

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**MELHORIAS NO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO PARA
CHAPISCO NA MOENDA DE UMA EMPRESA DE CANA DE AÇÚCAR
EMPREGANDO CONCEITOS DO *LEAN* MANUFACTURING**

LAURA FRESCHI DE OLIVEIRA

ILHA SOLTEIRA

2024



LAURA FRESCHI DE OLIVEIRA

MELHORIAS NO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO PARA
CHAPISCO NA MOENDA DE UMA EMPRESA DE CANA DE AÇÚCAR
EMPREGANDO CONCEITOS DO *LEAN* MANUFACTURING

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Ângelo Menezes

ILHA SOLTEIRA

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O48m Oliveira, Laura Freschi de.
Melhorias no processo de preparação do equipamento para chapisco na moenda de uma empresa de cana de açúcar empregando conceitos dos Lean manufacturing / Laura Freschi de Oliveira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
59 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2024

Orientador: Miguel Ângelo Menezes

Inclui bibliografia

1. Manufatura enxuta. 2. Chapisco (revestimento duro). 3. Raízen. 4.
Combate a desperdícios. 5. Melhoria.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: Laura Freschl de Oliveira

Título: Melhorias no Processo de Preparação do Equipamento para Chapisco na Moenda de uma Empresa de Cana de Açúcar Empregando Conceitos do Lean Manufacturing

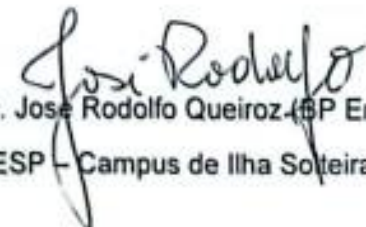
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Miguel Angelo Menezes
UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientador)

Prof. Dr. Adriano Souza
UNESP – Campus de Ilha Solteira



Eng. Mec. Jose Rodolfo Queiroz (BP Energy)
UNESP – Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira
12/12/2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, à toda minha família, meus pais, Fabíola e Luis André, meus avós, Euterpe e Laércio, Janete e Calisto, meus tios Flávia, Fábio e Lisa, e meus irmãos Livia e Augusto. Sem minha base, meu apoio eu não teria alcançado esse objetivo. Sou o que sou graças ao esforço de cada um deles.

Aos meus amigos, em especial Bianca Miyake, Letícia Cardoso, Caroline Sperandio, Júlia Moreira e Beatriz Franco, e minha família da República Álcool-Íris, Sabrina Bering, Sarah Reame, Paula Souza, Emilly Andrade. A amizade e companheirismo de vocês trouxe suporte e incentivo até nos dias mais difíceis e, por isso, sou muito grata.

Ao meu orientador, Miguel Ângelo Menezes, que embarcou nessa jornada comigo e permitiu que esse trabalho fosse executado, tornando os processos mais simples e me encorajando à novos desafios.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP e todos os seus docentes que tiveram impacto na minha vida acadêmica. Aqui tive um sonho realizado, onde cresci de forma exponencial como pessoa, como profissional e como discente.

Ao meu período de estágio na Engemix, onde trabalhei com pessoas maravilhosas que me proporcionaram o descobrimento da minha paixão pela temática do trabalho.

Por fim, mas não menos importante, à Raízen pela confiança e disponibilidade de materiais para desenvolvimento do atual documento.

RESUMO

A evolução tecnológica gera um mercado cada vez mais competitivo e, neste cenário, as empresas precisam se adequar à nova realidade, eliminando aquilo que não agrega valor ao seu produto final, atendendo as demandas de seus clientes ao mesmo tempo que garante a segurança e saúde de seus colaboradores. Este trabalho, mapeou e desenvolveu o fluxo de trabalho no setor de extração do caldo de cana na empresa Raízen, com foco no processo de preparação do equipamento de aplicação do chapisco (revestimento duro) aos rolos da moenda. Para tanto, aplica-se ferramentas do *Lean manufacturing* (Manufatura Enxuta), permitindo identificação de desperdícios no desenvolvimento das atividades. Ao longo do trabalho desenvolvido, tais alterações promoveram uma redução de 47% do tempo empregado nas atividades diárias, um ganho de 38,4% na atividade de aplicação do chapisco por turno de trabalho, além do ganho em segurança ao desempenhar a atividade. O resultado obtido confirma a importância de ferramentas de organização no ambiente de trabalho, no combate de desperdícios e situações de risco, ao mesmo tempo que comprova como um processo sempre pode passar por melhoria, quando acompanhado regularmente.

Palavras-chave: Manufatura enxuta, chapisco (revestimento duro), Raízen, combate a desperdícios, melhoria.

ABSTRACT

Technological evolution generates an increasingly competitive market and, in this scenario, companies need to adapt to the new reality, eliminating what does not add value to their final product, meeting the demands of their customers while ensuring safety and health of its collaborators. This work mapped and developed the workflow in the sugarcane juice removal sector at the company Raízen, focusing on the process of preparing the equipment for applying chapisco (hard coating) to the coin rolls. To this end, Lean Manufacturing tools are applied, allowing the identification of waste in the development of the activity. Throughout the work developed, these changes promoted a 47% reduction in the time spent on daily activities, a 38,4% gain in the activity of applying chapisco per work shift, in addition to the gain in safety when carrying out the activity. The results obtained confirm the importance of tools to organize the work environment in combating waste and risk situations, at the same time as proving how a process can always undergo improvement when monitored regularly.

Keywords: Lean manufacturing, chapisco (hard coating), Raízen, waste and risk situations, improvements.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de classificação de itens de Hiroyuki Hirano.....	17
Figura 2 – Procedimento do SLP	23
Figura 3 – Esquema Layout Posicional.....	24
Figura 4 – Exemplo Mapa fluxograma	25
Figura 5 – Esquema ciclo PDCA	27
Figura 6 – Esquema rampa de melhoria com PDCA.....	27
Figura 7 – Práticas de SSMA Raízen	28
Figura 8 – Esquema de aplicação do SIGO.....	28
Figura 9 – Sistema de rolos da moenda	30
Figura 10 – Esteira de arraste intermediário	31
Figura 11 – Sequência percorrida pela cana no setor de extração do caldo	32
Figura 12 – Aplicação do chapisco nas ranhuras dos rolos da moenda	33
Figura 13 – Layout e mapa fluxograma da preparação do equipamento para chapisco no início do projeto.....	34
Figura 14 – Diagrama do fluxo de trabalho	34
Figura 15 – (a) máquina de solda protegida pelo telhado (b) cabos armazenados sobre a máquina	35
Figura 16 – (a) Içamento do cabo negativo (b) cabo engatado ao rolo que será soldado.....	36
Figura 17 – Preparação do cabo positivo para içamento ao piso 2	36
Figura 18 – Bastão isolante com alicate e eletrodo instalados	37
Figura 19 – Exemplificação da aplicação do chapisco	38
Figura 20 – Causas de desperdício e riscos da situação 1 (a) Cabo negativo armazenado e enrolado sobre máquina de solda (telhado de proteção fixado na parede) (b) risco de batidas contra ACIPs (c) risco ergonômico	42
Figura 21 – Ausência de restrição de passagem entre ACIPs da moenda	42
Figura 22 – Uso de vergalhão para apertar eletrodo de chapisco ao alicate de solda	43
Figura 23 – Cabo positivo sem engate rápido (a) cabo usado no exercício da atividade (b) exemplo do cabo utilizado pela empresa.	43
Figura 24 – GBO	45
Figura 25 – Instalação de suportes para o cabo negativo no Piso 1 da moenda (a) visão frontal (b) visão superior.....	48
Figura 26 – Restrição de acesso aos ACIPs	48
Figura 27 – Ferramenta adequada para fixação de eletrodo de chapisco.....	49
Figura 28 – Cabo positivo com engate rápido.....	49
Figura 29 – GBO pós melhorias	51
Figura 30 – Redução tempo de atividade referente ao suporte para cabos	53
Figura 31 – Redução de tempo devido adaptação rotina DDS	53
Figura 32 – Redução tempo total	54
Figura 33 – Redução tempo de turno por chapiscador	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ações para implementação da ferramenta 5S	19
Quadro 2 – Vantagens e Desvantagens do layout posicional.....	24
Quadro 3 – Desperdícios observados.....	40
Quadro 4 – Situações identificadas com a aplicação dos 5 Por quês.....	41
Quadro 5 – Tempo do ciclo de preparação do equipamento para chapisco	44
Quadro 6 – Rotina operacional Chapiscador.....	44
Quadro 7 – Tempo disponível x Tempo mapeado	44
Quadro 8 – Distribuição de tempo de acordo com o tipo de atividade	45
Quadro 9 – Melhorias propostas	46
Quadro 10 – Retorno das melhorias propostas.....	47
Quadro 11 - Tempo do ciclo de preparação do equipamento para chapisco pós melhorias	50
Quadro 12 – Rotina operacional Chapiscador pós melhorias.....	50
Quadro 13 – Tempo disponível x Tempo mapeado pós melhorias	50
Quadro 14 – Distribuição de tempo de acordo com o tipo de atividade pós melhorias	50

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

STP	Sistema Toyota de Produção
POP	Procedimento Operacional Padrão
SLP	<i>Systematic Layout Planning</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
SSMA	Segurança Saúde e Meio Ambiente
SIGO	Sistema Integrado de Gestão das Operações
E2G	Etanol de Segunda Geração
PS	Permissão de Serviço
ACIP	Acoplamento flexível
TF	Taxa de Frequência
DDS	Diálogo de Segurança
GBO	Gráfico de Balanceamento de Operadores
OS	Atendimento em ambulatório
TAR	Taxa de Acidentes Reportáveis

Sumário

1. Introdução	12
2. Objetivos	13
2.1. Objetivos Gerais	13
2.2. Objetivos Específicos.....	13
3. Revisão Bibliográfica	14
3.1. Lean Manufacturing	14
3.1.1. Os desperdícios do Lean manufacturing.....	15
3.2. Ferramentas <i>Lean</i>	16
3.2.1. 5S	16
3.2.2. Procedimento Operacional Padrão (POP)	19
3.2.3. 5 Por quês.....	20
3.2.4. Projeto de Layout	21
3.2.5. <i>Kaizen</i>	25
3.3. SSMA	27
4. Apresentando a empresa	30
4.1. Descrevendo a empresa	30
4.2. Moenda	30
4.3. Layout.....	33
4.4. Equipamento	34
5. Metodologia	38
6. Análise e discussão de Resultados	40
6.1. Estudo inicial da preparação do maquinário para chapisco	40
6.1.1. Desperdícios Encontrados	40
6.1.2. Tempo empregado na atividade.....	43
6.2. Soluções aplicadas e seus impactos.....	45
7. Conclusões.....	56
Referências.....	57

1. Introdução

Com o passar dos anos e com as evoluções tecnológicas, o mercado está cada vez mais competitivo, exigindo redução de custos e melhores níveis de produtividade, dessa forma, empresas precisam utilizar diferentes ferramentas para adaptação e vencimento de obstáculos ao longo do tempo, atendendo as demandas de seus clientes, e, simultaneamente, garantindo a segurança e saúde de seus colaboradores.

Atualmente, a gestão de sistemas produtivos possui dificuldade em identificar e eliminar problemas como desperdício, sendo, este, um dos principais desafios da indústria. As diferentes demandas, portfólio diverso e obsolescência dos produtos, exige planejamento operacional significativo das empresas (SOUSA *et al.*, 2023; MOREIRA, 2011)

Nesse cenário desenvolveu-se o *lean manufacturing* (manufatura enxuta), cuja origem data de 1990 no Japão na indústria automobilística Toyota (RIBEIRO, 2023). O sistema surgiu da necessidade das empresas japonesas de competirem com as empresas americanas na fabricação de veículos, que utilizavam do método da produção em massa (*Ford Company* e *General Motors*) (MOREIRA, 2011).

Os conceitos e ferramentas da produção enxuta são utilizados de forma que seja estabelecido fluxo de trabalho eficiente e valorização contínua do cliente, reduzindo o tempo de desenvolvimento de um produto e desperdícios, e aumentando a qualidade do produto final.

Com a utilização desta ferramenta, empresas conseguem eliminar atividades que não agregam valor e conseguem reduzir custos, recursos, tempo e esforço. Desse modo, tornam-se um competidor flexível e capaz de atender às expectativas de seus clientes, assegurando seu lugar no mercado (RIBEIRO, 2023).

2. Objetivos

2.1. Objetivos Gerais

- Realizar um estudo sobre a preparação do equipamento de chapisco, na empresa Raízen, de forma que sejam alinhados os processos da companhia com os conceitos teóricos do *Lean Manufacturing*.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar os desperdícios encontrados pela empresa, assim como as melhorias propostas e, por fim, comparar resultados obtidos com o procedimento antes das melhorias.

- Obter uma compreensão mais ampla acerca de algumas ferramentas do *Lean Manufacturing*, como entender suas aplicações práticas.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Lean Manufacturing

A Toyota foi pioneira no desenvolvimento e implementação do sistema de produção *Lean Manufacturing* (Manufatura enxuta), com o Sistema Toyota de Produção (STP), criado no Japão após a crise do petróleo, que buscava eliminar desperdícios e perdas, de forma que reduzisse custos e aumentasse produtividade, equiparando o mercado japonês ao americano. Ambos propõem produção mais flexível, capaz de bom rendimento mesmo enfrentando as mudanças existentes ao longo do tempo (MONDEN, 2015, MOREIRA, 2011).

