

REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP NO PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO DE SEMENTES

LINCOHN AURÉLIO DE ALMEIDA PELEGRINI¹

CARLA OLIVEIRA NASCIMENTO²

RESUMO

O mercado de sementes está cada vez mais competitivo e desafiador, com inúmeras variáveis influenciando não somente a produção em campo, mas também a planta industrial, no dia a dia dos processos de beneficiamento de sementes. O objetivo deste artigo é apresentar um estudo de caso, no qual foram analisados os processos de uma empresa que produz sementes de milho. Com as janelas de plantio cada vez mais curtas, clientes cada vez mais distantes e em regiões remotas e de difícil acesso e o *marketshare* cada vez mais disputado, o objetivo estratégico da produção de sementes é disponibilizar ao comercial e logística o produto acabado no tempo certo, na quantidade certa, na qualidade esperada e dentro dos rigorosos padrões internos. Os processos foram mapeados, as ineficiências foram identificadas, prioridades foram alinhadas e sugestões de melhorias foram apresentadas. Foram usados fluxogramas e técnicas de melhoria contínua e *kaizen* alinhados à metodologia de *Lean Manufacturing* e *Toyota Production System*.

Palavras-chave: Beneficiamento de Sementes. Engenharia de Processos. Melhoria Contínua. Redução de *Setup*. Troca Rápida de Ferramentas.

¹ Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde, GO.

² Orientadora, mestre em Engenharia Industrial.

1 INTRODUÇÃO

O mercado da agricultura está cada vez mais competitivo, devido ao grande número de empresas disputando a mesma fatia de mercado, em que o produto ofertado pode, em muitos casos, não ser o principal fator de decisão do cliente para aquisição, mas também o tempo de entrega do produto no tempo hábil ao plantio, alinhados às características do produto, como tecnologia embarcada, produtividade esperada e qualidade.

A necessidade de tempo menor para preparação (ou *setup*) de equipamentos tem aumentado desde a última década em todas as indústrias. Hoje em dia, a demanda do mercado evoluiu para mais variedades de produto em paralelo à customização, e não é limitado a alguns tipos de indústria, e sim um fenômeno geral. Clientes e consumidores requerem um tempo curto de entrega e uma alta confiabilidade de entrega. Em linhas gerais, um produto produzido em tempo menor é mais agilmente disponibilizando ao cliente. Um *setup* pode ser definido entre a saída do último produto da máquina e o primeiro produto no padrão.

Na agroindústria de sementes de milho estudada, o tempo de *setup* influencia diretamente na produtividade e flexibilidade de produtos em produção. Isso ocorre, pois o tempo total disponível para produção já se refere aos três turnos (com 3 turmas trabalhando e 1 folgando), ou seja, 24 horas por dia e 7 dias por semana, cada minuto parado é facilmente convertido em menos produto acabado saindo para o cliente, aumentando assim o custo total da empresa.

Este estudo visa aplicar ferramentas da manufatura enxuta, como a TRF (Troca Rápida de Ferramentas) e *kaizen* em uma agroindústria de sementes de milho com o intuito de reduzir o tempo de *setup* e aumentar a produtividade no processo de classificação da semente de milho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEAN MANUFACTURING E KAIZEN

Após a segunda Guerra mundial, no Japão, a Toyota desenvolveu o Sistema Toyota de Produção (STP), cujo objetivo principal consistia em reduzir os desperdícios (MONDEN,

1984). Esse modelo, após consolidado e propagado pelo mundo, hoje em dia, é conhecido como Manufatura Enxuta (ME) ou *Lean Manufacturing*, é aplicado em todos os segmentos da indústria e possui adaptações para aplicações ao setor de serviços. Segundo Nascimento Neto, Miranda e Souza (2003), a Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing* se baseia no objetivo da redução dos custos e na identificação e eliminação de desperdícios a partir do conceito de melhoria contínua, conhecido também como *kaizen*. O termo *Lean Manufacturing* surgiu pela primeira vez no livro “A Máquina Que Mudou o Mundo” escrito por Womack e Jones (1992), tratando-se de uma pesquisa de *benchmarking*, que foi realizada entre as empresas do setor automobilístico para comparação e avaliação do seu desempenho. Foi observado que as empresas japonesas conseguiam fazer cada vez mais com menos recursos, levando-as a ter um desempenho notável quando comparadas às concorrentes ocidentais.

A Toyota foi pioneira no desenvolvimento dos conceitos e práticas enxutas na década de 50. Na época, observou-se que as empresas japonesas estavam ganhando mercados em níveis globais por produzir com alta qualidade e confiabilidade a custos mais baixos (HAYES, PISANO, 1996). De acordo com Hunter (2003), as empresas, ao decidirem adotar o *Lean Manufacturing*, devem atentar uma abordagem planejada e coordenada ao implementar a metodologia. Por esse ângulo, como uma forma de introdução à cultura *Lean*, seus conceitos e ferramentas, tem sido comum a adesão de métodos *kaizen*.

De origem japonesa, a palavra *kaizen* tem como significado “mudar para melhor”. No âmbito dos negócios, o *Kaizen* pode ser definido como melhoria contínua, com o propósito de se obter pequenos, porém frequentes passos de melhoramento incremental a partir da promoção sistêmica de melhorias sucessivas (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2002).

De acordo com Ohno (1997), *kaizen* também pode ser definida como a melhoria incremental e contínua de uma atividade, focada na eliminação de perdas, de forma a agregar mais valor ao produto/ serviço com o mínimo de investimento. Para a realização de um evento *kaizen*, é essencial o envolvimento dos colaboradores, e tal atividade pode oferecer outros inúmeros benefícios, tais como fortalecer habilidades e desenvolver a confiança entre membros da equipe e atacar problemas cruciais em grupo. O *kaizen*, assim como outros métodos de melhoria contínua, é embasado no ciclo de Deming, ou PDCA, *Plan, Do, Check e Act*, tornando-se uma abordagem sistemática para a melhoria contínua (LIKER, 2005).

