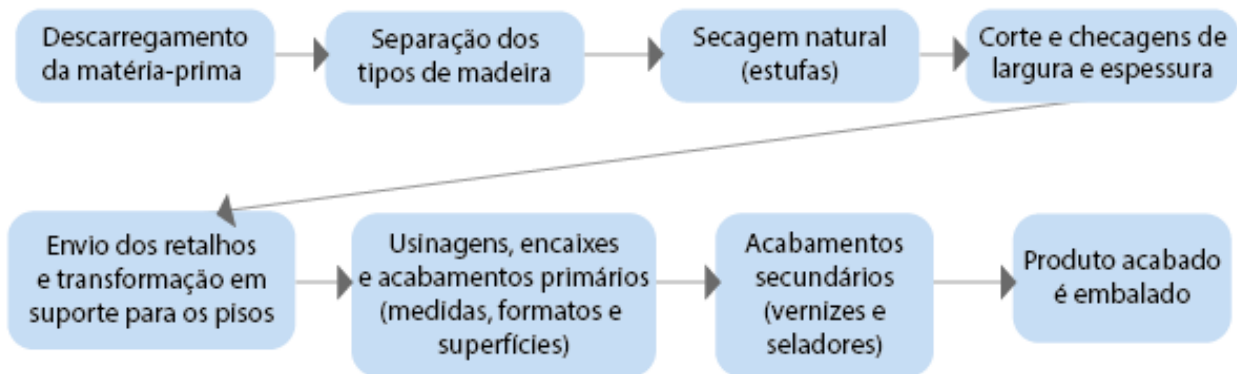
Figura 3– estágios e modificações necessárias na implementação do TRF para o projeto.



Fonte: Elaborado pelos autores

Na empresa estudada neste trabalho, foram analisadas as etapas do processo de produção da madeira. Desse modo, pode-se avaliar quais as principais etapas que trazem o problema do tempo de setup, e quais operações dentro dessas etapas poderiam ser melhoradas seguindo-se o método TRF de Shingo (1985).

Figura 4– Etapas da produção do piso de madeira.