Logo, o sistema *Lean* é um conjunto de ferramentas com o intuito de identificar e eliminar desperdícios, aumentando a qualidade do produto final e reduzindo o tempo de produção (CORREA, 2007). Nele, os funcionários são parte do processo e tem poder de tomada de decisão, sendo, este, um comportamento muito importante para o sucesso da implantação das melhorias (BOTERO, 2010).

Para a aplicação eficiente desta filosofia, deve ser feita uma longa análise da atividade exercida, a fim de identificar seus pontos de melhorias. Tal análise simplifica o processo uma vez que separa ações entre o que agrega e o que não agrega valor, em busca de uma realidade na qual a produção seja equivalente a solicitação do mercado, evitando gastos excessivos com pessoas, tecnologia e estoques (MONDEN, 2015).

Há três termos, comumente usados no STP, que auxiliam na identificação dos desperdícios durante a aplicação de suas ferramentas: Muda, Mura, Muri.

- Muda – qualquer atividade que consome recursos, mas não agrega valor para o cliente, ou seja, serviços ou produtos que o cliente não está disposto a pagar;
- Mura – são as instabilidades na produção, quando se produz fora do que é necessário e fora do período que é pedido. É evitado com a aplicação do sistema *Just in Time* (JIT), no qual as peças atingem a linha de montagem em quantidades e no tempo exatos, podendo atingir o estoque zero (OHNO, 1997);
- Muri – trabalho excessivo das equipes e operadores. É evitado com a uniformização dos procedimentos, tornando-os estáveis e mais controláveis (MOREIRA, 2011, CORREA, 2007);

As principais características do sistema de produção *Lean*, são: a agilidade (consumindo apenas o mínimo de recursos e estoques, produzindo de forma rápida e eficiente), a exatidão (redução de erros e desperdícios), a visualização do processo (comunicação visual), a diversidade e flexibilidade (se adapta a diversos modelos e mercados), a constância (se mantém ao longo do

tempo, e permite a integração de novas tecnologias), o favoritismo ao trabalho em equipe, possuir pequenos lotes, e execução da manutenção preventiva (BOTERO, 2010) .

3.1.1. Os desperdícios do Lean manufacturing

Foi visto que, a correta aplicação do sistema *Lean*, traz melhorias significativas à eficiência, competitividade, flexibilidade e rapidez de respostas aos serviços ou processos industriais (BOTERO, 2010). Entretanto, as mudanças são qualificadas como melhorias quando ocorre redução de custos, tornando evidente que se deve produzir apenas o necessário, quando necessário e com mínima mão de obra.

Para atingir tal patamar, é preciso observação atenta ao trabalho dos operadores como indivíduo e como grupo, identificando sua influência na fábrica como um todo, expondo casos de superprodução, ociosidade e movimentos desnecessários (OHNO, 1997). O estudo leva em consideração o conceito evidenciado na Equação (1).

$$\text{CAPACIDADE ATUAL} = \text{TRABALHO} + \text{DESPERDÍCIO} \quad (1)$$

Assim, a implementação do *Lean* exige metodologias e estratégias claras e rigorosas, chefes e funcionários responsáveis compartilhando o mesmo objetivo, com responsabilidades bem definidas e distribuídas. Os líderes devem ser compromissados, incentivando e motivando sua equipe, reconhecendo o esforço coletivo (BOTERO, 2010).

Quando isso ocorre, na análise industrial, é possível identificar sete tipos de desperdícios, ou seja, atividades que demandam recursos, mas não agregam valor ao produto final, de acordo com o significado de valor para o negócio em questão (BOTERO, 2021; OHNO, 1997). Estes são:

- Superprodução – produção além do que é essencial ou quando não é preciso devido à rapidez desnecessária do fluxo de produção, exigindo mais mão de obra e material, consequentemente, aumentando custos. As etapas devem atender a demanda real;
- Tempo de Espera – tempo parado de pessoas e/ou equipamentos, como a espera para a preparação do equipamento, tempo de produção de uma peça para a outra. Pode ser provocado devido à desorganização do *layout*, peças utilizadas para o serviço sem fácil acesso, por exemplo. Os fluxos de produção devem ser contínuos.
- Processamento Inadequado – atividades executadas que não teriam impacto na produção caso não fossem realizadas ou fossem eliminadas;
- Estoque – Todo material armazenado em excesso, desde a matéria prima ao produto final. Este, causa redução do espaço, aumento dos custos devido ao capital parado,

além de dificultar a identificação de possíveis problemas no produto final (defeitos), o que gera perdas e retrabalho;

- Transporte Excessivo – movimentação desnecessária de materiais dentro do fluxo de produção, evidenciando logística e *layout* ineficientes, ocupando muito espaço, capital e energia, além do desgaste da mão de obra;
- Movimentação Excessiva – similar ao desperdício anterior. Este é relacionado a todo tipo de deslocamentos (pessoas, materiais, insumos), que não geram valor. A movimentação dentro da filosofia *Lean*, deve gerar valor ao produto final;
- Defeitos – Atividades ou serviços que produzem um resultado abaixo do que o esperado, promovendo custos (principalmente, com descarte de resíduos) e perdas ao negócio. Um dos lemas da filosofia *Lean* é “fazer o certo na primeira vez” evitando retrabalhos e fluxos de materiais em processamento com defeitos. Deve-se buscar a causa raiz e sua solução definitiva (SANTOS, 2021).

3.2. Ferramentas *Lean*

Dentre as diversas ferramentas disponíveis do sistema de produção *Lean*, são desenvolvidas aquelas que tiveram impacto efetivo no estudo de caso do preparo do equipamento para chapisco na usina sucroalcooleira Raízen.

3.2.1. 5S

O 5S é a primeira ferramenta aplicada no ambiente de trabalho, usado para atingir a qualidade esperada. Baseia-se na criação de um ambiente capaz de receber o controle visual e a produção *Lean* (BOTERO, 2010).

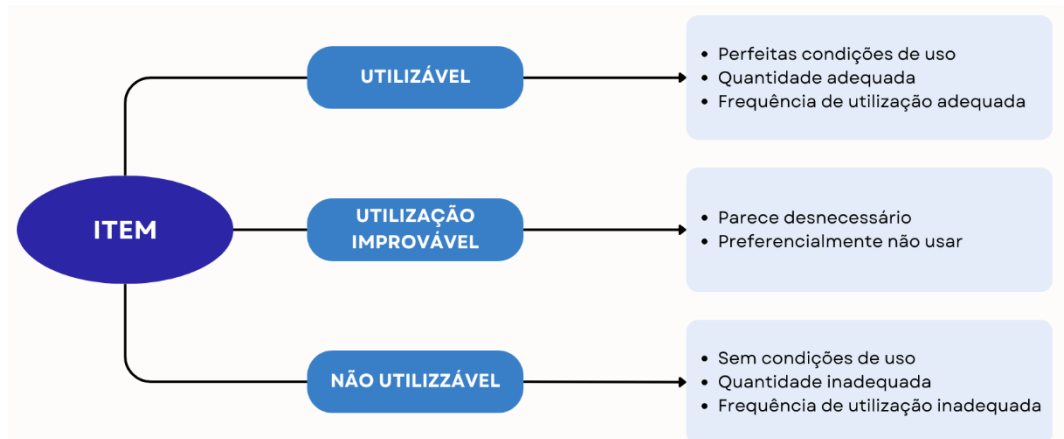
Tal ferramenta padroniza a organização do local de trabalho pelas pessoas que usam o ambiente. Esta abrange manutenção, limpeza e disciplina no decorrer do trabalho de forma autônoma, com o mínimo de supervisão, exigindo mudanças na base da tarefa executada, além do interesse e comprometimento das pessoas envolvidas.

A sigla, 5S, é derivada de cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, *Shitsuke*, as quais definem os princípios dessa ferramenta (CAMPOS *et al*, 2005).

- *SEIRI* (Utilização) – É o senso de “organizar o que se precisa efetivamente, conforme certos princípios ou regras (com logica)” (SILVA *et al*, 2001), ou seja, deixar na área de trabalho apenas o que é necessário, o que ainda tem utilização e usá-los com bom senso. Para isso, o ambiente passa por catalogação, identificando o que é necessário

manter, descartar ou destinar a outro local e, nesta etapa inicial, de acordo com Campos *et al* (2005), é muito utilizado o esquema de Hiroyuki Hirano (Figura 1). O conceito, aplica-se tanto para objetos materiais quanto para tarefas relacionadas à atividade.

Figura 1 – Esquema de classificação de itens de Hiroyuki Hirano



Fonte – Adaptado pelo autor¹.

- **SEITON** (Ordenação) – É o senso da organização física no ambiente de trabalho após a seleção do que é necessário para a execução da tarefa (*Seiri*). Os recursos devem ser dispostos com fácil acesso e facilitando o fluxo de tudo que diz respeito à função. Este conceito promove a possibilidade de um controle visual, onde os recursos são acessados com agilidade e segurança sempre que necessário.
- **SEISO** (Limpeza) – é o senso da manutenção limpeza do ambiente de trabalho, prezando pela saúde dos colaboradores, evitando danificação dos equipamentos e perda de material. Além da higiene física do local, *Seiso* também trata de “limpeza de informações”, facilitando a identificação e eliminação de possíveis problemas com os equipamentos e suas causas. É uma mentalidade que deve ser inserida no dia a dia dos funcionários, buscando se tornar um hábito. *Seiso* pode ser praticado das seguintes formas:
 - a. Nível Macro – identificar e eliminar as causas da sujeira das áreas do ambiente de trabalho;
 - b. Nível Individual – limpeza de áreas e maquinários específicos;
 - c. Nível Micro – limpar peças e ferramentas utilizadas nos maquinários.
- **SEIKETSU** (Higiene, saúde e integridade) – para atingir *Seiketsu* é necessária a aplicação e prática constante dos 3S anteriores. Aqui é estudada a realidade atual do

¹ Adaptado de Campos *et al* (2005)

ambiente de trabalho, comparando com a realidade esperada, procurando evitar diferenças entre elas. De acordo com SILVA et al, 2001 e CAMPOS *et al*, 2005, este é o senso que busca a padronização do ambiente, de forma a gerar um local limpo, higiênico, seguro com informações e comunicações objetivas e claras, além de ético e saudável.

- SHITSUKE (Autodisciplina, educação, compromisso) – é o senso da formação de hábitos e bons comportamentos, tratados nos itens anteriores, excluindo os maus comportamentos. Este senso é um trabalho coletivo que exige o interesse de todos, e seus frutos devem ser aplicados tanto na vida pessoal quanto profissional, consolidando o conhecimento. É o mais difícil de ser alcançado, uma vez que exige a mudança de comportamento dos colaboradores; logo, a gestão deve ser capaz de moldar a cultura organizacional. É um trabalho gradual para que os benefícios da mudança sejam absorvidos e entendidos pelos funcionários.

As ações para a correta aplicação do 5S estão evidenciadas no Quadro 1.

Com todos esses dados em mãos, é notório que a ferramenta traz diversos benefícios às empresas que a implementam, desde redução de desperdícios e aumento de segurança à motivação dos colaboradores e criação de cultura organizacional.

Quadro 1 – Ações para implementação da ferramenta 5S

SENSO	AÇÕES
<i>Seiri</i>	Analisar itens do local de trabalho Verificar utilidade de cada item Eliminar o que não é útil Dividir materiais de trabalho com os colegas Dia da limpeza/descarte e destino correto aos itens
<i>Seiton</i>	Organização do local de trabalho Classificação e organização de objetos Cores e etiquetas para identificação Quadro de avisos Mapa de riscos
<i>Seiso</i>	Educar para não sujar Comprometimento com a limpeza individual Eliminar causar de sujeira Comunicação clara "Não sujar é mais importante do que limpar"
<i>Seiketsu</i>	Ter os passos anteriores implementados Cuidar da aparência pessoal e da empresa Evitar qualquer forma de poluição Manter condições para controle visual Cuidar da saúde dos colaboradores
<i>Shitsuke</i>	Não acobertar e tomar medidas contra os erros Normas claras e objetivas Visão e Valores compartilhados Melhorar a comunicação Educar Rigidez com horários <i>Feedbacks</i> construtivos (passá-los e ouvi-los)

Fonte – Adaptado pelo autor².

3.2.2. Procedimento Operacional Padrão (POP)

O Procedimento Operacional Padrão (POP) é uma ferramenta que estabelece a padronização de atividades repetitivas, apresentando melhores práticas, comportamentos mais seguros e lucrativos.

É parte de um manual fornecido pela empresa e pode ser usado como base de treinamento de novos colaboradores e central de dúvidas, deve ser atualizado sempre que necessário. Além disso, o POP serve de material para auditorias de qualidade, fornecendo questionamentos precisos e técnicos pertinentes a realização da tarefa (ASSIS *et al*, 2023; DUARTE, 2005).