Em consenso com o raciocínio anterior, Liker (2005) explica que: *Plan* (Planejar) – identificar a oportunidade e desenvolver o plano para a mudança; *Do* (Executar) – testar a mudança conforme planejado, reunindo dados para verificação do processo; *Check* (Verificar)

– com base nos dados coletados na fase de execução, é analisado o resultado obtido e comparado com o planejado; *Act/ Action* (Atuar, agir) – toma-se ação a partir do aprendizado na fase *Check*, no intuito de realizar mudanças definitivas e mais abrangentes, de forma que o problema não se repita. Caso não se obtenha êxito com o teste, o ciclo é repetido, entretanto com um plano diferente.

Além dos colaboradores diretos envolvidos na abordagem sistemática dos métodos de *kaizen*, é de fundamental importância para o sucesso destes que haja um envolvimento de todos da organização, desde os operadores até a alta diretoria. Assim, é mais fácil assegurar que todos estarão comprometidos com a melhoria contínua, tornando mais simples o processo de incorporação dessa ferramenta à cultura da empresa. Além disso, a partir de propostas de melhorias de sua própria autoria, as pessoas se sentirão mais engajadas em aderir a novos padrões (IMAI, 1996).

2.2 SMED OU TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF)

Algumas empresas adotam a tática convencional de produzir em grandes lotes para diluir os custos pela quantidade produzida, ocorrendo a superprodução, que é um dos piores tipos de desperdícios encontrados no chão de fábrica (OHNO, 1997). Empresas que adotam a tática de superprodução normalmente consideram que, no dimensionamento de grandes lotes e produção, os altos tempos e custos de *setup* serão absorvidos, ou melhor, mascarados pelas grandes quantidades produzidas, desde que a duração dos *setups* seja relativamente inferior aos tempos de produção dos grandes lotes.

Visando eliminar os desperdícios de superprodução, a partir de 1950, foi desenvolvido por Shingo o método de SMED (*Single Minute Exchange of Die*), ou simplesmente Troca Rápida de Ferramentas. A metodologia de TRF pode ser descrita como uma técnica para redução dos tempos de *setup*, ou tempos de preparação de equipamentos, possibilitando a produção econômica em pequenos lotes. Como evidenciado no trabalho de Fogliatto e Fagundes (2003), o emprego do TRF contribui na atenuação dos tempos de atravessamento (*lead times*), diante de mudanças inesperadas do mercado, a empresa consegue se adaptar e responder de forma rápida. Outra vantagem da TRF é a possibilidade de produzir em pequenos lotes, que é necessário ao garantir flexibilidade entre modelos de produtos fabricados enquanto a frequência de *setups* se mantém alta (SHINGO, 2000). Além disso,

com a padronização dos procedimentos de *setup*, a TRF contribui na redução de ocorrências de erros na regulagem e configuração dos equipamentos (HARMON, PETERSON, 1991).

A redução do *lead time* resultará na diminuição dos custos de operação, agregando benefícios ao cliente, fazendo do tempo de atravessamento um fator determinante na gestão de custeio dos processos de manufatura. Um sistema de produção mais enxuto e produtivo é reflexo de movimentações de materiais por meio de operações mais ágeis (GARCIA et al., 2001). Segundo Slack (1993), o tempo conquistado com a redução do *lead time* é um investimento na satisfação do cliente e na contenção dos custos de manufatura. Portanto, o *lead time* permite ser um fator competitivo, desde que consiga resultar em fidelidade de clientes ao proporcionar um menor tempo de resposta entre seus requisitos e a empresa.

Conforme proposto por Harmon e Peterson (1991), para que se consiga minimizar o custo unitário de preparação, é indispensável a redução do tempo consumido em *setup*. Tal redução é pertinente por três razões, e assim descritas por Fogliatto e Fagundes (2003, p. 2):

1. quando o custo de *setup* é alto, os lotes de fabricação tendem a ser grandes, aumentando o investimento em estoques;
2. as técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas diminuem a possibilidade de erros de regulagem dos equipamentos;
- e 3. a redução do tempo de *setup* resultará em aumento do tempo de disponibilidade e operação do equipamento.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo de caso foi realizado em uma agroindústria de sementes de milho, situada no sudoeste goiano. Esse método de pesquisa foi usado, pois neste trabalho buscou-se uma análise detalhada dos tempos de *setup* do processo de classificação de sementes e a implantação de melhorias, ferramentas e controles para aperfeiçoar a eficiência do processo estudado.

Como mencionado por Thiollent (2008), trata-se de uma pesquisa-ação quando envolve o pesquisador na resolução de um problema em paralelo com a pesquisa. Foi utilizada a observação sistemática para a coleta dos dados, a qual, para responder aos propósitos preestabelecidos para a pesquisa, teve o planejamento adequado dos instrumentos e condições controladas para a realização da coleta. O instrumento de coleta de dados utilizado foi um formulário de estudo das atividades e tempos da operação de *setup* em paralelo à análise minuciosa da filmagem completa de um *setup*.

Após o levantamento dos dados, buscou-se analisar o impacto do tempo de *setup* no processo de classificação de sementes de milho. Isso foi feito utilizando-se duas ferramentas clássicas da metodologia de manufatura enxuta, o mapeamento dos processos por meio de fluxograma e a análise dos tempos e causas de paradas durante o período de 12 meses, informações estas que foram fornecidas pelo sistema próprio da empresa.

A escolha do processo de classificação de sementes de milho foi realizada após entrevistas com o engenheiro de produção da planta e especialista de produção dessa linha de produção. Escolha que teve também como base o resultado de um estudo independente realizado por técnicos especialistas da própria empresa, que buscavam levantar as capacidades individuais de produção das sete unidades de beneficiamento de sementes presentes no Brasil. Estudo esse que define o processo de classificação de sementes como sendo o gargalo da produção nas sete unidades, visto que as plantas passaram por projetos de expansão, modernização de equipamentos, controles de processos e melhorias visando à maior confiabilidade das linhas de produção. Sendo assim, houve a necessidade de reduzir o tempo de *setup* do processo gargalo.