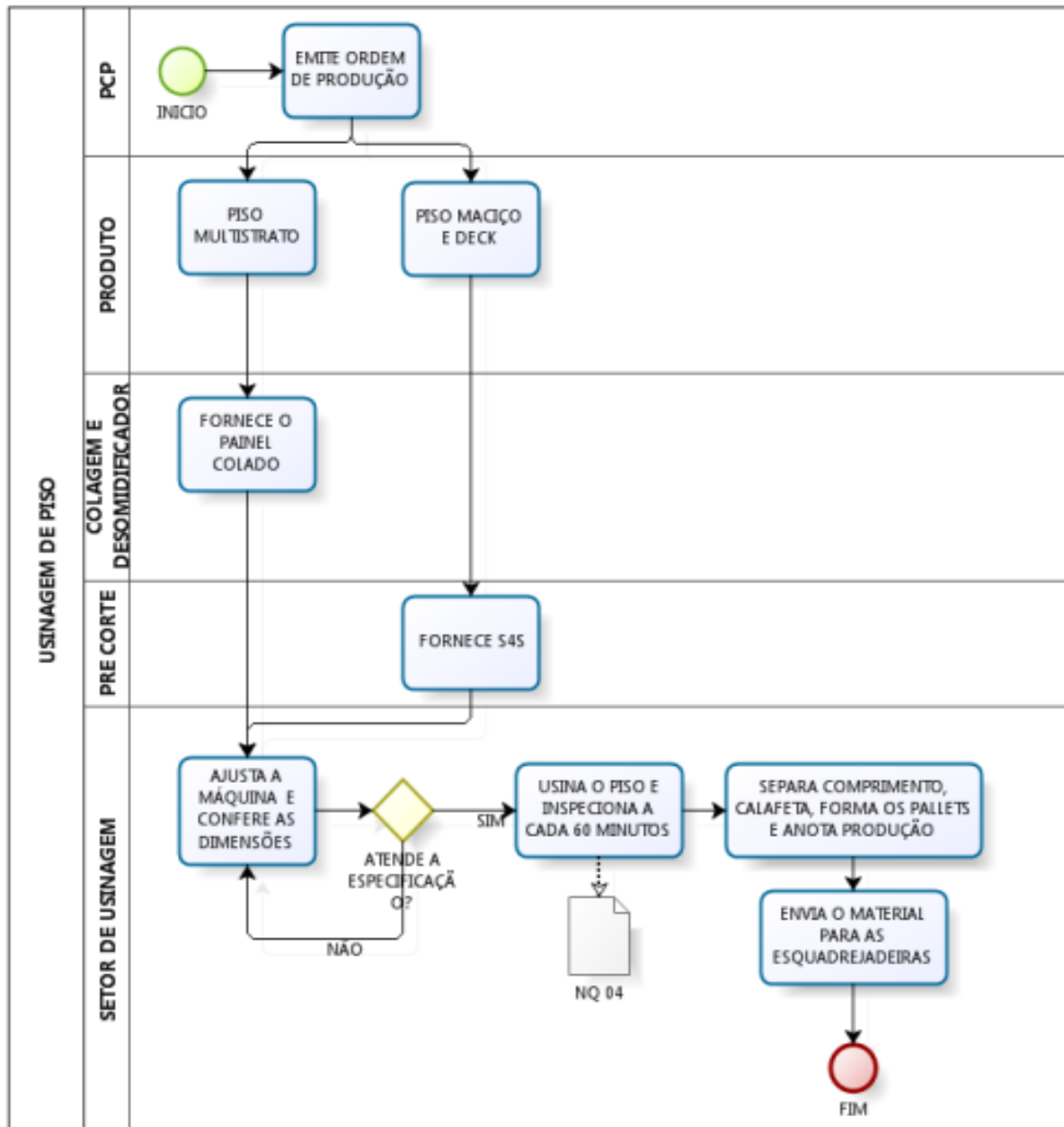


Fonte: Elaborado pelos autores

Com a confirmação do departamento de produção e qualidade, foi constatado que os altos tempos de setup que poderiam ser reduzidos estavam no 6º processo, ou seja, usinagem, encaixes e acabamento primário (acabamentos de medidas, formatos e superfícies), uma vez que nas demais etapas do processo, os tempos são necessários para que a madeira possua a melhor qualidade final, não podendo assim serem reduzidos. A exemplo disso, logística, tempos de entrega de fornecedores e descanso necessário para a madeira não possibilitavam a redução dos tempos de setup em outras etapas do processo.

Ao detectar onde o problema se encontrava, foi necessário verificar dentro da etapa, qual processo gerava um alto tempo de setup para os produtos de baixa demanda. Após a conversa com o departamento de qualidade, verificou-se que a atuação da plaina moldureira necessitava de altos tempos de setup quando se havia a troca da matéria-prima utilizada (madeira).

Figura 5– Fluxograma da usinagem longitudinal (plaina moldureira)



Fonte: Imagem fornecida pela empresa

3.1 PLAINA MOLDUREIRA

A plaina moldureira é responsável pela 6ª etapa do processo de produção da madeira: usinagem, encaixes e acabamento primário (acabamentos de medidas, formatos e superfícies).

A madeira chega como uma tábua, e é na plaina moldureira que é usinada de acordo com o modelo do piso desejado, recebe os encaixes de acordo com a espessura do modelo e recebe os acabamentos relacionados ao formato, medidas, e a sua superfície. Após esse processo, a tábua passa a ser chamada de piso de madeira.

Figura 6– Plaina moldureira da empresa estudada



Fonte: Imagem fornecida pela empresa

3.2 O SETUP DA PLAINA MOLDUREIRA

O setup da plaina moldureira, leva cerca de duas horas e é composto de quatro etapas:

- Programação com o número do produto: aqui o operador insere o código do produto na máquina, e assim todos os processos de segurança e memória de produção da plaina moldureira (tipos de corte, medidas, formatos etc.) são ativados para determinado produto;
- Substituição das ferramentas: aqui as fresas e o eixo de tração (que contém as facas) são substituídos por desgaste se necessário, e levados ao afiador;

Figura 7– Substituição das ferramentas (eixos e fresas)



Fonte: Imagem fornecida pela empresa

- Ajustes e regulagens: são checados os principais ajustes da máquina, como: altura da mesa de apoio, corrente do arrasto e sua lubrificação, riscador (que faz as ranhuras na madeira) e esteira de movimentação (alinhamento e altura);

