



Proposta de melhoria para uma empresa do setor metalúrgico: uma aplicação do DMAIC considerando Ergonomia/Fatores humanos

Ana Beatriz Souto Perry, PUCPR, Curitiba, PR, Brasil, ana.perry@pucpr.edu.br
Rosimeire Sedrez Bitencourt, PUCPR, Curitiba, PR, Brasil, rosimeire.bitencourt@pucpr.br
Osiris Canciglieri Junior, PUCPR, Curitiba, PR, Brasil, osiris.canciglieri@pucpr.br

Resumo

A indústria passou por uma evolução, saindo do trabalho artesanal personalizado para a produção em massa com altos rendimentos, qualidade e focando em baixos custos. No entanto, ao longo desse processo, os seres humanos deixaram de ser o foco principal e se tornaram apenas um elemento coadjuvante em termos de custo, qualidade e prazos. Como resultado, a busca por maior produtividade acabou deixando os seres humanos em um papel secundário nas empresas. Nesse contexto, objetivando destacar os seres humanos e melhorar a acurácia do processo de estoque em uma empresa do setor metalúrgico na região metropolitana de Curitiba. Para tanto, realizou-se a aplicação do método DMAIC de forma conjunta com o Método AMT. O resultado do projeto consiste em um processo de estoque aprimorado, levando em consideração a realidade da empresa. Durante a aplicação do ciclo DMAIC, o método AMT foi utilizado para angariar as possíveis causas raiz das oportunidades levantadas. Ainda, com a AMT foi constatada insatisfação dos funcionários em relação ao clima organizacional e liderança. Além disso, altos índices de desconforto e dores devido ao trabalho repetitivo foram identificados. Com as causas definidas, soluções foram buscadas para os problemas. Essas foram analisadas, priorizadas e testadas. Com a implementação das soluções, houve um aumento de 1,68 pontos percentuais na precisão do processo de estoque, alcançando 94,68% (meta de 95%). Para manter o projeto sustentável, foi desenvolvido um plano de controle com ações e recomendações, num ciclo de melhoria contínua.

Palavras-chave: DMAIC; Lean; Fatores Humanos; Ergonomia; Método AMT.

1. Introdução

A valorização dos fatores humanos tem ganhado cada vez mais destaque no setor industrial uma vez que cada vez mais os indivíduos têm sido reconhecidos em diferentes etapas dos processos das empresas, desde o desenvolvimento do produto até o pós-venda, tornando-se peças fundamentais dentro do sistema produtivo (BITENCOURT et al., 2020).

Não é de hoje que o balanceamento entre organizações, tecnologias e recursos humanos vêm sendo estudado. Por mais de 70 anos, o Instituto Tavistock estuda o conceito do sistema sociotécnico que aborda o equilíbrio desses três fatores (THE TAVISTOCK INSTITUTE, 2022). No entanto, ao longo do tempo, o reconhecimento do valor do trabalho realizado pelos colaboradores em uma empresa, que antes era indiscutível, foi gradualmente negligenciado em favor da priorização de outros aspectos, como produtividade e diminuição de custos.

Quando se fala em Lean, a primeira ideia que vem à mente é a redução de custos e a priorização do cliente. Mesmo em sua aplicação mais famosa, a combinação do Lean com o Six Sigma e idealizada pela Motorola em 1986, com foco na qualidade do produto e que utiliza o ciclo para melhoria contínua, DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*); conhecida como *Lean & Six Sigma*, não há ênfase na importância dos seres humanos e em seu bem-estar nos processos produtivos, apesar de estarem presentes em todas as etapas desse processo.

Dentro da aplicação do *Lean & Six Sigma* há a padronização de tarefas, eliminação de atividades desnecessárias e melhoria do fluxo de trabalho, o que muitas vezes não considera diretamente as necessidades e habilidades dos trabalhadores.