² Adaptado de Campos (2005)

O material deve ser elaborado de forma simples e objetiva, possibilitando fácil entendimento do “o quê, como e quando” realizar aquela atividade além de identificar a ordem em que deve ser feita (ASSIS *et al*, 2023), minimizando a ocorrência de desvios. Para um processo bem executado, os resultados são mais previsíveis e ocorrem menos variações indesejadas, mesmo com a ausência prevista ou não do funcionário responsável por ele (DUARTE, 2005).

De acordo com Bunn, Santana (2019), os itens necessários para a elaboração de um POP são os seguintes:

- Identificação da atividade a ser executada;
- Identificação e assinatura dos responsáveis, juntamente com data de elaboração, revisão e aprovação do documento;
- Número da versão atual;
- Número do documento (de acordo com o Sistema de Qualidade da empresa);
- Sequenciamento de páginas;
- Objetivo do POP;
- Documentos de referência (normas, manuais, outros POPs, códigos);
- Local de aplicação do documento;
- Legenda de siglas, caso sejam utilizadas;
- Descrição das etapas da tarefa com especificação do executante e seus responsáveis;
- Fluxogramas, figuras, imagens relativas à tarefa, quando necessário;
- Local onde o documento deve ser armazenado e quem é o responsável pela guarda e atualização;
- Frequência de atualização;
- Informar se o documento será armazenado digitalmente ou de forma impressa;
- Nome do gestor e responsável pelo POP.

3.2.3. 5 Por quês

O método dos 5 por quês, que é uma abordagem científica para identificação da causa de um problema, na qual repete-se a pergunta “por que” em média cinco vezes para chegar à origem daquela situação e tomar ações efetivas (OHNO, 1997, COSTA, MENDES, 2018).

As etapas desse método nos permitem identificar o que ocorreu, o motivo e o que fazer para que a possibilidade de ocorrer novamente seja reduzida. Para isso, Weiss (2011), citado por Costa, Mendes (2018), apresenta os passos necessários para aplicação da ferramenta:

- a. Identificar a situação a ser entendida (problema);
- b. Questionar a veracidade da afirmação anterior;
- c. Para a razão que explica a veracidade da afirmação, perguntar por que mais uma vez;
- d. Continuar questionando o por quê até que não seja possível mais questionamentos;
- e. Ao fim dos “por quês” a causa raiz foi identificada;

3.2.4. Projeto de Layout

O projeto de *layout* de um ambiente de trabalho deve buscar a melhor organização para todos os elementos, refletindo de forma visual a relação entre as atividades principais e secundárias, de forma que estejam integrados e harmonizados, trazendo assim, máximo rendimento no menor tempo possível, com aumento do lucro e segurança aos colaboradores (FIGUEIREDO, 2016).

O planejamento das instalações de uma empresa apresenta os pontos mais importantes daquela tarefa detalhadamente, além de identificar quais atividades podem ser desenvolvidas ali. Deve considerar custo, flexibilidade, segurança, condições de trabalho, de controle e qualidade para o processo produtivo, e ser compatível com o ambiente competitivo em que está inserido (NEUMANN, SCALICE, 2015).

De acordo com Borda (1998) e Camarotto (1998), citados por Figueiredo (2016), devem ser levados em consideração os seguintes princípios:

- Integração – os elementos devem estar interligados, sejam eles diretos ou indiretos, de forma que a falha em um, resulta em uma falha geral. A integração entre eles deve ser bem realizada para que a eficiência da produção aumente;
- Mínima distância – proximidade entre os elementos, evitando deslocamentos desnecessários e, conseqüentemente, custos;
- Obediência ao fluxo de operações – deve-se dispor todos os elementos de forma que a ordem de produção seja respeitada e o fluxo se mantenha sequencial, eliminando obstáculos;
- Uso das três dimensões – visualização total do espaço utilizado e do volume que materiais, operadores e maquinários ocuparão naquele local;
- Satisfação e Segurança – o *layout* deve garantir qualidade de trabalho e baixo riscos. Elementos como cores, ordem, limpeza e iluminação, contribuem com a produtividade dos funcionários;

- Flexibilidade – o projeto de *layout* fornecido, deve levar em conta as mudanças que ocorrem no mercado ao longo do tempo; logo, deve ter espaço para alterações e adaptações para se manter sempre atual.

Para melhor desenvolvimento de um projeto de *layout*, Tompkins *et al* (2010) cita o procedimento de Muther, o *Systematic Layout Planning* (SLP) (Figura 2), um método existente para auxiliar na otimização de um *layout* preexistente, deixando próximas as áreas de trabalho com maior frequência de uso. Espera-se que esse método crie o fluxo mais rápido e lucrativo, com o menor custo de implantação (SUHARDINI *et al*, 2017).

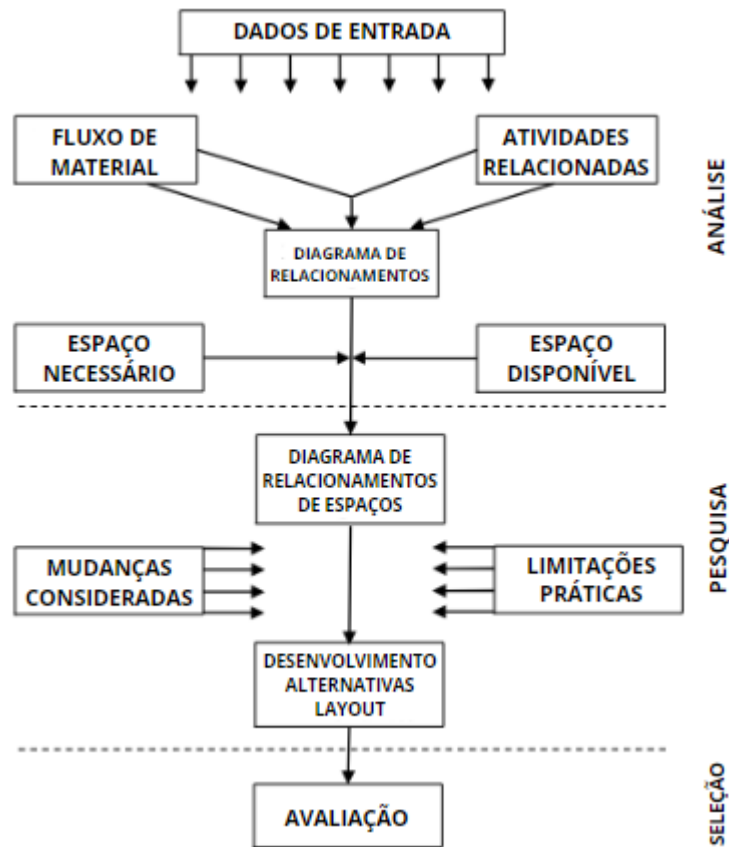
De acordo com Suhardini *et al* (2017), o SLP é dividido em quatro passos.

- a. Determinação da localização onde será implementado o *layout*;
- b. Desenvolvimento do *design* geral da instalação;
- c. Determinação do *design* detalhado do *layout*;
- d. Preparação e execução do projeto.

Além disso, Suhardini *et al* (2017) ainda cita que para o desenvolvimento seguindo esse método, são necessárias informações das cinco categorias a seguir:

- a. Produto (P) – material ou serviço oferecido;
- b. Quantidade (Q) – volume produzido;
- c. Rota (R) – ordem de produção;
- d. Serviço (S) – serviços secundários, de suporte à atividade principal;
- e. Tempo (T) – qual o tempo em que o componente foi produzido e qual máquina foi utilizada naquele momento.

Figura 2 – Procedimento do SLP



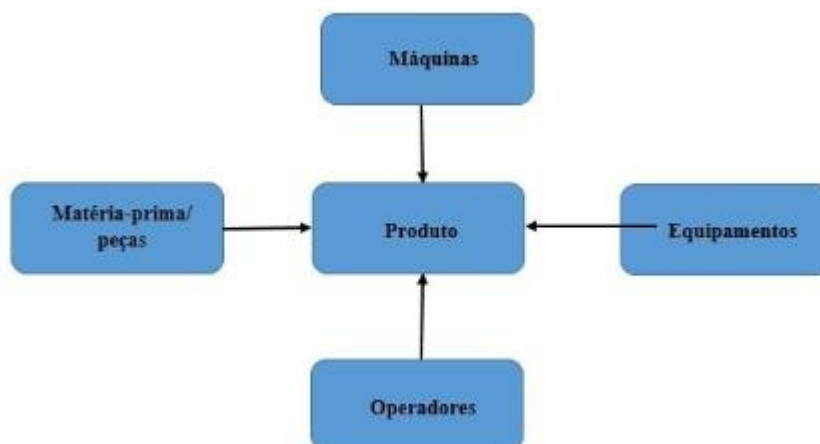
Fonte: Adaptado pelo autor³.

Existem diversos tipos de *layout* e cada um deles define a formatação do local de trabalho levando em consideração o processo produtivo empregado naquela empresa. Os tipos mais comuns são quatro: posicional, por processo, celular e por produto (NEUMANN, SCALICE, 2015).

Para o atual trabalho, é analisado o tipo posicional, sendo este o utilizado pela empresa no processo do estudo. Neste tipo de *layout* o produto final não pode ser facilmente deslocado, portanto, os recursos, serviços e operadores se deslocam até ele (SOUSA, 2019).

³ Adaptado de Suhardini *et al* (2017)

Figura 3 – Esquema *Layout* Posicional



Fonte – Sousa (2019).

Neumann e Scalice (2015), apresentam vantagens e desvantagens do uso desse tipo de *layout*, descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Vantagens e Desvantagens do *layout* posicional

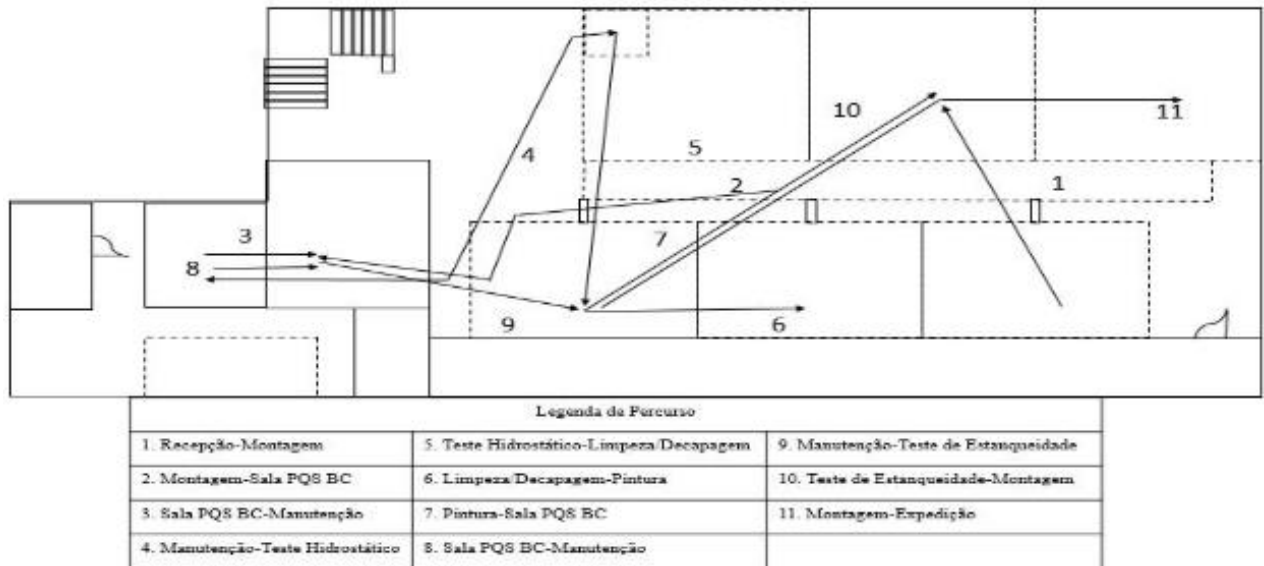
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> · Melhor planejamento e controle do trabalho, dado que tudo está orientado para um único objetivo; · Alta flexibilidade de mix de produtos e processos; · Alta variedade de tarefas para a mão de obra; · Permite enriquecimento de tarefas; · Favorece trabalhos em times; · Centros de trabalho quase autônomos; · Rapidez; · Pequena movimentação de materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> · Programação do espaço ou atividade pode ser complexa; · Grande necessidade de supervisão; · Grande movimentação de equipamentos e mão de obra especializada, gerando custos elevados; · Falta de estruturas de apoio, tais como energia elétrica e água; · Posicionamento de equipamentos e pessoas pode ser inseguro, não ergonômico ou pouco prático; · Baixa utilização de equipamentos gerando custos elevados.

Fonte – Adaptado pelo autor⁴.

O desenvolvimento do *layout* posicional, pode ser auxiliado por duas ferramentas: o Diagrama de processos e o Mapa fluxograma. O diagrama apresenta a sequência de execução das atividades, fluxo de materiais e movimentações de pessoas. Já o mapa fluxograma apresenta a movimentação física de pessoas e materiais ao desenhar, sobre o mapa do ambiente de trabalho, a rota a ser percorrida (exemplo apresentado na Figura 4) (SOUSA, 2019). Para a preparação do equipamento para aplicação de chapisco, é utilizado apenas o mapa fluxograma.