Figura 8– Checagens na plaina moldureira



Fonte: Imagem fornecida pela empresa

- Verificação das medidas das primeiras peças: as primeiras peças produzidas, devem ser avaliadas se se encontram ou não dentro dos limites de especificação;

Figuras 9 e 10– Documento para verificação das especificações e parte inferior do piso usinado

TABELA DE MEDIDAS				
MEDIDAS LONGITUDINAIS PRE-FINISHED				
CARACTERÍSTICAS	MÍNIMO	NOMINAL	MÁXIMO	TOLERÂNCIA
Espessura do piso acabado	18,8	19,0	19,2	± 0,20
Largura da Face	99,8	100,0	100,2	± 0,20
Espessura Macho	4,9	5,0	5,1	± 0,10
Abertura Fêmea	5,1	5,2	5,3	± 0,10
Altura Macho ate Contra-face	4,8	5,0	5,2	± 0,20
Altura Fêmea ate Contra-face	4,7	4,9	5,1	± 0,20
Comprimento Macho na Face	4,7	5,0	5,3	± 0,30
Comprimento Macho na Contra-face	4,2	4,5	4,8	± 0,30
Profundidade da Fêmea na Face	5,2	5,5	5,8	± 0,30
Profundidade da Fêmea na Contra-face	4,7	5,0	5,3	± 0,30
Largura da Contra-face				± 0,20
Bevel/ Chanfro/ Bizolet				± 0,10
MEDIDAS TRANSVERSAIS [DE TOPO] UNFINISHED				
CARACTERÍSTICAS	MÍNIMO	NOMINAL	MÁXIMO	TOLERÂNCIA
Espessura do piso sem acabamento	18,5	19,0	19,2	± 0,20
Comprimento Fixo				
Abertura Fêmea Esquerda	5,4	5,5	5,6	± 0,10
Altura da Fêmea Esquerda na Contra-face	4,7	4,9	5,1	± 0,20
Profundidade da Fêmea Esquerda na Face	5,3	5,5	5,8	± 0,30
Abertura Fêmea Direita	5,4	5,5	5,6	± 0,10
Altura da Fêmea Direita na Contra-face	4,8	5,0	5,2	± 0,20
Profundidade da Fêmea Direita na Face	5,2	5,5	5,8	± 0,30
Bevel/ Chanfro/ Bizolet				± 0,10



Fonte: Imagens fornecidas pela empresa

3.3 OEE NA PLAINA MOLDUREIRA

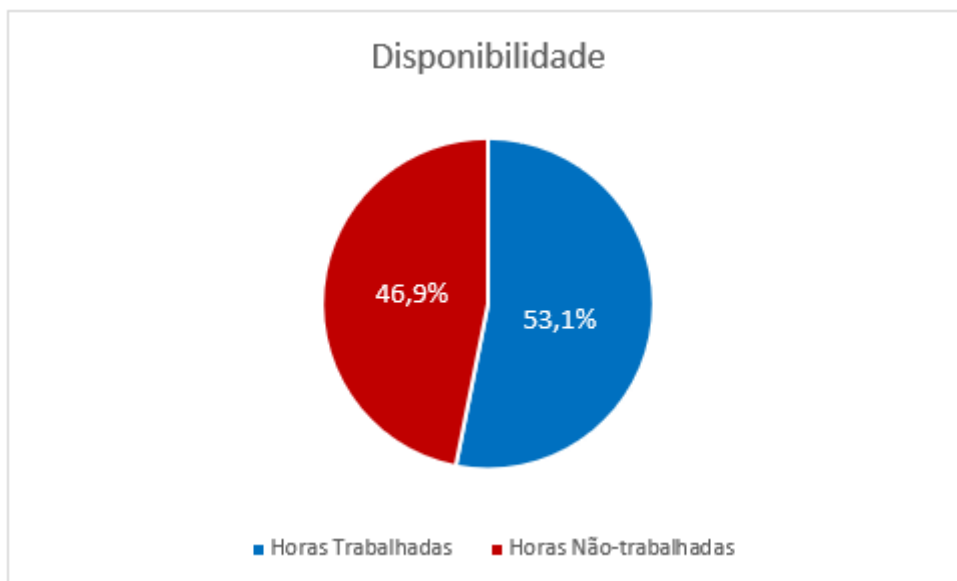
Analisado o histórico de eficiência da plaina moldureira do período de 21/09/2020 até 23/10/2020, foi constatado que seus OEE de disponibilidade e de performance se encontravam baixos, o que certamente prejudica a produtividade da empresa.