No entanto, ao longo do tempo, houve uma evolução no pensamento das empresas, com uma compreensão crescente de que os fatores humanos desempenham um papel crucial na eficiência e qualidade dos processos. Esse contexto ressalta a importância de combinar os dois campos de aplicação, ou seja, integrar os aspectos humanos, como capacitação, engajamento e satisfação dos colaboradores (a ergonomia como um todo), no contexto do Lean de melhoria de processos, utilizando ferramentas como o DMAIC.

Com o objetivo de atender às demandas dos clientes e reduzir desperdícios, muitas empresas estão adaptando e transformando seus processos, e isso também se aplica ao setor logístico. Para os clientes, os gastos relacionados ao armazenamento, movimentação e controle de materiais não agregam valor. Portanto, qualquer redução de desperdícios nessas atividades representa um ganho significativo para a empresa.

1.1. Objetivo

Portanto, como objetivo, o projeto visa propor e implantar melhorias ao processo atual de estoque e registro de materiais, de uma empresa do setor metalúrgico, abordando

os conceitos de produção enxuta, melhoria contínua e ergonomia, por meio da aplicação do processo DMAIC.

1.2. Metodologia

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada, de natureza quantitativa e objetivo exploratório (NASCIMENTO, 2016). A fim de atender ao objetivo proposto seguiu-se o método DMAIC, integrado ao Método AMT (Análise Macroergonômica do Trabalho), para a proposição de um processo futuro aprimorado.

O ciclo DMAIC é uma ferramenta do Six Sigma, no qual, a sigla faz referência (em inglês) aos seguintes passos: *define, measure, analyze, improve & control*. Essa ferramenta serve para direcionar a aplicação do trabalho na empresa, pois suas fases são estruturadas e podem ser acompanhadas pela empresa, que é o principal interessado no projeto. Considerando que o foco do trabalho são os fatores humanos, optou-se pelo método de Análise Macroergonômica do Trabalho (AMT), proposta por Guimarães (1998). A Figura 1 demonstra como funcionará a metodologia aplicada, integrando a metodologia AMT com o ciclo DMAIC.

Figura 1 - Metodologia aplicada integrando AMT e DMAIC.

DEFINE		MEASURE		ANALYSE		IMPROVE		CONTROL	
ETAPA	MÉTODO	ETAPA	MÉTODO	ETAPA	MÉTODO	ETAPA	MÉTODO	ETAPA	MÉTODO
Definição do problema	Conversa com o gestor logístico	Estratificação do problema	Árvore de estratificação e Pareto	Mapear o processo	A partir do mapa de raios	Proposição de soluções	Brainstorming e Fase 3 da AMT: proposta de soluções	Verificar o alcance da meta específicas e global	Análise do indicador atual vs inicial
Contextualização o da empresa	Informações do site	Confiabilidade dos dados estratificados	Coleta de dados foi realizada	Levantamento das causas raiz	A partir do método AMT até a fase 2: análise ergonômica	Priorização das soluções	Tabela de oportunidade de melhorias	Verificar ganhos financeiros	Quantificação dos ganhos pelo indicador proposto
Definição da métrica	Indicador do problema	Definição dos estratos mais significativos	Agrupamento dos dados que compõem 80% de significância no indicador	Priorização das causas raiz	Matriz GUT, 5 e porquês diagrama ishikawa	Detalhamento e implementação de soluções	Testes das soluções implementadas, 5W2H e fase 4 da AMT: validação das soluções	Plano para manter o resultado	OCAP (out of control action plan - plano de ação para anomalias) e fase 5 do AMT: detalhamento ergonômico
Justificativa do projeto	Análise dos dados históricos do indicador	Análise do comportamento dos focos ao longo do tempo	Utilizando Pareto	Quantificar a causa	Constatação das causas				
Definição da meta	Conversa com o gestor logístico	Definição das metas prioritárias	A partir do comportamento histórico dos focos						
Ganhos do projeto	A partir da melhoria do indicador								
Mapa de processos SIPOC	Definido em conjunto com o gestor								

Fonte: Os Autores, 2023

2. Desenvolvimento, Resultados e Discussão

Para melhor demonstrar os resultados, separou-se os tópicos na mesma estrutura apresentada pela metodologia DMAIC.