A técnica escolhida para a condução das atividades de otimização do *setup* do processo de classificação de sementes foi a TRF, levando em consideração as publicações e estudos apresentados como referências na melhoria de produtividade em diferentes setores da indústria. Para fazer com que a implantação do TRF ocorra de forma fluida, um grupo de ferramentas e um modelo de trabalho são utilizados, conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1 - As fases de implementação do conceito TRF

Fases do Conceito de TRF	Ferramentas de Nivelamento
Fase A: <i>kick-off</i> do projeto de TRF	1. analisar as atividades do chão de fábrica para poder diferenciar operações internas de externas;
Fase B: Separar operações internas de externas	2. uso de check-lists ou formulário de atividades; 3. definição das funções de cada operador; 4. a melhoria na movimentação e transporte de ferramentas;
Fase C: Converter operações internas para externas	5. a preparação prévia para operações de <i>setup</i> ; 6. a automação de operações; 7. a utilização de ferramentas diferentes;
Fase D: Melhorar todos os aspectos da operação de <i>setup</i>	8. a melhoria na movimentação e transporte de ferramentas e guarda; 9. eliminação ou redução de regulagens, configurações e ajustes; 10. a automação de operações.

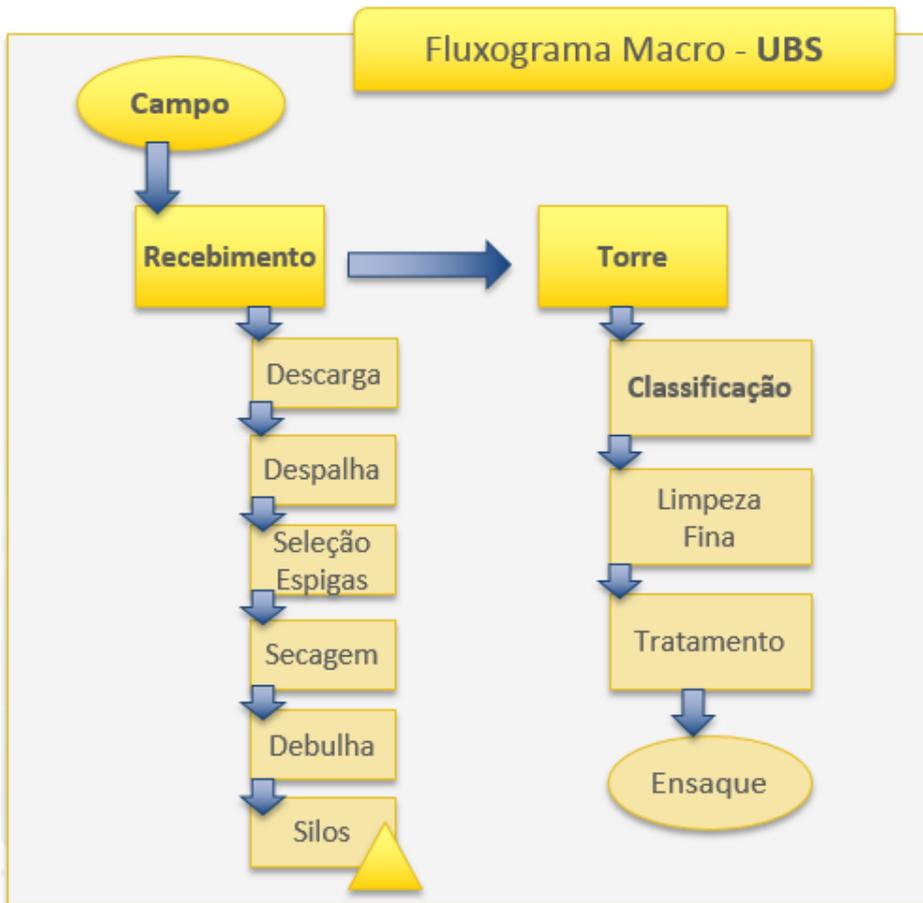
Fonte: adaptado de DIABY (2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO GENÉRICA DA PLANTA INDUSTRIAL

A empresa estudada possui uma unidade de beneficiamento de sementes com 45.000 m² de área industrial construída, onde estão instaladas duas linhas de produção, com capacidade produtiva de produto acabado de aproximadamente 1.400.000 sacos de sementes de milho por ano e conta com 250 funcionários. As duas linhas de produção são independentes, denominadas respectivamente de *Recebimento* e *Torre*, ilustradas pelo fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 -Fluxograma macro dos processos da unidade de beneficiamento de sementes



Fonte: Autores

Dentro da linha de produção conhecida como Torre, o processo em que foi utilizada a técnica de TRF para redução do tempo de *setup* é responsável por separar as sementes de milho em grupos e subgrupos de peneiras, classificando, portanto, as sementes por tamanho, comprimento e largura. A resultante do processo de classificação de sementes é o produto semiacabado (PSA) dividido em lotes de sementes classificadas, que, após passarem por ligeira análise de qualidade, poderão seguir para o processo seguinte até sua conclusão de beneficiamento ou os lotes de sementes classificadas podem ser retirados em *big-bags* para uma posterior programação de beneficiamento e demanda de produto acabado (PA).

O processo de classificação tem capacidade produtiva nominal de 12 toneladas por hora. O conjunto de equipamentos que compõe o processo está distribuído em 5 pisos verticais, somando-se em mais de 50 máquinas que operam de forma automatizada e em cascata, ou seja, iniciando pelo quinto piso e terminando no primeiro, com as sementes já caracterizadas como PSA.

O tempo total do *setup*, por definição dos engenheiros de processo da empresa, inicia-se a partir do desligamento e termina com a partida do equipamento conhecido como pré-limpeza que, por sua vez, é responsável por remover materiais e sementes indesejadas antes da alimentação do elevador de canecas, que leva as sementes até o quinto piso e abastece em regime contínuo os classificadores de entrada do conjunto de classificação. O *setup* do processo de classificação ocorre a cada troca de híbrido de sementes de milho.