3.3.1 Cálculo do OEE

Disponibilidade:

Das 188,37 horas trabalhadas pela máquina no período estudado, em apenas 100,07 horas a máquina produzia algo (não estava paralisada). Desse modo, deve-se verificar que $100,07\text{hrs}/188,37\text{ hrs}$ seria o quanto a máquina esteve disponível, o que reflete em um OEE de disponibilidade de apenas 0,531 ou 53,1% de disponibilidade.

Figura 11– Gráfico da disponibilidade da máquina

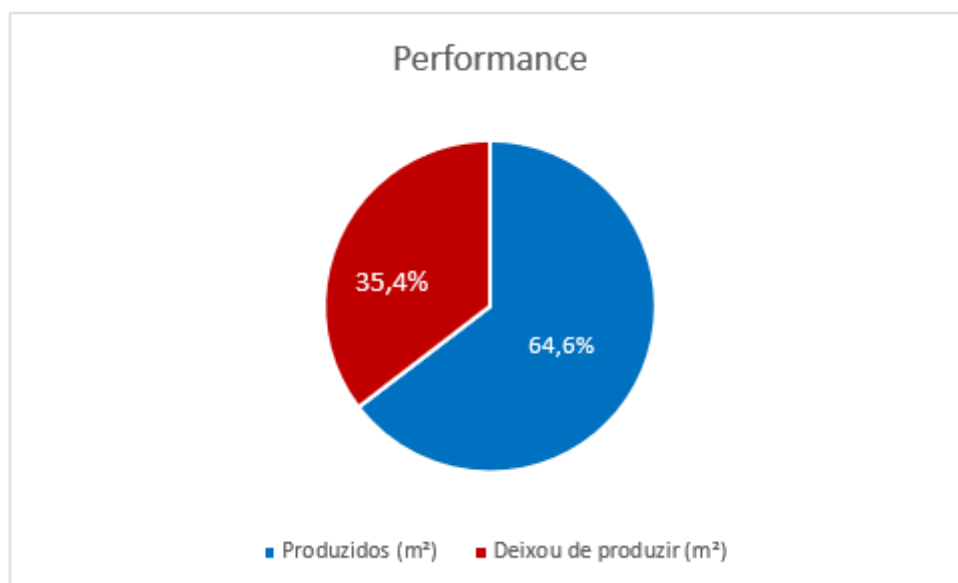


Fonte: Elaborado pelos autores

Performance:

A máquina possui uma capacidade de produção de 600 m² de madeira/dia. Desse modo, no período estudado de 24 dias úteis, deveriam ter sido feitos 14400m², porém foram feitos 9302,17 m². Desse modo, deve-se verificar que $9302,17\text{m}^2/14400\text{m}^2$ reflete qual a performance da máquina, o que garante um OEE de performance de apenas 0,646 ou 64,6% de performance.

Figura 12– Gráfico da performance da máquina



Fonte: Elaborado pelos autores

Qualidade:

Com relação a este OEE, devido a indisponibilidade de dados da empresa, não foi possível calculá-lo e verificar qual sua relevância no processo.

Resultado: $0,531 * 0,646 * \text{Qualidade}$.

Resultado: $0,343 * \text{Qualidade}$.

Nas melhores condições possíveis, o OEE da plaina moldureira é de no máximo 0,343 ou 34,3%, que já é considerado um valor baixo.

3.4 TRF IMPLANTAÇÃO

3.4.1 Primeiro estágio de implantação

No primeiro estágio de implantação da TRF, deve-se avaliar o que é setup interno e externo, e o se há a possibilidade de transformação de interno em externo. No caso da plaina moldureira, das quatro etapas presentes no setup, todas são setup interno, pois são realizadas sem a máquina se encontrar em funcionamento (com a produção parada). De acordo com Shingo (1985), deve-se tornar o processo contínuo para que haja maior eficiência. Desse modo, duas das etapas do setup para troca de matéria-prima podem ser transformadas em setup externo, pois não acarretariam problema algum em serem feitas com a máquina em funcionamento, são elas: substituição das ferramentas e ajustes e regulagens.