2.1. Define

Para iniciar o projeto, entendeu-se um pouco sobre a empresa que é referência no que se diz respeito a sistemas de extração de petróleo e gás e, atualmente, devido a geração de novos tipos de energia a companhia decidiu abranger os novos nichos gerados a partir de novas tecnologias, promovendo as energias sustentáveis.

Quando há o planejamento de uma produção, uma otimização dos recursos disponíveis a partir do sistema SAP® (*System Applications and Products in Data Processing*) é realizada. Caso exista uma divergência entre os materiais físicos versus a quantidade apontada no sistema é necessário realizar um novo planejamento para apurar as demandas provenientes do empecilho de falta da peça física. Devido a isso, o indicador de acurácia possui grande importância dentro de um processo, uma vez que é o fator que indica quão bem ajustado o estoque físico está em relação ao sistema e, por esse motivo, essa é a métrica utilizada no projeto. Esse indicador é medido conforme a Equação 1. Esse indicador é objeto de auditoria interna e externa, o que traz maior confiabilidade para os dados apresentados.

$$Acurácia (\%) = \left(1 - \frac{Valor\ teórico - Valor\ Real}{Valor\ teórico}\right) \times 100$$

Equação 1. Fórmula do cálculo da percentagem de acurácia.

Para o ciclo de 2022, a empresa disponibilizou três pessoas nos dois turnos para realizar a contagem. A análise dos dados históricos da empresa (média de 90%) demonstrou que há uma variabilidade grande entre os dados de acurácia, uma vez que cada material possui tamanho, quantidades e disposições nas prateleiras diferentes podendo facilitar ou dificultar o processo de contagem, visto que é feito de forma manual pelos estoquistas. Os ganhos serão mensurados em horas de trabalho recuperadas devido à um nível de acuracidade maior. Para entender melhor o processo da empresa, elaborou-se um mapa de processo SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Output and Customers*) do fluxo do principal processo estudado (Figura 2).

Figura 2 - Matriz SIPOC

Fornecedores Suppliers	Insumos Inputs	Processo Process	Produtos Outputs	Consumidores Customers
Fornecedor	Peça enviada	Receber a peça	Peça recebida	Área de recebimento
Área de recebimento	Peça recebida	Atualizar status no SAP	Status da peça atualizada no sistema	Área de inspeção de qualidade
Área de inspeção de qualidade	Status da peça atualizada no sistema	Inspeccionar peças	Peça aprovada	Inspetor de qualidade
			Peça reprovada	Inspetor de qualidade
Inspetor de qualidade	Peça aprovada e reprovada	Atualizar status no SAP	Status da peça atualizada no sistema	Peça aprovada - estoquista Peça reprovada - Fornecedor
Estoquista	Status da peça atualizada no sistema	Alocar peças no estoque conforme o MRP	Peça alocada no estoque conforme o MRP	Estoquista
Estoquista	Peça alocada no estoque conforme o MRP	Solicitar materiais do conjunto de montagem	Material solicitado	Gerente de projeto
Gerente de projeto	Material solicitado	Localizar peças no estoque	Peças localizadas	Estoquista
Estoquista	Peças localizadas	Separar peças para conjunto de montagem	Conjunto separado	Estoquista
Estoquista	Conjunto separado	Atualizar status no SAP	Status da peça atualizada no sistema	Gerente de montagem
Gerente de montagem	Status da peça atualizada no sistema	Posicionar na linha de montagem	Conjunto posicionado	Linha de montagem

Fonte: Os autores, 2023.

2.2 Measure

Realizou-se a estratificação do processo a partir do resultado da última contagem cíclica. A estratificação mostrou que 20% dos materiais solicitados não são localizados, fazendo com o que as horas “perdidas” de trabalho aumentem. Dessa forma analisou-se quais são os principais pontos que são afetados por essa não localização do material, sem assim, tem-se: contagem incorreta (53%), endereço incorreto (20%), sem definição (13%), divergência de consumíveis (6%), erro de expedição (5%) e material incorreto (3%). Com isso, como os dois primeiros (contagem incorreta e endereço incorreto) formam 73% da causa, esses foram definidos como focos do projeto. As metas prioritárias foram definidas pelo comportamento desses focos ao longo do tempo, validando o atingimento da meta global proposta pela empresa (Figura 3).