Na Tabela 1 são apresentados os tempos de *setup* de cada etapa do processo na linha de produção estudada.

Tabela 1 – Tempos de *setup* dos processos da linha de produção estudada

Processo	Tempo em horas
Classificação	18,5
Limpeza Fina	0,5
Tratamento	1,5
Ensaque	0,5

Fonte: Autores

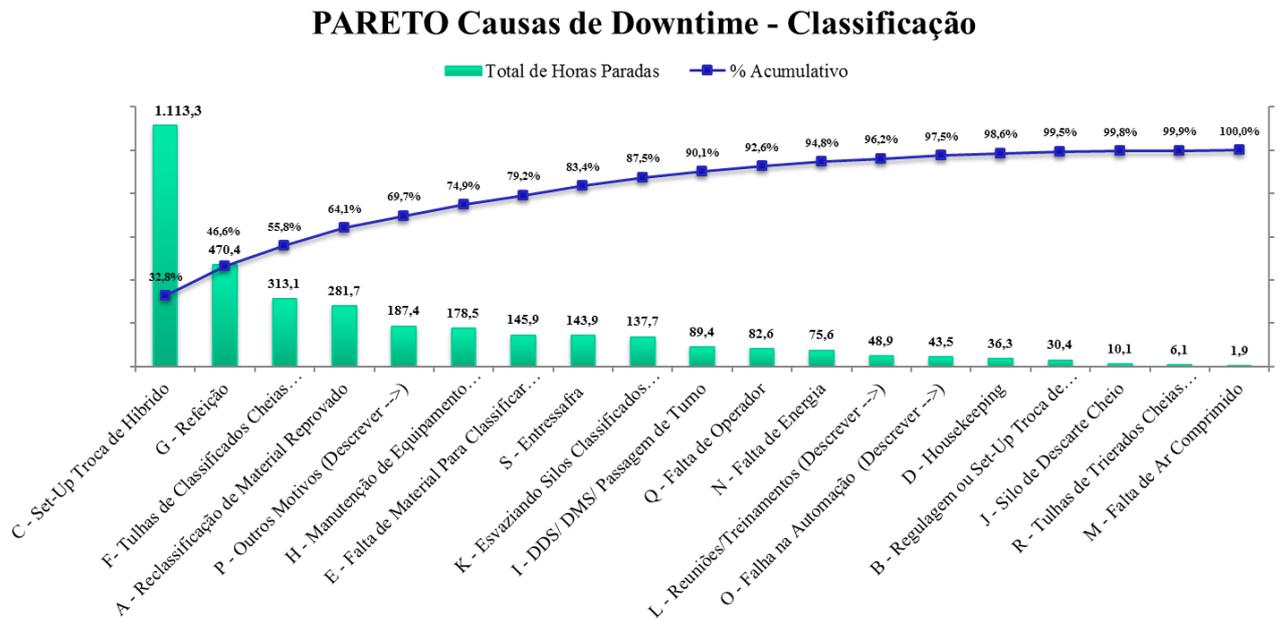
4.2 ANÁLISE DO *SETUP* ANTES DAS MELHORIAS REALIZADAS COM O PROJETO

Depois de estudado o procedimento operacional padrão do processo de classificação, fez-se um gráfico de Pareto (Figura 2) dos tempos e causas de parada não planejada do processo da classificação por um período corrido de 12 meses, com o intuito de priorizar os esforços naqueles motivos mais representativos. Assim, foi feito o mapeamento do fluxo de produção do setor em análise, conforme a Figura 3, sendo apresentado por fluxograma de blocos e, na Figura 4, utilizando a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor (MFV). O fluxo produtivo do processo de classificação é todo mapeado e analisado, onde é identificado o gargalo, direcionando o processo produtivo que deve ser escolhido para a aplicação das ferramentas *Lean*.

Como ponto de partida para as análises do estado atual do *setup*, o levantamento apresentado na Figura 2, fornecido a partir dos dados do sistema próprio da empresa de coleta

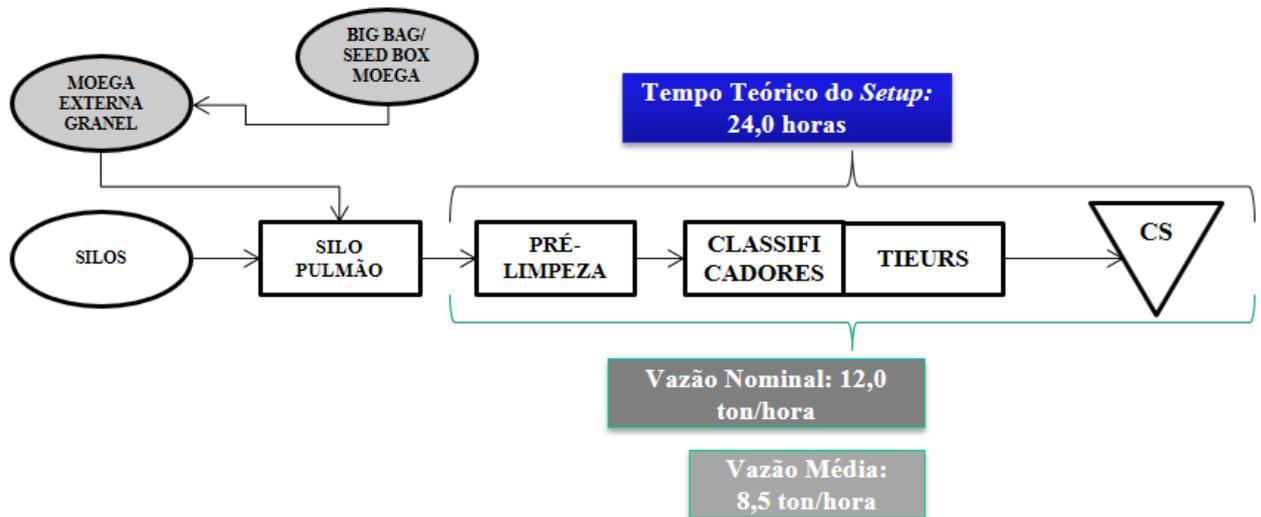
dos tempos de parada do processo, evidencia ainda mais a necessidade de priorizar iniciativas e projetos para redução dos tempos de *setup*.