3.4.2 Segundo estágio de implantação

No segundo estágio de implantação da TRF de Shingo (1985), deve-se transformar o setup interno (necessário que se pare a produção para ser feito) em setup externo (pode ser feito sem a paralisação da produção). Assim sendo, na plaina moldureira, poderiam ser realizados as seguintes

mudanças: no segundo processo do setup (substituição das ferramentas), deve-se deixar as ferramentas localizadas ao lado da máquina, para evitar movimentações desnecessárias e perda de tempo. Deve -se também afiar as ferramentas anteriormente ao processo de produção de um piso se iniciar, pois assim as ferramentas podem ser substituídas ao fim do processo do processo de usinagem, o que garante que o próximo produto já comece a ser usinado sem a necessidade de verificação das facas e fresas que certamente estarão afiadas.

O mesmo poderia ser feito para o terceiro processo do setup da plaina moldureira (ajustes e regulagens), pois os ajustes de altura da mesa de apoio, lubrificação da corrente de arrasto e do riscador, podem ser feitos sem a máquina estar em funcionamento, antes que se receba uma ordem de produção, o que transformará o setup interno em externo.

3.4.3 Terceiro estágio de implantação

No terceiro e último estágio da implantação da TRF, deve-se eliminar perdas de tempo e processos que não agregam valor com base no segundo estágio. Desse modo, deve-se, como já dito, eliminar as movimentações desnecessárias deixando as ferramentas usadas na máquina próximas ao maquinário na etapa dois do setup (substituição das ferramentas). Na etapa três, (ajustes e regulagens) também é necessário que se deixe instrumentos e materiais próximo ao alcance da mão do operário, como o óleo lubrificante, ferramentas de alinhamento etc.

Mais do que isso, a flexibilização das ferramentas (tornar as ferramentas úteis em diversas máquinas de diversos setores e processos) pode colaborar, pois de acordo com Shingo (1985), quanto maior for a usabilidade das ferramentas dentro de um processo, menor será a mão de obra qualificada necessária, e desse modo, diversos funcionários poderão atuar no setup, eliminando assim possíveis atrasos por indisponibilidade de mão-de-obra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dado ao baixo índice do OEE de disponibilidade (53,1%) da plaina moldureira, foi identificado a oportunidade de melhoria através da redução do tempo de setup onde, através da uma implantação da Troca Rápida de Ferramentas, espera-se obter resultados de melhoria em diversos quesitos. Ao propor a redução das movimentações desnecessárias em busca das ferramentas e que 50% das etapas do setup sejam transformadas em setup externo, espera-se que o tempo total do setup de troca de matéria-prima irá reduzir drasticamente e, conseqüentemente, o OEE do processo, pois será necessário que a plaina moldureira esteja paralisada por cerca de 50% do tempo que esta fica hoje.

Desse modo, caso esses resultados fossem alcançados, os lotes de produção poderiam ter seus tamanhos reduzidos, o que auxiliaria consideravelmente nos gastos com a manutenção e movimentação dos estoques, que hoje são necessários. Diante disso, seria possível que o *lead time*

estivesse mais próximo do *takt time*, o que permitiria à empresa números de produtividade melhores, e números de produção mais próximos da real necessidade do cliente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho permitiu verificar que os baixos índices de disponibilidade e de performance da máquina analisada são decisivos para a produtividade da empresa. Foi possível também constatar que os altos tempos de setup possuíam diversos fatores que poderiam ser minimizados com a aplicação das melhorias propostas neste trabalho com base no método da TRF, pois este método mostrou-se surpreendentemente versátil em diversos estudos, e que com simples mudanças por ele sugeridas, poderia alcançar resultados bastante expressivos na produção.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, T. P. **Manufatura enxuta: Dificuldades identificadas para implantação em indústrias de manufatura.** Dissertação mestrado profissional - Universidade Federal da Bahia, Escola de Administração, Salvador, 2008.
- ALVES, J. M.; REIS, M. E. P. **Proposta de um método de utilização do DMAIC para se diminuir o tempo de setup.** In: 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, Águas de São Pedro, Brasil, 2007.
- BARBOSA, A. F. **Aplicação da metodologia de Troca Rápida de Ferramentas para a redução das perdas de produção em indústria gráfica.** In: XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. Rio de Janeiro, Brasil, 2015.
- BARBOSA, C. F. **Engenharia de Produção: produtividade e competitividade.** Editora conhecimento livre, Uberlândia 2019.
- BARBOZA, B. M. L.; LATYKI, B. L. **Redução do tempo de setup como estratégia de otimização da qualidade de um processo produtivo.** 2018. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (Engenharia da Qualidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.
- BEN, F.; GARZIERA, A. **Influência do tamanho dos lotes de produção no custo total de produção.** In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS. Curitiba, Brasil, 2007.
- BURGER, M. **O Balanced ScoreCard no monitoramento do Desempenho do processo de implementação da Produção enxuta: um estudo de caso.** Recife: UFPE, 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, p.11 – 47, 2004.
- BUSSO, C. M.; MIYAKE, D. I. **Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica.** São Paulo, v. 23, n. 2, p. 205-225, 2013.
- CAS, F. *et al.* **Implicações da redução de Setup na produtividade da indústria farmacêutica.** **Revista Geintec.** Sergipe, Brasil. v. 5, p.1764-1779, 2015.
- COSTA JUNIOR, E. L. **Gestão do processo produtivo.** Editora Ibplex, Curitiba, Brasil, 2008.