Figura 3 - Metas específicas para cada foco

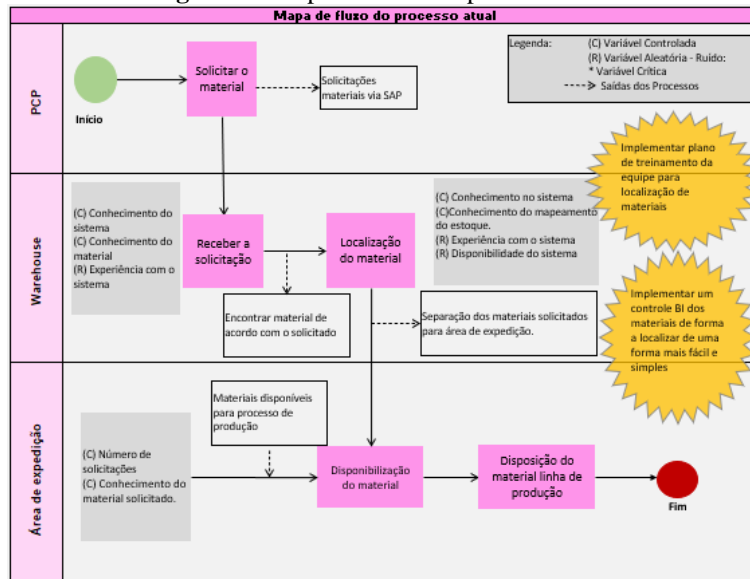
	Estrato	Atual	Meta
Meta 1	Contagem Incorreta	53%	30%
Meta 2	Erro de endereçamento	20%	15%
	Sem Definição	13%	13%
	Divergência de consumíveis	6%	6%
	Erro de expedição	5%	5%
	Material Incorreto	3%	3%
Total		100%	72%
% de não localizados		20%	14,50%
% de não acuracidade		7%	5%
% acuracidade		93%	95%

Fonte: Os Autores, 2023.

2.3 Analyze

Para identificar quais são os pontos de melhoria para cada etapa do processo, um mapa de raias foi elaborado – como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Mapa de fluxo do processo atual



Fonte: Os Autores, 2023.

Para melhor entender as causas dos problemas, considerando os fatores humanos, realizou-se o levantamento utilizando o método de ergonomia AMT proposta por Guimarães (1998), ver Figura 5.

Figura 5 - Aplicação da ferramenta AMT.

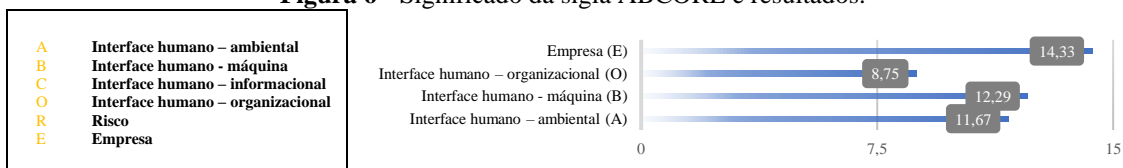
Fase	Descrição
Fase 0	Lançamento do projeto e planejamento do levantamento de campo Como a empresa não possui um comitê de ergonomia, o levantamento ocorreu em forma de entrevista com os operadores logísticos do barracão de estoque a ser analisado. Foram efetivadas 6 entrevistas em 17/05/2022, entre os entrevistados havia 5 estoquistas e 1 gestor logístico.
Fase 1	Levantamento inicial ou apreciação ergonômica Para o desenvolvimento do levantamento inicial, utilizou-se das observações diretas dos usuários. As perguntas foram colocadas de forma aberta para que os entrevistados colocassem suas observações, de acordo com sugestão de Guimarães (1998), na ordem em que achassem mais relevante. A partir do registro das respostas colocadas por cada um dos entrevistados, foi possível tabular as repostas e ordená-las conforme o grau de priorização (ordem em que o problema foi mencionado), definiu-se os pesos de importância para cada item mencionado.
Fase 2	Análise da situação ou diagnose ergonômica Aplicou-se um questionário em que os funcionários respondem em uma escala de concordo e discordo, em linhas de 15 cm, em que a distância representa o nível de concordância do funcionário. A partir desses resultados, é possível analisar quais são as principais oportunidades dentro dos IDEs, que tem a possibilidade de estar afetando o indicador estudado e quais são as áreas em que os funcionários se encontram satisfeitos.