Figura 2 – Gráfico de Pareto dos tempos e causas de *downtime* (parada não planejada do processo) da classificação por um período corrido de 12 meses



Fonte: Recorte da tela do sistema próprio da empresa estudada (2016)

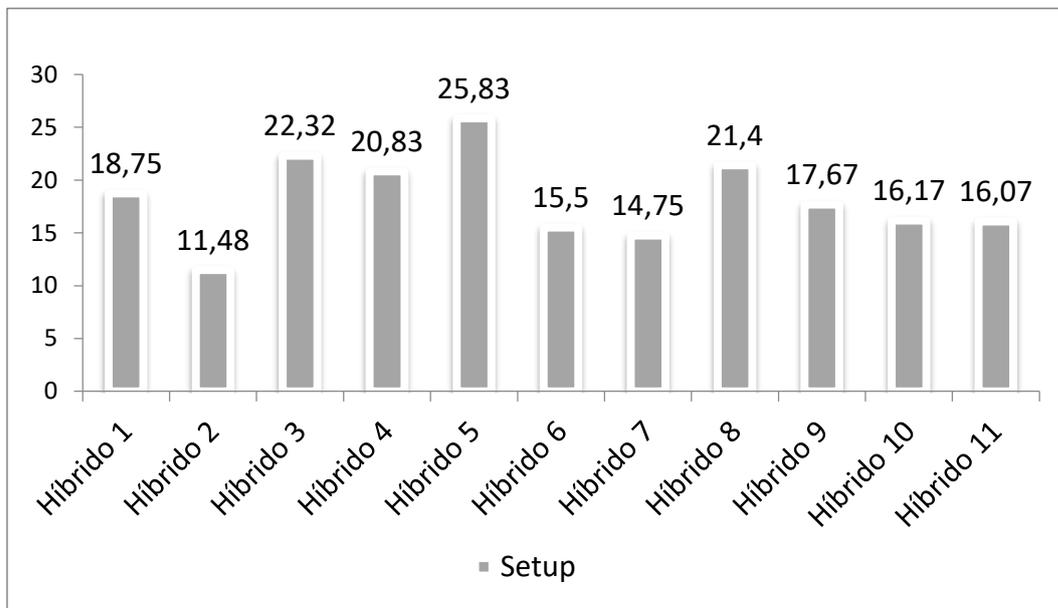
Figura 3 – Fluxograma do processo de Classificação de Sementes



Fonte: Autores

A partir dos tempos coletados de 11 *setups* (Figura 6), durante o período de 60 dias corridos, verificou-se que a duração média de um *setup* é de 18,25 horas, sendo esse tempo estabelecido como a linha base atual média a ser otimizada.

Figura 6 – Tempos dos *setups* em horas, coletados para definição do *baseline* atual



Fonte: Recorte da tela do sistema próprio da empresa estudada (2016)

4.3 IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA

Devido à dificuldade de acompanhar inteiramente um *setup* de início ao fim, houve a necessidade de filmar um *setup* completo. Analisando as filmagens, averiguou-se que havia desperdícios por movimentações desnecessárias que, por sua vez, seus tempos não estavam sendo apontados na planilha de coleta dos tempos de *setup*. Consolidando todos os dados coletados, as atividades foram classificadas em 4 tipos, conforme Quadro 2 e Tabela 2.

Quadro 2 – Classificação das atividades de *setup* a serem otimizadas

Tipo	Descrição da Atividade
0	Atividade possível de ser feita em <i>Setup</i> Externo
1	Atividade necessariamente realizada em <i>Setup</i> Interno
2	Atividade realizada em <i>Setup</i> Interno pela máquina
3	Atividades desnecessárias (buscar ferramentas, buscar materiais, esperas, etc.)

Fonte: Autores

Tabela 2 – Classificação das atividades de *setup* a serem otimizadas

Tipo de atividade	Tempo médio atual do <i>setup</i> em horas	Tempo médio do <i>setup</i> futuro em horas
0	0,9	0
1	9,98	9,98
2	0	0
3	7,37	0
Total	18,25	9,98

Fonte: Autores

No estudo realizado por Pivatto Jr., Admczuk e Trentin (2009), foi descrito que, após observações e cronometragem do processo de *setup*, a primeira etapa é identificar e separar as atividades de *setup* interno e *setup* externo. São separadas as atividades que podem ser realizadas com os equipamentos operando, como obtenção de documentações necessárias ao *setup*, preparação prévia de componentes, ferramentas e matéria-prima para sustentar o *setup*. Dessa forma, ficaram somente as atividades que necessitam ser realizadas com processo parado, ou seja, em *setup* interno.

Bartz, Siluk e Garcia (2012) também ressaltaram em seu trabalho que a eficaz ordenação e padronização das atividades de *setup* em conjunto com a aplicação das técnicas de TRF são igualmente necessárias para a obtenção de bons resultados na redução dos tempos, pois atividades realizadas desordenadamente e que dependem do operador geram muita diferença no tempo de *setup* entre os operadores executantes. Verificou-se que procedimentos que consomem muito tempo, às vezes, são simples de melhorar, como reduzir a distância entre o equipamento a ser configurado e o local de armazenamento de peças e ferramentas, eliminando desperdícios de movimentação. Além disso, procedimentos passíveis de serem realizados em *setup* externo, como a definição de configurações a empregar e providência de ferramentas podem representar um ganho direto na redução dos tempos a partir da elaboração e treinamento de um novo procedimento padronizado para a execução do *setup*, tornando-se também material de referência para sustentação e futuras melhorias.

Com base na metodologia TRF e nos desperdícios identificados, foram propostos grupos de solução para implementação de melhorias visando à redução do tempo médio de *setup*.