⁴ Adaptado de Neumann e Scalice (2015), p.116

Figura 4 – Exemplo Mapa fluxograma



Fonte – Sousa (2019).

3.2.5. *Kaizen*

Kaizen busca solucionar problemas, com abordagens práticas e pequenas mudanças, de maneira contínua, a fim de maximizar produção e rentabilidade, a baixos custos, e exigindo comprometimento da equipe como um todo. É entendido, da filosofia *Kaizen*, que nenhum processo é perfeito, que sempre pode ser revisto e aperfeiçoado, é a melhoria contínua (DIMUTRESCU, 2018).

Para uma boa aplicação do *Kaizen* dentro da instituição, é necessário seguir os 10 princípios a seguir, citados por Olini *et al* (2016):

- a. Tomar atitudes quanto aos desperdícios;
- b. As melhorias devem ser graduais e contínuas, não uma ruptura pontual;
- c. Todos devem se envolver, desde gestores à operação;
- d. A metodologia espera que a melhoria seja realizada sem altos investimentos, mantendo o baixo custo;
- e. Deve ser aplicada em todo lugar;
- f. Tem base de gestão visual e transparente (os problemas e desperdícios são visíveis a todos);
- g. A atenção é focada onde o valor é gerado;
- h. Os processos são orientados;

- i. O maior esforço de melhoria deve vir de novas mentalidades e estilo de trabalho das pessoas (trabalho em equipe, cultivo de sabedoria, autodisciplina, prática de sugestões pessoais ou em grupo);
- j. O lema da aprendizagem organizacional é aprender fazendo.

Existem três segmentos para o *Kaizen*, sendo estes: para a administração, para o grupo, para a pessoa. O primeiro exige trabalho em grupo, uma vez que pessoas de diferentes setores são envolvidas no projeto, passando por todos os processos da empresa, desde a forma de trabalho do operário, possibilidade de melhoria no local e nos equipamentos, chegando as soluções para melhorias de sistemas e procedimentos.

O segundo, para o grupo, pode ter caráter permanente ou temporário. O permanente deve ser alinhado ao PDCA, onde o grupo deve identificar os problemas em seu ambiente de trabalho, e suas causas, assim analisando e implementando nova padronização de processos. Já para o temporário, os grupos são formados com objetivos específicos e se desfazem ao finalizar o procedimento.

Por fim, o terceiro, para pessoa, o colaborador oferece soluções para seu trabalho, gerando um funcionário empenhado e mais suscetível a aceitar mudanças e melhorias indicadas à sua atividade. A administração usa esse método como incentivo para formar um funcionário ativo, sempre pensando em como melhorar seu trabalho (OLIANI *et al*, 2016).

Como visto anteriormente, a manutenção do *Kaizen* pode se apoiar na junção com o Método de Melhorias, o PDCA, que é o gerenciamento dos processos de forma que se garanta o atingimento das metas especificadas pelo *Kaizen*.

PDCA é a sigla para, em seu idioma de origem, *Plan, Do, Check e Act* (Planejar, Fazer, Checar, Agir), conforme Figura 5. É um modelo cíclico, onde o fim de um ciclo se dá no início do próximo, integrando-se ao conceito do *Kaizen*, no qual todos os processos podem ser melhorados. A complexidade das melhorias pode crescer com o aproveitamento do conhecimento adquirido no processo anterior (ver Figura 6) (ANDRADE, 2003).

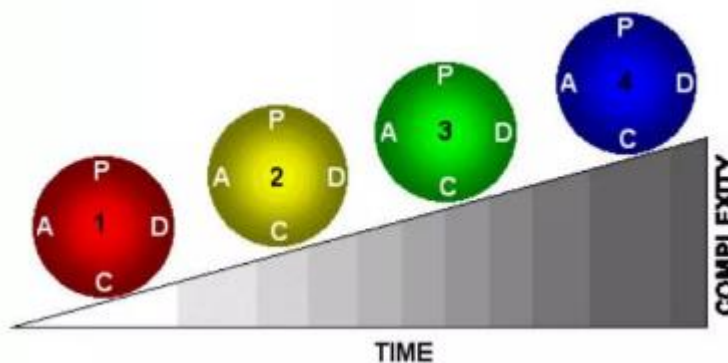
- P (Planejar) – desenvolvimento de planos de ação para atingimento das metas;
- D (Fazer) – prática dos planos desenvolvidos;
- C (Verificar) – analisar se a implementação dos planos foi bem sucedida;
- A (Agir) – implementação de ações corretivas e padronização de novos procedimentos.

Figura 5 – Esquema ciclo PDCA



Fonte – Elaborado pelo autor.

Figura 6 – Esquema rampa de melhoria com PDCA



Fonte – Andrade (2003).

3.3. SSMA

As estratégias, metas e princípios de toda empresa, devem estar alinhadas com a segurança e saúde de seus empregados, e com práticas de proteção ao meio ambiente. Os processos realizados pela empresa devem garantir bem-estar físico, psicológico e social a todos os colaboradores, por meio de programas de medicina ocupacional preventivos, de recuperação e de reabilitação.

Além disso, a segurança ao desenvolverem suas atividades, também é um ponto de atenção. É necessário a observação das tarefas, identificando situações de riscos e atos inseguros dentro das rotinas e particularidades de cada colaborador, para que sejam tomadas ações de prevenção comunicadas ao funcionário. Nota-se que um ambiente de trabalho seguro é de responsabilidade da empresa e de suas diretrizes (devem estar de acordo com a legislação vigente).

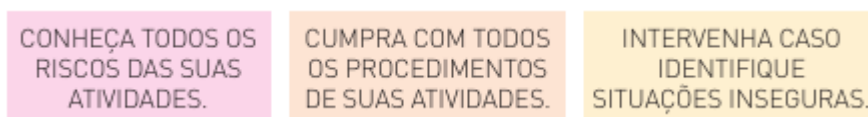
Por fim, tem-se o meio ambiente, que pode ser interno (local de trabalho) ou externo. Promover um ambiente interno saudável e sem agentes poluidores, contribui com boas condições não só para os colaboradores, mas para o meio externo. O meio ambiente tratado no SSMA,

contempla todo o meio no qual o funcionário está inserido (social, econômico, político, etc.); logo, todas as estratégias deste programa, visam benefícios gerais que impactam diretamente sua competitividade no mercado, uma vez que age diretamente em seus recursos.

A sustentabilidade visa o equilíbrio desses três segmentos, bem como sua manutenção ao longo do tempo, beneficiando a geração atual e as futuras. Busca um bom aproveitamento de recursos financeiros (infraestrutura, lucratividade, qualidade dos produtos e serviços), ambientais (gestão da utilização de recursos renováveis ou não e dos impactos gerados) e sociais (segurança do trabalho, saúde ocupacional, direitos humanos) (DE OLIVEIRA, 2022).

A Raízen busca criar um ambiente seguro e saudável a seus colaboradores; logo, adota algumas práticas, apresentadas nas Figura 7.

Figura 7 – Práticas de SSMA Raízen



Fonte – Raízen (2024).

Além disso, implementa o programa SIGO (Sistema Integrado de Gestão das Operações), que estabelece as diretrizes mínimas de SSMA para empresas contratadas, de forma que controle riscos durante as prestações de serviço. O esquema do programa é apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Esquema de aplicação do SIGO



Fonte – Raízen (2024).

No qual:

1. Todos são responsáveis pela segurança das operações, cuidando daqueles relacionados direta ou indiretamente a atividade. Também são responsáveis pela instrução das medidas de segurança que devem ser adotadas e que serão observadas durante o processo;
2. Identificação e gerenciamento de riscos para evitar acidentes;
3. Todos devem conhecer e respeitar a legislação vigente além de controlar e atualizar os documentos necessários;
4. Os trabalhadores devem estar aptos para prestar o serviço (devidamente treinados);
5. Práticas e procedimentos para execução do serviço devem ser conhecidas e respeitadas, serviços com alto risco exigem autorização especial para ser executados (PS – Permissão de Serviço);
6. Estabelecimento de diretrizes SSMA para serviços contratados;
7. Processos para comunicação, análise e investigação de acidentes (integridade das operações e tomada de ações preventivas com o aprendizado pelos eventos relatados);
8. Preparação para situações de emergência, de forma a proteger as pessoas, comunidades do entorno, do meio ambiente, dos ativos e da reputação da Raízen;
9. Avaliação do cumprimento das expectativas e diretrizes do SSMA para promoção da melhoria contínua no programa e nas empresas contratadas.

Ao final da implementação de todas as ferramentas descritas no item 3, as melhorias são analisadas e seus impactos observados. Todo processo é finalizado com a transformação de um *Kaizen* em um *Yokoten*, ou seja, todo o conhecimento que trouxe benefício à atividade estudada é compartilhado, de forma que o processo possa ser utilizado em todas as filiais da empresa, padronizando a atividade a nível macro.

4. Apresentando a empresa

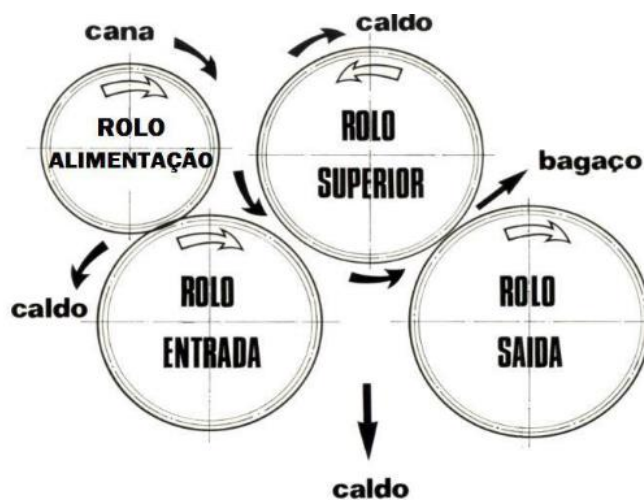
4.1.Descrevendo a empresa

A Raízen é uma empresa presente em todo o território brasileiro, com filiais na Argentina e no Paraguai, sendo a filial de Paraguaçu Paulista – SP o foco de estudo deste trabalho. Atua em todas as etapas do processo sucroalcooleiro, desde o cultivo da cana, produção de açúcar, do etanol e de bioenergia, até a comercialização, logística e distribuição de combustíveis. Atualmente, é pioneira na produção de E2G (Etanol de segunda geração), produzido a partir do bagaço residual da produção de etanol da primeira geração.

4.2.Moenda

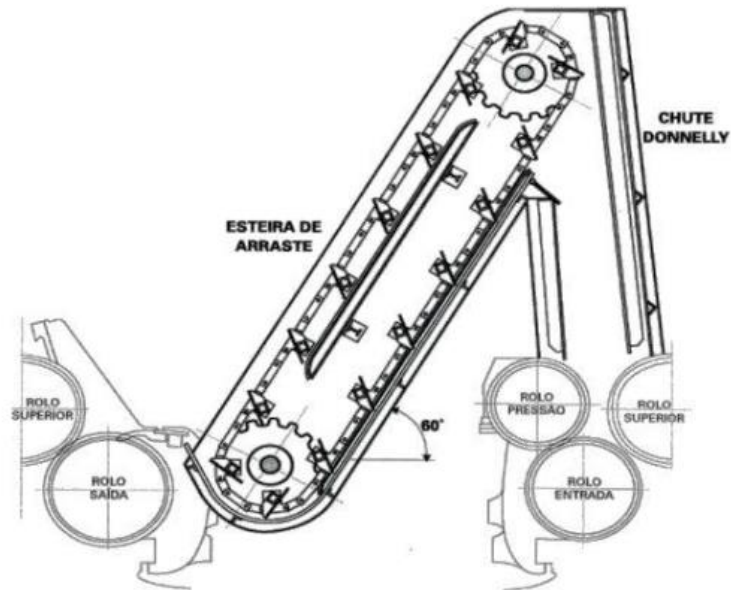
A moenda é responsável pelo processo de extração do caldo da cana-de-açúcar pela passagem sucessiva da matéria prima entre os rolos dos ternos da moenda. Os ternos são formados por quatro cilindros dispostos de forma que a cana seja esmagada ao passar por eles, conforme a Figura 9. Entre os ternos existe uma esteira, como mostra a Figura 10, levando a cana de um terno a outro (CASTRO *et al*, 2018).

Figura 9 – Sistema de rolos da moenda



Fonte – Castro *et al* (2018).