Fonte: Os Autores, 2023.

Dentro do processo de estoque de materiais, têm-se 6 funcionários e os 6 foram entrevistados. Eles foram questionados por meio de entrevistas abertas: “Me fale do seu trabalho: quais são os pontos positivos e negativos e apresente sugestões de melhorias”. Após, houve a aplicação de um questionário que apresenta pontos gerais sobre o posto de trabalho de forma a avaliar a satisfação dos funcionários em relação aos itens referente a classificação ABCORE (Figura 6), desenvolvido de acordo com os constructos propostos

por Guimarães (1998). O questionário foi aplicado para 5 pessoas, pois participam da atividade de forma direta.

Figura 6 - Significado da sigla ABCORE e resultados.



Fonte: Os Autores, 2023.

Para os Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) A, B, O e E estudados, nenhum apresentou resultado abaixo da média, o que é considerado um resultado muito positivo. Para os quesitos de desconforto (R) e conteúdo do trabalho (C), o resultado apresenta-se de forma inversa – uma vez que apresenta critérios, como pressão no trabalho, que quanto menor o valor colocado, melhor. Para o constructo de conteúdo do trabalho, o resultado médio de satisfação ficou em 7,60, o que mostra um nicho de oportunidade, uma vez que destaca a necessidade dos funcionários de se sentirem satisfeitos pelo seu trabalho. Para a categoria Risco, utilizou-se perguntas com relação ao desconforto da realização das tarefas. Como o resultado deste pilar possui uma média de 5,82, instiga-se a procurar soluções para esses desconfortos de forma a prevenir futuras lesões aos funcionários.

Após as análises dos resultados levantados pela AMT, tem-se a Figura 7 que traz um resumo das causas levantadas.

Figura 7 - Resumo das causas levantadas.

Fator ABCORE	Item de Demandas Ergonômicas (IDE)
Interface humano – ambiental (A)	Temperatura do seu ambiente de trabalho
Conteúdo do Trabalho (C)	Quantidade de trabalho que você executa (carga de trabalho)
	Seu trabalho é limitado?
	Seu trabalho é estressante?
	Você sente pressão psicológica por parte dos seus superiores?
	Seu trabalho é criativo?
	Seu trabalho é dinâmico?
	Seu trabalho é estimulante?
	Seu trabalho envolve responsabilidade?
Interface humano – organizacional (O)	Seu trabalho faz você se sentir valorizada/o?
	Relacionamento com os clientes
	Flexibilidade dos horários de trabalho
	tempo disponível para realização de suas atividades diárias de trabalho
	clareza na distribuição das atividades profissionais diárias (ex.: quem fazia separação de notas, etc)
	Forma como seu trabalho é planejado (metas e atividades)
Desconforto (D)	Forma como é feita a gestão no recebimento de pedidos dos clientes (ex.: separação de atividades)
	Forma de agir da liderança
	Esforço mental exigido
Causas levantadas pelas entrevistas	Desconforto ou Dor nos braços
	Desconforto ou Dor nas mãos
	Alta demanda
	Treinamentos
	Interrupção durante contagem
	Longos tempos de contagem

Fonte: Os Autores, 2023.

As causas levantadas colocadas em vermelho não serão abordadas no trabalho, pois fazem parte de uma cultura organizacional que precisa ser reestruturada e, dessa forma, trazem uma mudança mais complexa para ser implementada.