- DA COSTA, A. H.; GOMES DE LIMA, J. F.; BARRETO GOMES, M. de L. **Redução do tempo de setup na produção de botas de pvc através da técnica TRF.** Revista Produção Online, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 119-132, mar. 2012.
- FAGUNDES, M. R. P. **Sistemática para redução do tempo de setup na indústria moveleira.** Dissertação mestrado profissional – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, Brasil, 2002.
- FERREIRA, F. R. S. **Aplicação da metodologia SMED numa linha de envernizamento/pintura de revestimentos de cortiça.** Dissertação mestrado profissional – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2014.
- HANSEN, R.C. **Eficiência Global dos Equipamentos – uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros.** Porto Alegre, Bookman, 2006
- HARMON, R.L P.; PETERSON L.D **Reinventando a Fábrica. Conceitos modernos de produtividade aplicados na prática.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991.
- HAUSMANN, B. **Otimização de um sistema de troca de ferramentas de uma trefila.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, Porto Alegre, Brasil, 2010.
- LEÃO, S.R.D.C. **Aplicação da troca rápida de ferramentas (TRF) em intervenções de manutenção preventiva.** Revista Produção Online, v.9, n.1, p.2-27, mar. de 2009.
- LACERDA, D.P.; CAMARGO, L.F.R.; Piran, F.S. **Análise e gestão da eficiência: Aplicação em sistemas produtivos de bens e de serviços.** Elsevier Brasil, 2018.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman editora, 2016.
- LIMA, O. E. **O encantamento da Fábrica: Toyotismo e os caminhos do envolvimento no Brasil.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, Brasil, 2002
- McINTOSH, R.I., CULLEY, S.J., MILEHAM, A.R., OWEN, G.W. **Improving Changeover Performance: a strategy for becoming a lean, responsive manufacturer.** Oxford, Butterworth Heinemann, 2001.
- NISHIDA, T. L. **Como determinar metas para o tempo de setup.** Lean institute Brasil, 2005.
- REIS, M. E. P.; ALVES, J. M. **Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup.** Gestão & Produção, v. 17, n. 3, p. 579-588, 2010.
- SATOLO, E. G.; CALARGE, F. A. **Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais.** Exacta, v. 6, n. 2, p. 283-296, 2008.
- SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos.** Porto Alegre: Bookman, 1985.
- SLACK, N. **Administração da Produção.** 1 ed. São Paulo: Atlas, 2006

SUGAI, M.; MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. **Metodologia de Shingo Shigeo (SMED): análise crítica e estudo de caso.** Gestão de produção, v .14 n. 2 p.323-335, maio-agosto, 2007.

SUGAI, M.; NOVASKI, O.; OMIZOLO, M.; MORAES, F. **Proposta de um modelo para classificação da fase pós setup conforme características do período de aceleração.** In: 4º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, Águas de São Pedro, Brasil, 2007.

VAINE, A. **Estudo de tendências e impacto de inovações em técnicas de redução de tempo de setup via aplicação de mineração Tecnológica.** 2016. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

WEMMERLÖV, U; HYER, N. **Cellular manufacturing in the US industry: a survey of users.** International Journal of Production Research, v 27, n 9, 1989.