Figura 10 – Esteira de arraste intermediário

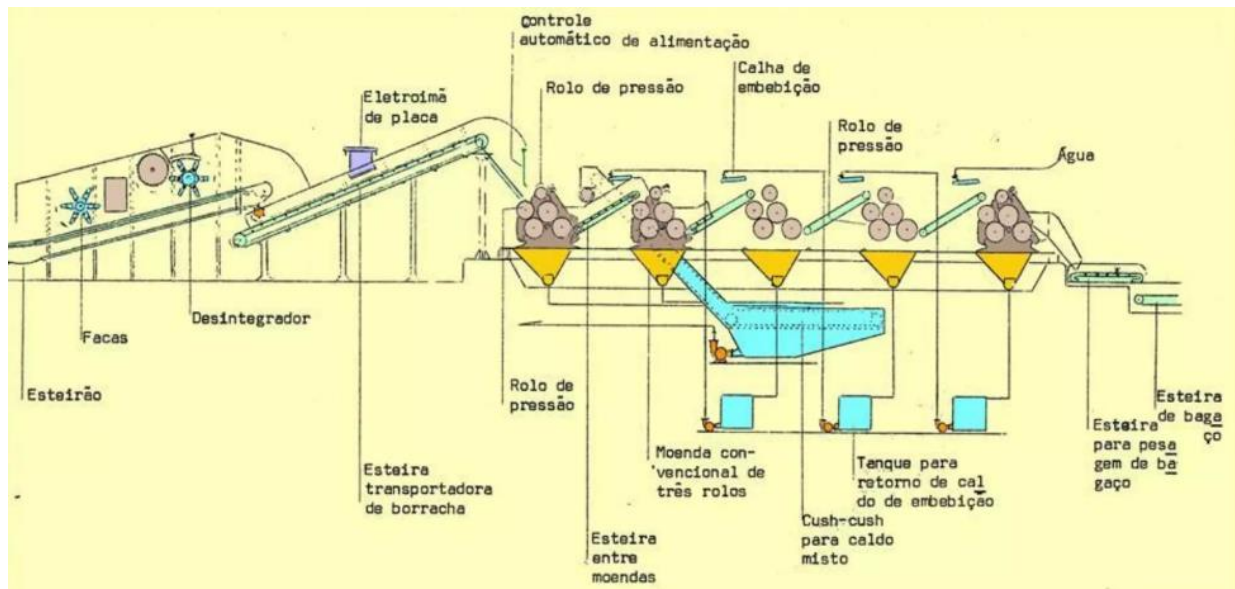


Fonte – Castro *et al* (2018).

Antes de passar pelos rolos, a cana é preparada, passa por uma esteira, onde é lavada (para retirada de qualquer impureza como terra ou areia e garantir melhor qualidade do caldo extraído), picada e desfibrada (prensada sucessivamente por uma placa fixa), além disso, passa por um eletroímã para que qualquer partícula ferrosa possa ser removida, não danificando o equipamento (Figura 11).

A cana é, então, direcionada ao primeiro terno, onde é moída por rolos dentados e extraído o caldo. O bagaço é direcionado ao próximo terno pelas esteiras de arraste e o processo é repetido por 4 a 6 vezes (a depender da quantidade de ternos) até a finalização da extração de seu caldo e direcionamento do bagaço seco a caldeira para incineração ou à produção de E2G (Figura 11).

Figura 11 – Sequência percorrida pela cana no setor de extração do caldo



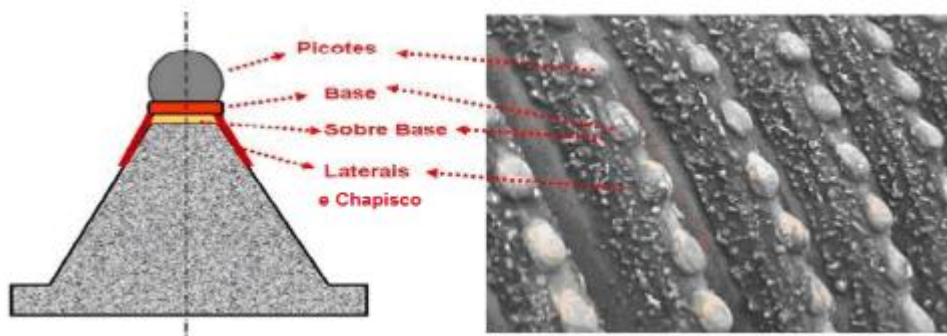
Fonte – Cruz (2022).

Nota-se que a os rolos da moenda estão sujeitos a um meio agressivo e de grandes tensões e, por isso, em suas ranhuras (dentes) é aplicada, por soldagem, uma camada de revestimento duro, o chapisco (ver Figura 12), visando a proteção da camisa da moenda contra o desgaste e o aumento da produção, uma vez que aumenta o atrito entre rolo e cana-de-açúcar.

O chapisco possui duas fases de aplicação, a primeira como preparação da moenda para a safra. Esta ocorre ao final de cada safra, onde as camisas de ferro da moenda passam por usinagem e as camadas antigas de chapisco são retiradas e o novo revestimento é aplicado. Este processo ocorre de três a cinco vezes e o rolo não pode perder suas dimensões mínimas para resistência e funcionalidade.

A segunda fase consiste na aplicação do revestimento durante toda a safra enquanto a moenda está em operação para garantir que os rolos possuam capacidade máxima de produção e proteção contra o desgaste (MURAD, 2015).

Figura 12 – Aplicação do chapisco nas ranhuras dos rolos da moenda



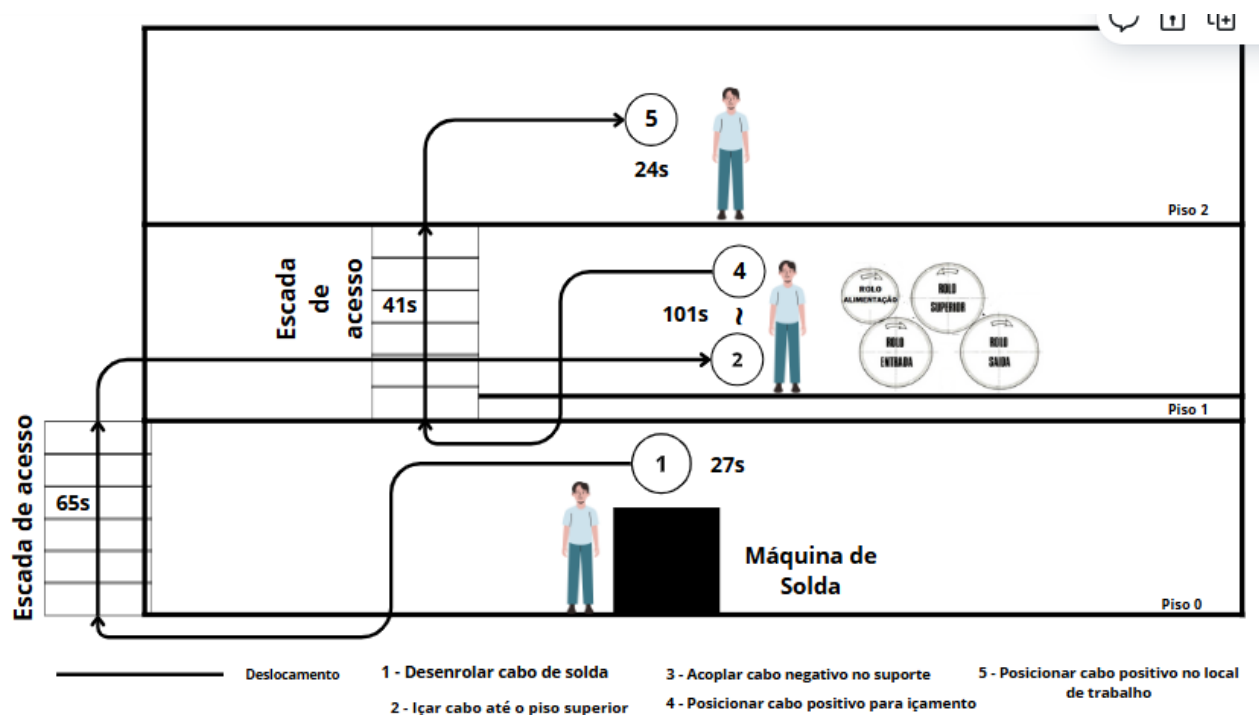
Fonte – Murad (2015).

Durante a análise do processo, observou-se que a preparação do equipamento para aplicação do chapisco apresentava riscos aos soldadores, além de problemas com *layout*, local de armazenamento de materiais e ferramentas inadequadas. Para tanto, este processo de identificação é estudado, bem como as melhorias propostas com o material fornecido pela equipe Ser+ (setor responsável pelos projetos de melhoria e fiscalizador da implementação do pensamento *Lean* dentro da empresa).

4.3. Layout

O *layout* da linha de preparação do equipamento para chapisco (Figura 13) considera locais de execução das atividades e de armazenamento dos materiais. É um processo realizado manualmente, uma vez por turno, pelo operador responsável. É uma atividade de criticidade alta, exigindo atenção constante na segurança e nos parâmetros de operação e procedimento de soldagem.

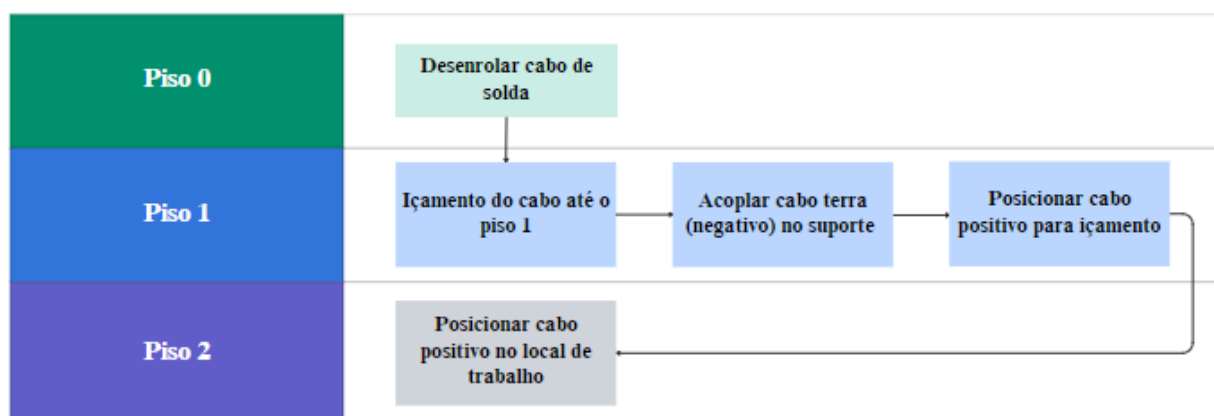
Figura 13 – Layout, mapa fluxograma e tempo decorrido da preparação do equipamento para chapisco no início do projeto



Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

Na Figura 14 é fornecida a descrição das atividades apresentadas na Figura 13 para melhor entendimento do fluxo de trabalho.

Figura 14 – Diagrama do fluxo de trabalho



Fonte – Elaborado pelo autor.

4.4. Equipamento

Nesta seção são tratados os equipamentos e procedimentos utilizados na preparação do equipamento para chapisco. Inicialmente, o operador deve desenrolar os cabos, armazenados sobre a máquina de solda, e prepara-los para içamento aos pisos superiores (Figura 15).

Figura 15 – (a) máquina de solda protegida pelo telhado (b) cabos armazenados sobre a máquina



Fonte - Fornecido pela empresa.

O operador deve dirigir-se ao piso 1, onde irá puxar o cabo negativo completamente e engatá-lo ao eixo do rolo que será soldado, a fim de aterrar o mesmo e proteger o colaborador de possíveis acidentes (Figura 16). Dessa forma, o chapiscador também prepara o cabo positivo para içamento ao piso 2 (Figura 17).

Figura 16 – (a) Içamento do cabo negativo (b) cabo engatado ao rolo que será soldado



Fonte – fornecido pela empresa.

Figura 17 – Preparação do cabo positivo para içamento ao piso 2



Fonte – Fornecido pela empresa.

O cabo positivo é o utilizado para a aplicação do chapisco, esse é conectado a um bastão de material isolante, onde está inserido o alicate de solda no qual é preso o eletrodo, representados, respectivamente, pelas setas vermelha, verde e amarela na Figura 18.