Quadro 3 – Grupos de solução para implementação das melhorias

Identificação	Grupo de Solução	Detalhamento
A	Conversão de atividades para setup externo	Limpeza dos transportadores externos
B	Eliminação de paradas para almoço/ trocas de turno	Atividades interrompidas para almoço e trocas de turno
C	Eliminação de atividades desnecessárias	Buscar ferramentas, aguardar recursos/ informações
D	Configuração do setup interno com atividades em paralelo	Atividades independentes sendo realizadas em série
E	Desenvolvimento de controles	Criar e implementar sistemática para medição e análise dos tempos de <i>setup</i>

Fonte: Autores

Seguindo a projeção do *setup* futuro na Tabela 2, após a realização das melhorias propostas dentro dos grupos de solução do Quadro 3, foi calculado um potencial de eliminar 9,27 horas médias por *setup*, ou seja, uma redução significativa de 45% da duração média atual. Portanto, a duração média de um *setup*, após as melhorias, deverá ser de aproximadamente 10 horas, em contraste com o *baseline* atual de 18,25 horas.

4.4 RESULTADOS OBTIDOS APÓS IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS

Após implantação das melhorias propostas, com base na fase de *Act/Agir* do ciclo PDCA, foram cronometrados novos tempos padrão para se comparar com o que foi planejado e projetado como potencial de melhoria, no intuito de verificar a eficiência das mudanças realizadas. O Quadro 4 descreve os 3 tipos de atividade de *setup* que foram utilizados.

Quadro 4 – Descrição dos tipos de atividade de *setup*

Tipo	Descrição	Detalhamento
I	Interna	Atividade realizada com o processo parado e equipamentos desligados
E	Externa	Atividade realizada com o processo em operação
IP	Interna e Paralela	Atividade realizada com o processo parado, e em paralelo com outra atividade

Fonte: Autores

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos e compara a duração média anterior às mudanças com a duração média atual, coletada a partir de 10 *setups* ocorridos dentro do período de 60 dias.

As melhorias 1 e 2, antes atividades internas, ou seja, realizadas com o processo parado e equipamentos desligados, foram convertidas para atividades externas, que ocorrem antes que o processamento do híbrido se conclua ou antes do *setup* iniciar. Visando às melhorias 3 e 4, as paradas para troca de turno e refeições foram eliminadas a partir da troca de turno *in-loco* no processo da classificação e revezamento de operadores durante o período de refeição, por operadores capacitados nas atividades de *setup*.

Para a melhoria 5, durante observações da execução de *setups*, notou-se que, em momentos da necessidade de uso do ar comprimido para limpeza interna dos equipamentos, o operador, ao realizar a atividade, movimentava-se excessivamente, inclusive entre pisos do prédio, procurando a mangueira de ar comprimido. O mesmo ocorria esporadicamente em relação a outras ferramentas igualmente necessárias para uma limpeza eficaz e garantia de zero sementes de milho do híbrido finalizado. Evidente o desperdício por movimentação desnecessária, o projeto propôs locais identificados e padronizados para guardar as ferramentas necessárias, além da aquisição e disponibilidade das quantidades ideais por piso, assegurando que todo o perímetro do *setup* esteja coberto e livre do desperdício, eliminando 0,35 horas.

As melhorias 6, 7 e 8 correspondem à atividade de troca de peneira cilíndrica, para a configuração do equipamento de acordo com a proporção e característica geométrica das sementes do próximo híbrido. A realização dessa atividade constitui-se em bloquear o

equipamento no quadro de acionamento elétrico com 2 cadeados, um do operador executante, e outro do mecânico do turno. Esse travamento acontece antes da limpeza interna do equipamento, assim, quando é a vez de posicionar a peneira indicada, o mecânico já está alocado em outra atividade, muitas vezes em outro local da planta, gerando a espera por ele. Somando a essa espera, o mecânico eventualmente precisa usar uma escada plataforma para acessar partes do equipamento e, como havia somente 2 escadas plataformas distribuídas em 5 pisos, acumulava o tempo de movimentação. Para eliminar 0,8 horas em média desperdiçadas com as 3 atividades, foram adquiridas e posicionadas uma escada plataforma por piso e, converteu-se em atividade paralela a partir do gerenciamento dos tempos em que vão ocorrer as atividades de intervenção por mecânicos. Esse gerenciamento foi possível depois que se desenvolveu a planilha de simulação e acompanhamento do *setup*, parte do grupo de solução E (desenvolvimento de controles), onde o líder operacional atualiza os tempos de cada atividade de *setup* finalizada, portanto com o horário simulado em que vai ser necessário o suporte do mecânico, ele informa preventivamente o local e o horário da atividade.

Tabela 3 – Redução do tempo de *setup* a partir das melhorias implementadas

Grupo de Solução	Melhoria	Atividades	Antes		Depois	
			Tipo	Tempo (horas)	Tipo	Tempo (horas)
A	1	Limpeza dos transportadores e área externa	I	0,5	E	0
A	2	Limpeza do piso dos transportadores	I	0,4	E	0
B	3	Parada para troca de turno durante o <i>setup</i>	I	0,2	-	0
B	4	Parada para refeição durante o <i>setup</i>	I	2	-	0
C	5	Buscar ferramentas em outro piso para limpeza do piso atual	I	0,45	I	0,1
C	6	Aguardar travamento de equipamento	I	0,5	IP	0,1
C	7	Aguardar chegada do mecânico para troca de peneira	I	0,2	IP	0
C	8	Buscar escada em outro andar para troca de peneira	I	0,1	E	0

C	9	Operador atender chamado de abrir PT ³	I	0,55	-	0
D	10	Solicitar empilhadeira para alimentar silo pulmão	I	0,55	IP	0,2
D	11	Alimentação do silo pulmão para testar configuração de equipamentos	I	0,75	IP	0,2
D	12	Teste manual de peneira para definição de configuração	I	0,35	E	0,15
D	13	Validar configuração com o Líder Operacional	I	0,3	E	0,15
-	-	Atividades necessariamente realizadas em <i>setup</i> interno	I	8,05	I	8,05
D	14	Limpeza dos pisos em sequência após limpeza dos equipamentos	I	2,25	IP	0,45
D	15	Vistoria de limpeza dos pisos e equipamentos realizada pelo Líder Operacional	I	1,1	IP	0,25
Total				18,25		9,65

Fonte: Autores

A melhoria 9 representava um desperdício de 0,55 horas médias, a solução para eliminá-lo veio de um dos *brainstormings* realizados ao longo do projeto, que exigiu a confecção e aquisição de coletes refletivos, conforme Figura 6, para a identificação imediata do operador que está realizando atividades de *setup*, evitando, dessa forma, a solicitação dele a fim de auxiliar em chamados para abrir permissões de trabalho (PT).