Para a priorização das causas levantadas realizou-se a matriz de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) (Figura 8), considerando os itens pontuados pelos funcionários nas entrevistas como prioridade, uma vez que são as causas que mais incomodam os colaboradores. Além disso, critério considerado de priorização, considerou-se as causas que ficaram acima de 75 pontos (em negrito).

Figura 8 - Matriz GUT.

Classificação	GUT	Causas	Gravidade	Urgência	Tendência
8º	75	Falta de dispositivos ergonômicos	5	5	3
11º	45	Trabalho repetitivo	3	3	5
6º	80	Clareza na distribuição das atividades diárias	4	5	4
1º	125	Planejamento das atividades (metas e objetivos)	5	5	5
1º	125	Gestão no recebimento de pedido do clientes (exemplo: separação das atividades)	5	5	5
1º	125	Forma de agir da liderança	5	5	5
12º	36	Temperatura do meio ambiente	3	3	4
6º	80	Dificuldades no uso dos softwares e sistemas - falta de treinamento	5	4	4
10º	48	Longos tempos de contagem	4	3	4
12º	36	Falta de fomas de medições automáticas da acuracidade	3	3	4
5º	100	Esforço físico	5	5	4
15º	24	Trabalho monótono	4	3	2
16º	18	Trabalho pouco criativo	3	3	2
17º	12	Trabalho pouco dinâmico	3	2	2
12º	36	Trabalho pouco estimulante	3	4	3
9º	60	Trabalho cansativo	5	4	3
1º	125	Desconforto e dores no corpo	5	5	5

Fonte: Os Autores, 2023.

Para planejamento do trabalho (metas e atividades), gestão no recebimento de pedidos dos clientes (ex.: separação de atividades) e a forma de agir da liderança, são causa mais complicadas e ficaram fora do escopo, uma vez que envolvem mudança cultural dentro da empresa e deve ser um trabalho desenvolvido de forma mais detalhada, lenta e gradual. Essas oportunidades apontadas pelos funcionários foram comunicadas ao gerente de forma a entender os pontos de insatisfação dos funcionários. Vale ressaltar que essa insatisfação apresentada pelos funcionários pode influenciar no estrato de erros de contagem, uma vez que esse erro pode ocorrer pelo fato dos funcionários se sentirem pressionados pela liderança.

Para tratá-las, sugere-se a implementação de horários flexíveis de trabalho e um planejamento das atividades realizadas pelos funcionários, colocando: atividade, descrição, responsabilidade, tempo médio de realização (para balanceamento de carga de trabalho entre os funcionários) e metas (expectativa de resultado daquela atividade).

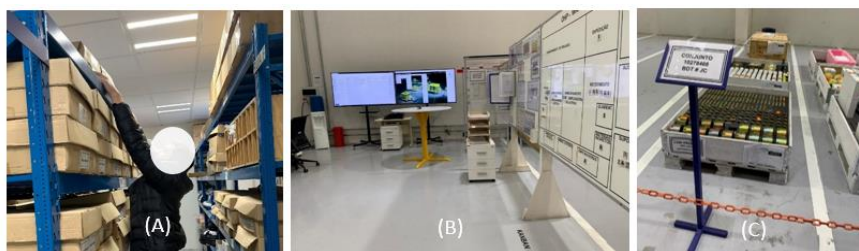
Dessa forma, têm-se quatro causas principais priorizadas e definidas: Falta de dispositivos ergonômicos, Dificuldades no uso dos softwares e sistemas, Esforço físico e Desconforto e dores no corpo. Para a quantificação dessas causas, houve a correlação dos focos com as causas priorizadas e descreveu-se cada uma delas (Figura 9) as evidenciando (Figura 10).