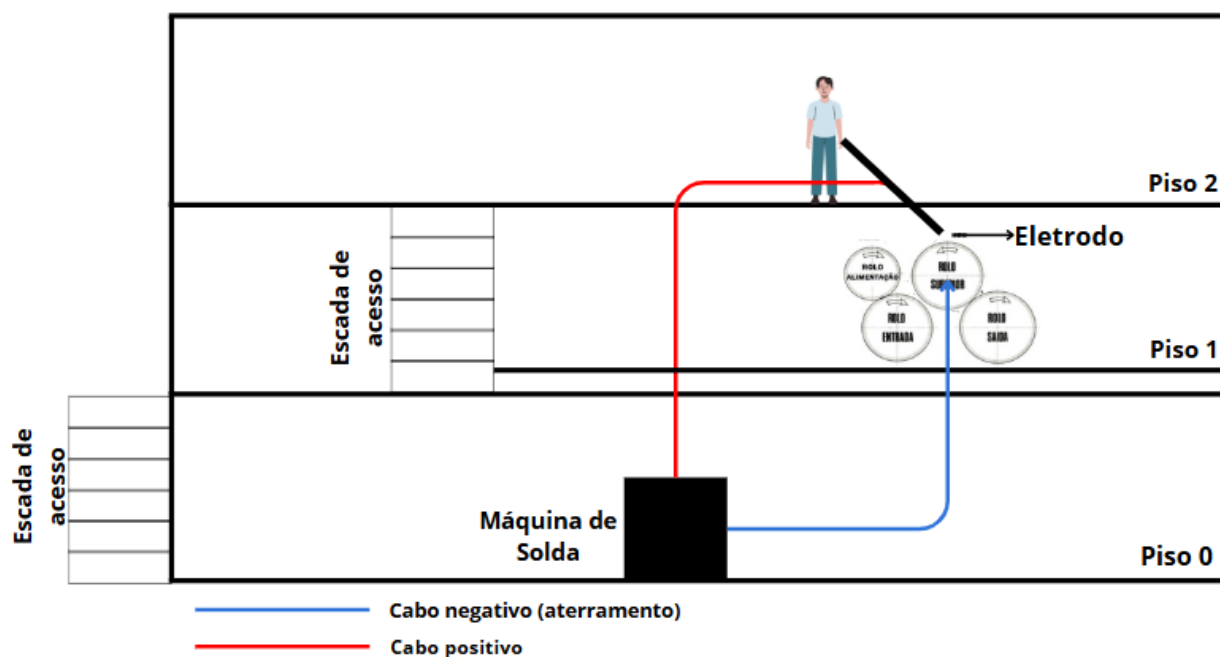
Figura 18 – Bastão isolante com alicate e eletrodo instalados



Fonte – Fornecido pela empresa.

Como o processo é realizado enquanto a moenda está em funcionamento, o colaborador deve aplicar a solda conforme normas de segurança da empresa, este é o motivo pelo qual o cabo positivo está conectado à um bastão isolante, para que ele consiga alcançar o local da solda, conforme exemplificado na Figura 19.

Figura 19 – Exemplificação da aplicação do chapisco



Fonte – Elaborado pelo autor.

5. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido sobre a planta da moenda de Paraguaçu Paulista – SP da empresa Raízen. O foco foi o estudo de desperdícios e riscos encontrados no processo de preparação do equipamento para aplicação do chapisco nos rolos da moenda, e nas melhorias promovidas pela equipe Ser+. O trabalho pode ser considerado um estudo de caso de abordagem qualitativa e exploratória.

Foi exigido observação e compreensão do processo de moagem da cana de açúcar e da preparação do equipamento para desacelerar o desgaste do maquinário, além da observação das condições de trabalho antes e depois das melhorias, a fim de identificar os problemas e quais seriam as melhores soluções para eles (PDCA).

Daí, o trabalho foi dividido em quatro etapas:

a. Entendimento do processo da moagem da cana de açúcar:

Nesta etapa, buscou-se informações a respeito do processo de moagem, como é feita, para que serve, de forma a entender o *layout* utilizado, a utilidade do chapisco e qual o método de preparação da atividade, além de identificar o grau de complexidade e de segurança do processo. Neste item, foi possível a identificação de desperdícios e riscos à segurança dos colaboradores.

b. Análise dos problemas encontrados:

Na segunda etapa, analisou-se quais eram os pontos de melhoria da atividade, que passaram por análise para identificação da causa desses problemas (5 por quês). Além disso, foi realizado estudo do tempo demandado para exercício do processo e, para isso, foram utilizadas as ferramentas POP e projeto de *layout* (mapa fluxograma), identificando os locais de execução dos processos e o tempo exigido em cada etapa da atividade.

c. Elaboração de soluções

Na terceira etapa, a equipe Ser+, responsável pelos processos de melhoria, em conjunto com o setor da moenda e de Segurança do Trabalho, propuseram soluções para as situações identificadas no item anterior, levando em consideração a complexidade da medida, a viabilidade de implementação e os resultados esperados.

d. Implementação das melhorias

Nesta última e quarta etapa, requisitou-se os materiais necessários para implementação das melhorias, assim como realizou-se suas implementações de forma que se minimizassem os impactos na produção.

Importante ressaltar que todas as melhorias implementadas foram concebidas de acordo com o bem estar dos colaboradores, discutidas com a equipe e promovidos os treinamentos quando necessário, de forma que o novo exercício da atividade fosse bem executado; além de ser desenvolvidas em conjunto com as ferramentas 5S e Kaizen, para que o novo projeto garantisse um ambiente organizado, limpo e seguro, implementando-as a cultura da organização.

6. Análise e discussão de Resultados

6.1. Estudo inicial da preparação do maquinário para chapisco

6.1.1. Desperdícios Encontrados

Durante o estudo inicial do processo de preparação do equipamento para chapisco, foi possível a identificação de pontos de melhoria no exercício da atividade. No Quadro 3 estão identificados e classificados os desperdícios encontrados, conforme seção 3.1.1.

Quadro 3 – Desperdícios observados

Nº	Desperdícios	Classificação
1	Necessidade diária de desenrolar cabo negativo (posicionado sobre a máquina de solda no piso 0) para deslocamento até o piso 1	Movimentação
2	Passagem entre os ACIPs ⁵ da moenda liberado	Movimentação
3	Uso do vergalhão para apertar eletrodo de chapisco no alicate de solda	Defeito
4	Colaborador é obrigado a deslocar todo o cabo positivo até o local da atividade	Movimentação
5	Operadores de chapisco parados nos demais postos de trabalho aguardando finalização de DDS pelo gestor	Espera
6	Operadores e gestor definem no dia quem era o responsável pelo DDS	Espera

Fonte – Dados cedidos pela empresa.

Os desperdícios destacados no Quadro 3 passaram pela análise dos 5 por quês, em busca de suas causas e, assim, foram identificadas novas situações passíveis de modificação (Quadro 4).

⁵ Acoplamento flexível da moenda

Quadro 4 – Situações identificadas com a aplicação dos 5 Por quês

O QUE?	POR QUE	POR QUE
1	Movimentação desnecessária, risco de acidentes devido ao telhado de proteção da máquina de solda, ambiente desorganizado	Cabo negativo não tem um local específico para ser armazenado da forma correta
2	Movimentação desnecessária, risco de acidentes devido à exposição do colaborador a peças móveis da moenda, além da possibilidade de rompimento da eslinga ⁶	Não foi realizada instalação de alteradores de rota que restringem o acesso àquele local
3	Risco de acidentes e de falha na fixação do eletrodo	Não há chave adequada para execução da atividade
4	Risco de esmagamento e perda de tempo deslocando todo o fio ao local da atividade	Não foi realizada a instalação de um engate rápido no cabo positivo
5	Colaboradores ociosos	Não foi realizada a verificação de possibilidade de alteração da ordem da realização das atividades
6	Espera e falta de entendimento do objetivo do DDS pela operação	Não foi realizada organização do responsável do dia pelo DDS a fim de incorporar todos na tarefa

Fonte – Dados cedidos pela empresa.

A identificação das novas situações evidenciada no Quadro 4 comprovou, na prática, como a busca por melhorias é um processo contínuo, no qual o aprimoramento dos processos sempre é possível. Nas Figuras 20 a 23 são identificados, visualmente, os desperdícios e os riscos apresentados nos Quadros 3 e 4.

⁶ Cinta de poliéster instaladas ao ACIP (o conjunto é responsável por evitar a sobrecarga, garantir o alinhamento e absorver o choque provocado pelo ligamento das máquinas)

Figura 20 – Causas de desperdício e riscos da situação 1 (a) Cabo negativo armazenado e enrolado sobre máquina de solda (telhado de proteção fixado na parede) (b) risco de batidas contra ACIPs (c) risco ergonômico



Fonte – Fornecido pela empresa.

Figura 21 – Ausência de restrição de passagem entre ACIPs da moenda



Fonte – Fornecido pela empresa.

Figura 22 – Uso de vergalhão para apertar eletrodo de chapisco ao alicate de solda



Fonte – Fornecido pela empresa.

Figura 23 – Cabo positivo sem engate rápido (a) cabo usado no exercício da atividade (b) exemplo do cabo utilizado pela empresa.



Fonte – Fornecido pela empresa.

6.1.2. Tempo empregado na atividade

O estudo do tempo gasto na atividade de preparação do equipamento para aplicação do chapisco se constituiu pela cronometragem de cada etapa do processo, avaliando-se os movimentos desnecessários e riscos existentes (Quadro 5).

Quadro 5 – Tempo do ciclo de preparação do equipamento para chapisco

Descrição		Tempo (s)
1	Desenrolar cabo de solda	27
2	Deslocamento até o piso superior 1	65
3	Içar cabo até o piso superior	53
4	Deslocamento com cabo até o local do trabalho	14
5	Acoplar cabo terra (negativo) no suporte	10
6	Deslocamento no piso superior 1	10
7	Posicionar cabo positivo para içamento	14
8	Deslocamento até o piso superior 2	41
9	Posicionar cabo positivo no local de trabalho	24
TOTAL		258

Fonte – Elaborado pelo autor (dados fornecidos pela empresa).

Além da análise do preparo do material, foi realizado estudo das atividades mapeadas para o cargo de Chapiscador, identificando como suas tarefas estão divididas dentro de um turno de 08h e 20 minutos (Quadros 6 a 8).

Quadro 6 – Rotina operacional Chapiscador

Descrição		Tempo	Freq/turno	Tipo	Classificação
1	Aguardando troca de turno	00:20:00	1	Campo	Desperdício
2	DDS	00:16:00	1	SSMA	Não agrega valor
3	Preparação dos dispositivos	00:19:00	2	Campo	Desperdício
4	Aplicação do chapisco no rolo	02:35:00	3	Campo	Agrega valor
5	Descansar e alongar	00:10:00	2	SSMA	Não agrega valor
6	Aplicação do chapisco no rolo	02:35:00	3	Campo	Agrega valor
7	Almoço	01:00:00	1	Campo	Não agrega valor
8	Aplicação do chapisco no rolo	00:40:00	1	Campo	Agrega valor
9	Descansar e alongar	00:10:00	2	SSMA	Não agrega valor
10	Contagem e pesagem das sobras dos eletrodos	00:10:00	1	Campo	Não agrega valor
TOTAL (h mapeadas/turno)		08:15:00			

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

Quadro 7 – Tempo disponível x Tempo mapeado

Tempo total disponível	08:20	100%
Tempo de rotina mapeada	08:15	99,00%
Tempo livre	00:05	1,00%

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

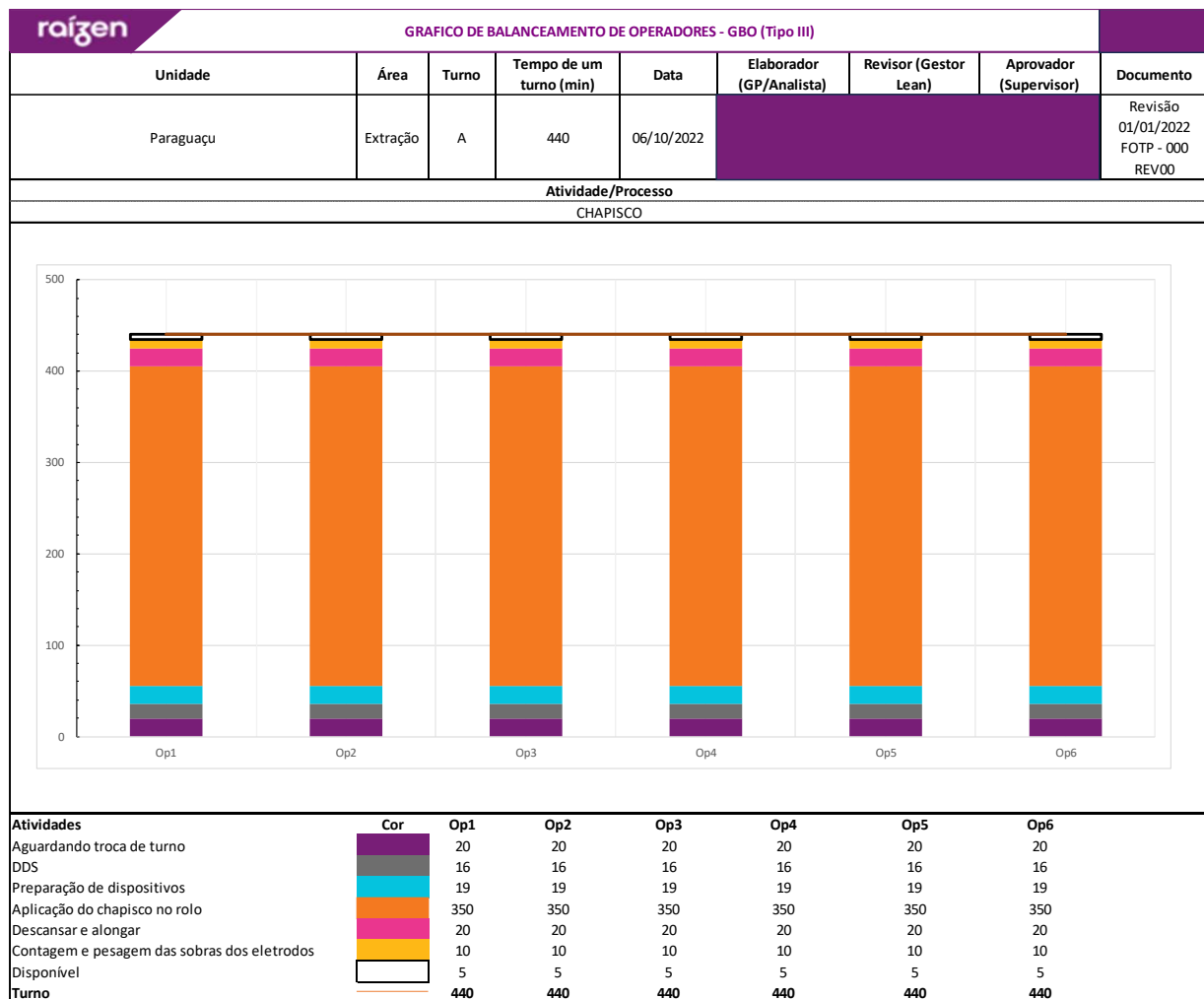
Quadro 8 – Distribuição de tempo de acordo com o tipo de atividade

Tipo de atividade	Comprometido	
	Tempo	%
Administrativo	00:00	0,00%
Campo	07:39:00	92%
SSMA	00:36:00	7%

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

O estudo da distribuição de tempo em cada turno evidenciou os desperdícios mais impactantes dentro do cargo de chapiscador, demonstrados no Gráfico de Balanceamento de Operadores (GBO) (Figura 24).