Figura 6 – Layout para confecção do colete refletivo SET-UP



Fonte: Autores

³PT se refere à permissão de trabalho. É um documento obrigatório e necessário para realização de qualquer atividade não rotineira no ambiente de produção.

As melhorias 10 e 11 são similares e se diferenciam pelo método de abastecimento de matéria-prima do processo de classificação. Quando as sementes a serem processadas estão armazenadas em *Bigbag*, é necessário o uso de empilhadeira para transporte e descarga das sementes em moega granel. A solicitação da empilhadeira, geralmente, ocorria somente após *setup* na moega e silo pulmão, gerando eventuais esperas pela disponibilidade e transporte do material. Uma vez abastecendo a moega, o material segue para o silo pulmão que, por sua vez, precisa estar com, no mínimo, 15 toneladas de sementes para partida do processo e validação da qualidade da configuração. Atividade que, em média, gerava outras 0,75 horas.

Vale ressaltar que ambas as melhorias foram obtidas a partir do uso da planilha de simulação e acompanhamento do *setup*, convertendo atividades internas em paralelas, ao mesmo tempo em que está sendo realizada outra atividade de *setup*, a empilhadeira já foi solicitada pelo líder operacional para transporte e descarga de sementes na moega e/ou, quando o abastecimento do silo pulmão é feito por meio dos silos convencionais externos, as 15 toneladas mínimas para partida do processo já vão estar disponíveis dentro do *buffer*⁴.

Parte do processo de *setup* da classificação consiste em limpeza interna e higienização plena do conjunto de equipamentos que, juntos, representam o processo de classificação de sementes. Outra parte igualmente importante se dá à configuração adequada dos equipamentos, e para isso, é necessária a realização de testes manuais com amostras dos lotes que serão processados, para definição das peneiras a serem utilizadas a fim de se obter o máximo de rendimento e eficiência do processo. Os testes são realizados pelo próprio operador e, conforme o procedimento, deve ser validado pelo líder operacional. O momento para realização dos testes manuais de peneiras era subjetivo, sendo da decisão do operador que, geralmente, deixava para fazê-los após a abertura e limpeza dos equipamentos e, antes da troca de qualquer peneira. Para absorver aproximadamente 0,35 horas que eram perdidas, para as melhorias 12 e 13, foi determinado que os testes e validação ocorram em paralelo ao *setup*, com o auxílio de um eventual operador ocioso ou, antes do início do *setup*.

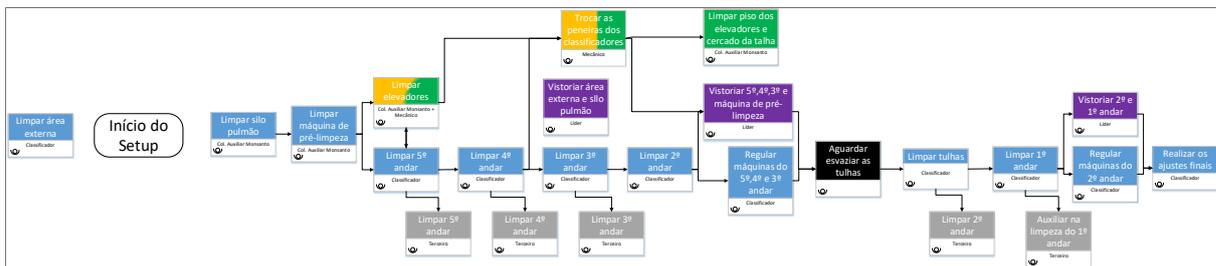
A limpeza completa do processo previsto no *setup* também abrange os pisos onde estão instalados os equipamentos. Antes da implementação das melhorias, essa limpeza era sequencial após a higienização e configuração interna dos equipamentos. Dessa forma, quando o operador estava no piso 0 e já concluindo o *setup* do último equipamento, ele se dirigia novamente ao quinto piso para iniciar a limpeza dos pisos, até chegar ao térreo mais uma vez. Somente após essas duas atividades independentes e realizadas pela mesma pessoa,

⁴ Sinônimo para silo pulmão. Termo utilizado para referenciar área de armazenamento temporário de material.

é que o líder era acionado para iniciar a vistoria de limpeza do processo. Analisando esses desperdícios de movimentação e recursos, identificou-se que, ao vedar os pisos e utilizando um segundo colaborador, era possível iniciar a limpeza do quinto piso assim que o operador concluísse o *setup* dos equipamentos daquele local. Portanto, convertendo uma atividade em série para uma atividade em paralelo, seria obtida uma economia média de 1,8 horas por *setup*.

A vistoria de limpeza é uma das últimas atividades para conclusão do *setup* e, como tal, era realizada em série e adicionava em média 1,1 horas à duração total de um *setup*. Com base nas observações, análises dos tempos e mapeamento das atividades do *setup*, surgiu a proposta de melhoria para que a vistoria fosse realizada por etapas, sendo então modificada a uma atividade paralela às demais, como pode-se observar, na Figura 7, o novo fluxograma das atividades de *setup* após realização das melhorias propostas no projeto.

Figura 7 – Fluxograma estado futuro do *setup* do processo de classificação



Fonte: Autores

5 CONCLUSÃO

A partir da implementação da metodologia de TRF, conseguiu-se reduzir o tempo médio de realização do *setup* de 18,25 para 9,65 horas e obter ganhos em relação ao tempo disponível para produção, pois o processo de classificação terá 47% de tempo a mais para produzir. Conforme mostrado no presente trabalho, as melhorias obtidas não requisitam grandes investimentos financeiros por parte da empresa, já que apenas alterando a ordem de realização de atividades, padronização de métodos de execução e gestão do processo de *setup* como um todo, alcançaram-se importantes resultados.