Figura 24 – GBO



Fonte – Fornecido pela empresa.

6.2. Soluções aplicadas e seus impactos

Após estudo detalhado das atividades exercidas, dando início ao ciclo PDCA, foram propostas melhorias ao processo. As decisões foram tomadas em conjunto com o gestor,

operadores do setor de extração e o setor de Segurança do Trabalho da empresa, respeitando a filosofia *Lean* e suas ferramentas, em especial 5S, *Kaizen* e PDCA.

Nem sempre é possível a aplicação na totalidade das ferramentas apresentadas na Revisão Bibliográfica, entretanto, todos os conceitos foram respeitados. A seguir, nos Quadros 9 e 10, são apresentadas as soluções e os retornos obtidos para os pontos apresentados nos Quadros 3 e 4.

Quadro 9 – Melhorias propostas

Kaizen	Desperdício identificado	Antes	Depois
1	Movimentação	Cabo negativo no Piso 0, enrolado sobre a máquina de solda, sendo necessário desenrolar diariamente e levado até o piso 1 da moenda	Cabo negativo no Piso 1 da moenda, enrolado e suporte apropriado e específico
2	Movimentação	Não havia restrição de passagem entre ao ACIPs da moenda	Instalada restrição de acesso, alterando rota de passagem
3	Defeito	Colaborador utiliza vergalhão para apertar eletrodo de chapisco no alicate de solda	Colaborador tem chave adequada e específica para fixação do chapisco
4	Movimentação	Cabo positivo não possui engate rápido, colaborador precisa deslocar todo o cabo até o local da atividade	Cabo positivo com engate rápido, facilitando instalação de dispositivos utilizados na atividade de chapisco
5	Espera	Operadores aguardam a finalização do DDS pelo gestor nos demais pontos de trabalho	Operadores realizam a preparação dos dispositivos de chapisco antes da realização do DDS (de acordo com a Segurança do Trabalho da Unidade)
6	Espera	Operadores junto ao gestor definiam quem faria o DDS no dia	Criação de escala para aplicação do DDS, assim todos participam e realizam a leitura de forma ativa

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

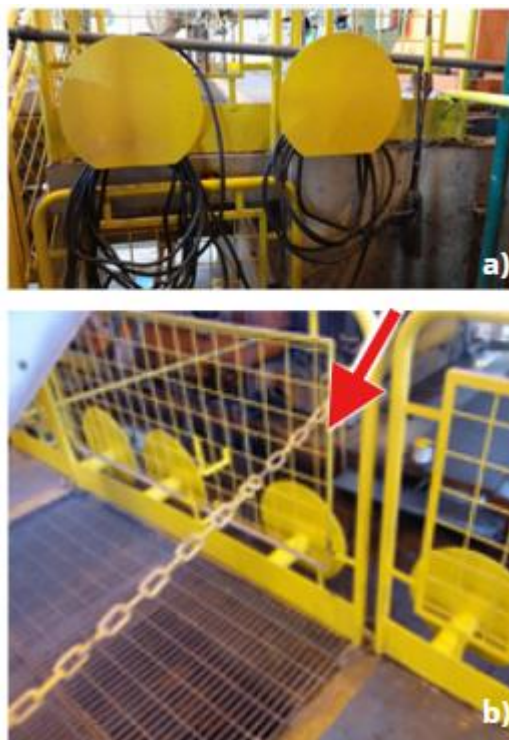
Quadro 10 – Retorno das melhorias propostas

Kaizen	Retorno					Ganhos
	Segurança	Qualidade	Custo	Eficiência	Mão de obra	
1	x	x		x		Eliminação de processos de trabalho com risco de prensagem, riscos ergonômicos e de batidas (não há mais deslocamento próximo aos ACIPs), padronização 5S, eliminação de deslocamentos desnecessários (máquina de solda e içamento do cabo);
2	x					Acesso aos ACIPs restrito, alteração de rota de passagem (cabo armazenado entre ternos), eliminação de risco de acidentes;
3	x			x		Chave específica à atividade com apoio para mãos, elevação do nível de torque (aumento da eficiência do aperto do olhal de fixação do eletrodo);
4	x			x		Eliminação de deslocamentos desnecessários (evita utilização de escada do trajeto para movimentação do cabo positivo), aumento da mobilidade e redução do tempo de preparo do equipamento;
5				x		Redução do tempo de espera (20 min que serão utilizados na aplicação do chapisco);
6				x		Redução do tempo de espera (6 min que serão utilizados na aplicação do chapisco); absorção do tema por todos da equipe;

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

As Figuras 25 a 28, na sequência, apresentam as soluções aplicadas.

Figura 25 – Instalação de suportes para o cabo negativo no Piso 1 da moenda (a) visão frontal (b) visão superior



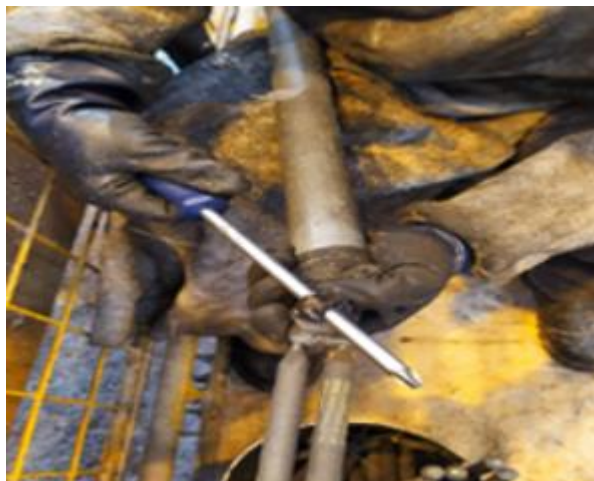
Fonte – Fornecido pela empresa.

Figura 26 – Restrição de acesso aos ACIPs



Fonte – Fornecido pela empresa.

Figura 27 – Ferramenta adequada para fixação de eletrodo de chapisco



Fonte – Fornecido pela empresa.

Figura 28 – Cabo positivo com engate rápido



Fonte – Fornecido pela empresa.

Após implementação da nova padronização, toda a atividade passou por adaptação e foi acompanhada durante um mês. Nesse período, identificou-se expressiva alteração no tempo demandado para a preparação do equipamento para chapisco e, conseqüentemente, na rotina diária do setor, conforme Quadros 11 a 14.

Quadro 11 - Tempo do ciclo de preparação do equipamento para chapisco pós melhorias

Descrição		Tempo (s)
1	Deslocamento até o piso superior 1	23
2	Içar cabo até o piso superior	10
3	Deslocamento com cabo até o local do trabalho	12
4	Acoplar cabo terra (negativo) no suporte	7
5	Deslocamento no piso superior 1	8
6	Posicionar cabo positivo para içamento	36
7	Deslocamento até o piso superior 2	31
8	Posicionar cabo positivo no local de trabalho	21
TOTAL		148

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

Quadro 12 – Rotina operacional Chapiscador pós melhorias

Descrição		Tempo	Freq./turno	TIPO	Classificação
1	Preparação dos dispositivos	00:19:00	2	Campo	Desperdício
2	DDS	00:10:00	1	SSMA	Não agrega valor
3	Aplicação do chapisco no rolo	02:35:00	3	Campo	Agrega valor
4	Descansar e alongar	00:10:00	2	SSMA	Não agrega valor
6	Aplicação do chapisco no rolo	02:35:00	3	Campo	Agrega valor
7	Almoço	01:00:00	1	Campo	Não agrega valor
8	Aplicação do chapisco no rolo	00:40:00	1	Campo	Agrega valor
9	Descansar e alongar	00:10:00	2	SSMA	Não agrega valor
10	Contagem e pesagem das sobras dos eletrodos	00:10:00	1	Campo	Não agrega valor
TOTAL (h mapeadas/turno)		07:49:00			

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

Quadro 13 – Tempo disponível x Tempo mapeado pós melhorias

Tempo total disponível	07:49	100%
Tempo de rotina mapeada	07:49	100,00%
Tempo livre	00:00	0,00%

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

Quadro 14 – Distribuição de tempo de acordo com o tipo de atividade pós melhorias

Tipo de atividade	Comprometido	
	Tempo	%
Administrativo	00:00	0,00%
Campo	07:19:00	94%
SSMA	00:30:00	6%

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

Todos os dados foram compilados em um novo GBO referente à atividade diária do colaborador pós melhorias, apresentado na Figura 29.

Figura 29 – GBO pós melhorias



Fonte – Fornecido pela empresa

Para melhor compreensão e uma análise direta dos resultados obtidos após a implementação da nova padronização, no que diz respeito ao tempo do ciclo de preparação do equipamento para chapisco, reuniu-se os resultados apresentados no Quadro 5 (anterior a implementação) e os apresentados no Quadro 11 (posterior a implementação), os quais são mostrados no Quadro 15.

Quadro 15 - Tempo do ciclo de preparação do equipamento para chapisco antes das melhorias versus pós melhorias.

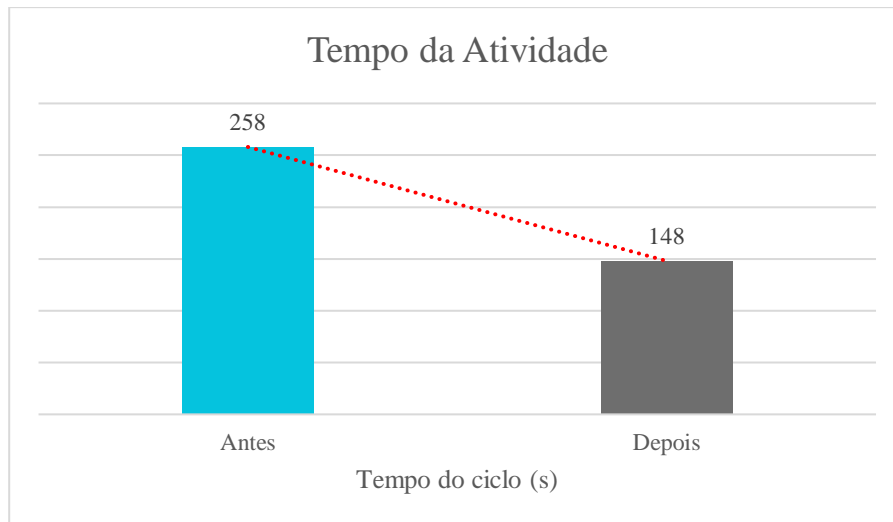
Descrição		Tempo (s)		
		Antes	Pós	Variação
1	Desenrolar cabo de solda	27	0	-27
2	Deslocamento até o piso superior 1	65	23	-42
3	Içar cabo até o piso superior	53	10	-43
4	Deslocamento com cabo até o local do trabalho	14	12	-2
5	Acoplar cabo terra (negativo) no suporte	10	7	-3
6	Deslocamento no piso superior 1	10	8	-2
7	Posicionar cabo positivo para içamento	14	36	22
8	Deslocamento até o piso superior 2	41	31	-10
9	Posicionar cabo positivo no local de trabalho	24	21	-3
TOTAL		258	148	-110

Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa

Cabe ainda ressaltar que no item 7 do Quadro 15 houve um aumento de 22 segundos, porém a implementação aplicada no mesmo foi para promover a segurança dos funcionários envolvidos na realização da tarefa “posicionar cabo positivo para içamento”.

Por fim, ao ser comparados os dados pré e pós melhorias, é possível identificar que o suporte para os cabos, ao evitar movimentação desnecessária do piso 0 ao piso 1. Colocando o cabo no seu local de uso, resultou em uma redução de 110 segundos por ciclo, representando uma economia de 43% do tempo original (Figura 30).

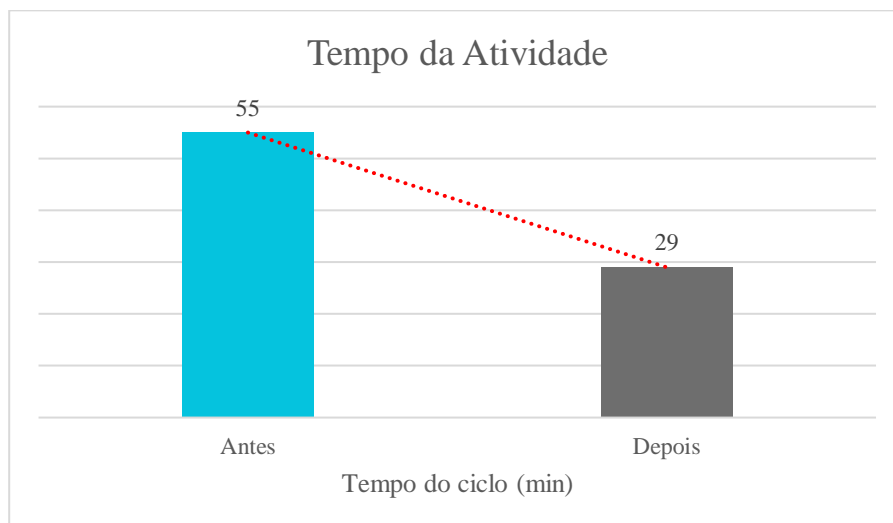
Figura 30 – Redução tempo de atividade referente ao suporte para cabos



Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

A atualização da rotina do DDS, sendo realizado pós preparação dos dispositivos e de acordo com uma escala pré definida, promoveu uma redução de 26 minutos na rotina diária do operador, redução de 47% no tempo utilizado originalmente, sendo possível realocar esse tempo na aplicação do chapisco (Figura 31).

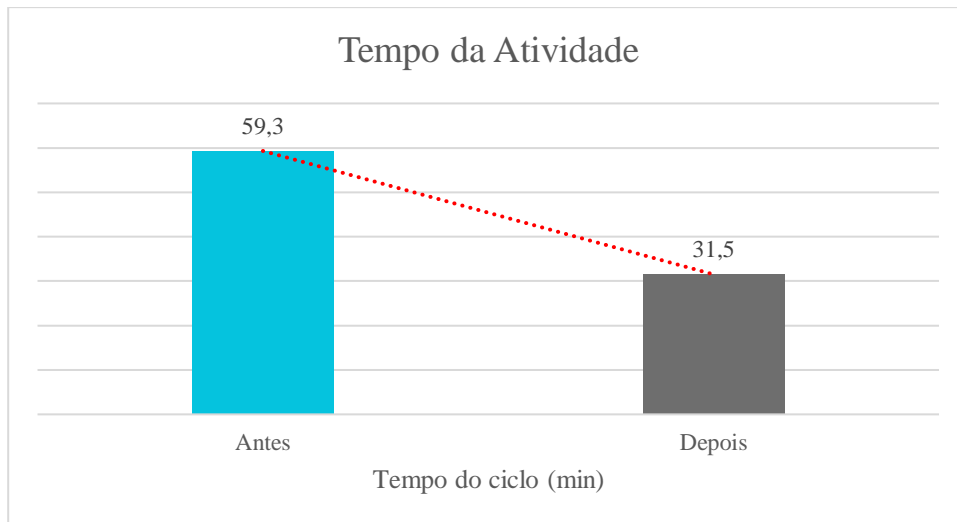
Figura 31 – Redução de tempo devido adaptação rotina DDS



Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

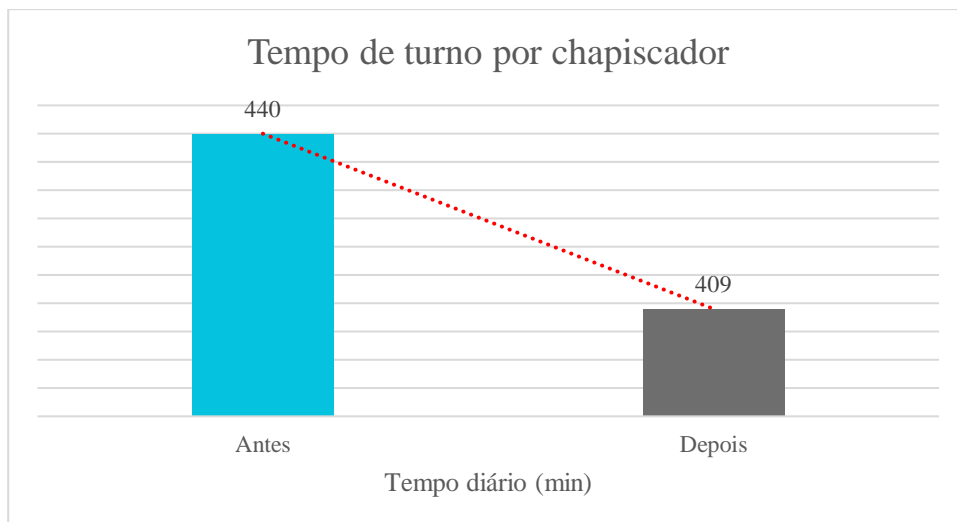
De acordo com os dados, ao sobrepor todas as melhorias, foi observado uma redução total de 47% do tempo da atividade diária para cada operador (27 minutos e 50 segundos) e redução de 6,4% (31 minutos) do tempo de turno por operador (Figuras 32 e 33, respectivamente). Ao analisar tais mudanças para o quadro total da equipe (6 chapiscadores) a atividade teve ganho de 38,4% (2 horas e 47 segundos) na atividade por cada turno.

Figura 32 – Redução tempo total



Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

Figura 33 – Redução tempo de turno por chapiscador



Fonte – Elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

Além da redução do tempo empregado diariamente na atividade, foram evitadas situações passíveis de acidentes. O *Kaizen 6* (DDS pela operação) permitiu melhor distribuição de tempo, tornando possível conciliar a ginástica laboral na rotina do DDS, de forma que houve benefícios ergonômicos, reduzindo consideravelmente a ocorrência de OS (atendimento em ambulatório).

O *Kaizen 2* (chave específica para fixação do eletrodo) eliminou risco de prensagem e corte nas mãos, que poderia ser configurado como TAR (Taxa de Acidentes Reportáveis) e, por fim, o *Kaizen 1 e 2* (suporte para cabo e restrição de acesso aos ACIPs, respectivamente) elimina o risco de acidentes com afastamento por não existir mais o acesso às partes móveis da moenda e à eslinga, que pode se romper (lição aprendida).

Ao final do estudo, notou-se o grande impacto da instalação do suporte para cabos (*Kaizen 1*) e da barreira física ao Acoplamento ACIP (*Kaizen 2*); logo, ambos foram cadastrados como *Yokoten*, de modo que toda a companhia padronizasse seus comportamentos e processos, e usufrísse dos benefícios trazidos por essas alterações.

7. Conclusões

No presente trabalho o emprego da filosofia *lean* (manufatura enxuta) e o conhecimento decorrente do processo de extração do caldo da cana-de-açúcar pela passagem sucessiva da matéria prima entre os rolos dos ternos da moenda, na empresa Raízen, possibilitaram a identificação, como a eliminação de situações de riscos e de desperdícios na atividade do chapisco.

A aplicação das ferramentas lean permitiu a implementação de soluções que promoveram redução de 47% (110 segundos) do tempo de preparação do equipamento para chapisco, redução de 47% (26 minutos) do tempo gastos na rotina diária do operador.

De maneira geral, houve redução de 6,4% (27 minutos e 50 segundos) do tempo de turno de cada operador, um ganho de 38,4% (2 horas e 47 segundos) de tempo quando analisado o quadro de funcionários completo (seis chapiscadores por turno).

Nem todo resultado pôde ser explicitado numericamente no período de acompanhamento do presente trabalho. Como por exemplo, houve ganhos também em relação a segurança dos colaboradores, uma vez que as fontes de risco, como armazenamento de equipamentos em locais inapropriados, ferramentas incompatíveis com a atividade exercida, acesso a ambientes inseguros, foram corrigidos.

Sendo importante ainda ressaltar ao final desse trabalho, que a padronização dos processos deve ser contínua e gradual, de forma que a atividade seja acompanhada periodicamente, o que certamente resulta em melhorias pela reavaliação e correção dos desperdícios, maximizando rentabilidade e a produção; e daí, minimizando os custos. A ferramenta *Lean* pode ser adaptável a todo tipo de atividade e, mesmo que suas ferramentas não possam ser aplicadas na totalidade, como no caso do presente trabalho, seus conceitos e princípios, constituem melhorias significativas aos processos.

Referências

- ANDRADE, Fábio Felipe de. **O método de melhorias PDCA**. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- ASSIS, Marcelo Fonseca de *et al.* **Elaboração do Procedimento Operacional Padrão (POP) dos serviços mecânicos de troca dos pistões do motor Cummins ISF-3.8 e da lubrificação da seletora da caixa de câmbio GRS-895**. 2023.
- BORDA, M. **Layout**. Florianópolis -SC, 1998.
- BOTERO, Paula Andrea Gómez. **Lean Manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad**. *Gestión y sociedad*, v. 3, n. 2, p. 75-88, 2010.
- BUNN, Gustavo Alexandre; SANTANA, Fábio Evangelista. **Procedimento operacional padrão: estudo de caso para centro de usinagem de uma empresa catarinense**. 2019.
- CAMPOS, Renato *et al.* **A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total**. *Simpep–Simpósio de Engenharia de Produção*, v. 12, p. 685-692, 2005.
- CASTRO, T. M. O. *et al.* **COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE EXTRAÇÃO DA SACAROSE DA CANA DE AÇÚCAR ENTRE A MOENDA E O DIFUSOR**. 2018. Curso de Engenharia Química, Universidade de Uberaba, Uberaba, 2018.
- CORREA, Francisco González. **Manufactura esbelta (lean manufacturing). Principales herramientas**. *Revista Raites*, v. 1, n. 2, p. 85-112, 2007.
- COSTA, Taiane Barbosa da Silva; MENDES, Meirivone Alves. **Análise da causa raiz: Utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura**. *Anais do X SIMPROD*, 2018.
- CRUZ, Sandra Helena da. **Processo de Moagem e Difusão para a extração do caldo da cana-de-açúcar**. 2022. Apresentação de Power Point. 55 slides. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/extrao-caldo/254474116>. Acesso em: 19 jul. 2024.
- DIMITRESCU, Andrei *et al.* **Elimination of losses used lean manufacturing techniques and kaizen philosophy**. *Fiabilitate si durabilitate*, p. 58-64, 2018.
- DUARTE, Renato Lima. **Procedimento Operacional Padrão. A importância de se padronizar tarefas nas BPLC**. Curso de BPLC. Rio Branco/Acre, 2005.

FIGUEIREDO, L. H. W. D. **Aplicação dos tipos de layout: uma análise da produção científica**. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - Faculdade de Tecnologia, 2016.

MONDEN, Yasuhiro. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just in time**. Bookman editora, 2015.

MOREIRA, Sónia Patrícia da Silva. **Aplicação das Ferramentas Lean. Caso de Estudo**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2011.

MURAD, Márcio de Queiroz. **Aplicação de chapisco em moenda de cana de açúcar com o processo FCWA**. 2015.

NEUMANN, Clóvis; SCALICE, Régis Kovacs. **Projeto de fábrica e layout**. Rio de Janeiro: Campus, 2015.

OHNO, Taichii. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIANI, Luiz Henrique *et al.* **Ferramenta de melhoria contínua Kaizen**. Revista Científica Unar, [s. l], v. 12, n. 1, p. 57-67, 2016.

DE OLIVEIRA, Marcos Alberto. **Saúde, segurança do trabalho e meio ambiente**. Editora Senac São Paulo, 2022.

RAÍZEN (Brasil). **Manual de SSMA para contratados**. Disponível em: <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/raizen-prod/items-files/item-198-manual-de-ssma-para-contratados-2023.pdf>. Acesso em: 17 de jul. 2024

RIBEIRO, Fernanda Galvão et al. **Abordagens Lean na gestão de projetos: Uma abordagem bibliométrica de técnicas e ferramentas para melhorar a eficiência e reduzir desperdícios**. Revista LabDGE UFF, v. 1, n. 1, p. 01-19, 2023.

SANTOS, José Rodolfo Laurentino dos. **Um modelo de suporte à decisão para seleção e priorização de KPIs baseados nos sete desperdícios do lean logistics e no balanced scorecard**. 2021. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021.

SILVA, Carlos Eduardo Sanches da *et al.* **5S - Um programa passageiro ou permanente?**. XXI ENEGEP, 2001.

SOUSA, Amanda Pedrina Matias de et al. **Lean Manufacturing: Aplicação para eliminação de desperdícios e melhoria na qualidade dos produtos.** 1ª Edição, p. 62, 2023.

SOUSA, Michelli Silva. **Planejamento sistemático de layout (SLP): estudo de caso para uma agroindústria no município de Abaetetuba-PA.** 2019.

SUHARDINI, D.; SEPTIANI, W.; FAUZIAH, S. **Design and simulation plant layout using systematic layout planning.** In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2017. p. 012051.

TOMPKINS, James A. et al. **Facilities planning.** John Wiley & Sons, 2010.