Com redução de aproximadamente 8,5 horas por cada *setup* realizado e considerando uma vazão de processamento de 8,5 toneladas/hora, calcula-se um ganho de 72 toneladas de

sementes beneficiadas a mais, que em um mês com 5 *setups* programados representaria um acréscimo de 2.000 sacos à capacidade produtiva de um planejamento mensal típico de produção.

Verificou-se que o processo de *setup* ainda é muito dependente do operador e da gestão próxima do líder operacional, pois além das atividades de acesso e intervenção manual aos equipamentos, o direcionamento dos colaboradores de apoio aos locais e instantes corretos, cabe ao líder garantir que as atividades internas e paralelas ocorram como projetado. Portanto, é importante sustentar o ciclo de PDCA e desenvolver outros estudos de viabilização de novas tecnologias e ferramentas para reduzir cada vez esse tempo e ampliar a capacidade e flexibilidade da produção. Em outros termos, os fundamentos da TRF, eventos *kaizen* e a melhoria contínua devem ser continuamente implementados, visando não somente à redução dos tempos de *setup*, mas buscando a maturidade e estabelecimento da cultura e pensamento *Lean* de forma natural.

REFERÊNCIAS

- BARTZ, T.; SILUK, J. C. M.; GARCIA, M. Redução do tempo de *setup* como estratégia de aumento da capacidade produtiva: estudo de caso em sopradora de garrafas plásticas. *Exacta*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 36-46, 2012.
- BEN-DAYA, Mohamed; HARIGA, Moncer. Lead-time reduction in a stochastic inventory system with learning consideration. *International Journal of Production Research*, v. 41, n. 3, p. 571-579, 2010.
- CHANESKI, W. S. Success in Setup Reduction Efforts. *Modern Machine Shop*, v. 77, p. 40-42, 2014.
- DA SILVA, Iris Bento et al. Integrando a promoção das metodologias Lean Manufacturing e Six Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças. *Revista Gestão & Produção*, v. 18, n. 4, p. 687-704, 2011.
- DIABY, Moustapha. Integrated batch size and setup reduction decisions in multi-product, dynamic manufacturing environments. *International Journal of Production Economics*, v. 67, n. 3, p. 219-233, 2014.
- FOGLIATTO, Flavio Sanson; FAGUNDES, Paulo Ricardo Motta. Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, v. 10, n. 2, p. 163-181, 2003.
- GARCIA, E.; LACERDA, L.; AROZO, R. Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança. *Revista Tecnológica*, v. 63, p. 36-42, 2001.
- GEST, G.B.; S.J. Classification Methodologies For Set-up Reduction Techniques Within Industry, *Factory 2000 – Advanced Factory Automation, Fourth International Conference on (Conf. Publ. No. 398)*, p. 486, 490, 1994.
- GILMORE, M.; SMITH, D. J. Set-up reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 16, n. 3, p. 4-17, 2013.
- GODINHO FILHO, Moacir; FERNANDES, Flavio César Faria. *Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras*. *Gestão & Produção*, v. 11, n. 1, p. 1-19, 2004.
- HARIGA, M. A. Setup cost reduction in (Q, R) policy with lot size, setup time and lead-time interactions. *Journal of the Operational Research Society*, p. 1340-1345, 2000.
- HARMON, R. L.; PETERSON, L.D. *Reinventando a fábrica; conceitos modernos de produtividade aplicados na prática*. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- HAYES, R.; PISANO, G. Manufacturing strategy: at intersection of two paradigm shifts. *Production and Operations Management*, Baltimore, v. 5, n.1, p. 25-41, Spring, 1996.

- HONG, JAE-DONG ; XU, S. H. ; HAYYA, J. C. Process quality improvement and setup reduction in dynamic lot-sizing. *The International Journal of Production Research*, v. 31, n. 11, p. 2693-2708, 1993.
- HUNTER, S. L. The 10 steps to lean production. *FDM Management*, p. 22-25, 2003.
- IMAI, M. *Gemba-Kaizen: estratégia e técnicas do Kaizen no piso de fábrica*. São Paulo: Instituto IMAM, 1996.
- LIKER, J.K. *O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MONDEN, Y. *Sistema Toyota de Produção*. São Paulo: IMAM, 1984.
- NASCIMENTO NETO, R. V.; MIRANDA, L. C.; SOUZA, B. C. Relação entre os aspectos do sistema de produção e adoção de sistemas de custeio em indústrias brasileiras: uma pesquisa empírica. In: *XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Ouro Preto: MG, 2003.
- OHNO, T. *Sistema Toyota de produção além da produção em larga escala*. 11. E. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PIVATTO JR., Altevir; ADAMCZUK, Gilvon; TRENTIN, Marcelo G. Redução do tempo de setup da recobridora de molduras – uma aplicação da metodologia de troca rápida de ferramentas (TRF) na indústria moveleira. In: *XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Salvador: BA, 2009.
- PORTEUS, Evan L. Optimal lot sizing, process quality improvement and setup cost reduction. *Operations research*, v. 34, n. 1, p. 1 137-144, 2015.
- SARKER, Bhaba R.; COATES, Eyler Robert. Manufacturing setup cost Reduction under variable lead times and finite opportunities for investment. *International Journal of Production Economics*, v. 49, n. 3, p. 237-247, 1997.
- SHINGO, S. *Sistema de troca rápida de ferramenta*. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- SLACK, N.; CHAMBLERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SLACK, N. *Vantagem competitiva em manufatura*. São Paulo: Atlas, 1993.
- SZATKOWSKI, Paul M.; REASOR, Roderick J. The SMED system for setup reduction – A case study. In: *2011 International Industrial Engineering Conference Proceedings*, p. 123-129, 2011.
- THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 16.ed. São Paulo: Cortez, 2008.