Figura 9 - Quantificação das causas priorizadas

Contagem incorreta	Erro de endereçamento	Causa priorizada	Descrição da causa	Evidência
X		Falta de dispositivos ergonômicos	Dificuldade de executar as tarefas por falta de dispositivos ergonômicos.	Figura 10 (a)
	X	Dificuldades no uso dos softwares e sistemas	Por não saber mexer no sistema, há o endereçamento incorreto dos materiais dentro software SAP®.	Figura 10 (b)
X		Esforço físico	Materiais posicionados em locais de difícil alcance com poucas ferramentas ou dispositivos para auxiliar o armazenamento e separação dos materiais	Figura 10 (a)
X		Desconforto e dores no corpo	Devido à realização de trabalhos repetitivos em longos intervalos de tempo, há um desconforto e dores geradas por essa causa.	Figura 10 (c)

Fonte: Os Autores, 2023.

Figura 10 - Evidências detalhadas.



Fonte: Os Autores, 2023.

Ao observar a postura que o colaborador precisa se posicionar para conseguir pegar o material (Figura 10 A), têm-se diversas oportunidades de melhoria. Em um período acompanhado de 1 hora, os colaboradores buscaram em média doze vezes materiais em média de 6 quilogramas, em uma estante com a sua prateleira a 2,00 metros de altura, que serão colocadas em um carrinho há 0,50 metros do chão. Para alcançar a prateleira de 2,00 metros de altura, utiliza-se de uma escada de três patamares que reduz essa altura para 1,50 metros de altura. O funcionário deve esticar os braços para pegar o material, ficando a 0,55 metros de distância do corpo. Por serem caixas, a pega é pobre, pois não tem um bom apoio para as mãos. Realizou-se uma análise pelo método de NIOSH que resultou em um índice de levantamento de 2,53, que se encaixa em um aumento moderado desse risco (índice está entre 1 e 3). Sugere-se a utilização de

dispositivos ergonômicos e posicionar os itens de menores quantidades, mais leves e de menos frequência de necessidade nas prateleiras mais altas.

Ao analisar a Figura 10 B, é possível notar que o local de acesso ao sistema não possui nenhum tipo de instrução de trabalho (seja visual, seja escrita), próximo aos computadores, portanto, não há nenhuma forma padronizada que balize a utilização do *software*, o que gera dificuldade ao executar o programa. Para o cadastro do endereçamento, os requisitantes imprimem um relatório com os materiais requisitados e passam para o seu supervisor assinar, aprovando a requisição. Após, o requisitante leva o documento até o almoxarifado. O estoquista separa e entrega o material, com isso recolhe os papéis e imputa no sistema SAP® a retirada.

Ao analisar a Figura 10 C, verifica-se que os colaboradores não têm um local específico, como uma bancada, para realizar a contagem e separação dos materiais. Os materiais ficam dispostos em caçambas e pallets no chão, fazendo com que o funcionário precise se abaixar e levantar de forma constante durante o dia de trabalho – gerando um esforço físico.

3.4 Measure

Nessa etapa as soluções foram identificadas após um brainstorming do grupo em conjunto a gestão de logística da empresa. Após, as ideias que melhor tratavam as causas foram priorizadas como forma a mitigar as oportunidades encontradas no projeto (essa etapa engloba a Fase 3: proposta de soluções) - para tanto, obteve-se a Figura 11.

As soluções foram baseadas em ferramentas disponíveis dentro da empresa, como o Microsoft 365®, e em ferramentas que não são aplicadas, porém são soluções comprovadas – como é o caso da aplicação do RULA e OWAS ou do NIOSH em ciclos, que é recomendada uma vez que age não somente de forma reativa, mas também de forma preventiva. Dentro dessa análise, considerou-se uma escala Likert de 1 a 5, sendo 1 para baixo ou ruim e 5 para alto ou ótimo.

Figura 11 - Matriz de oportunidade de melhoria, soluções propostas e riscos.

CONTAGEM INCORRETA	ERRO DE ENDEREÇAMENTO	FOCO PRIORIZADO	CLASSIFICAÇÃO	SOLUÇÃO PROPOSTA	BENEFÍCIO	ABRANGÊNCIA	SATISFAÇÃO INTERNA	OPERACIONALIZAÇÃO	PRODUTIVIDADE	INVESTIMENTO	TOTAL	PROBABILIDADE	IMPACTO	RISCO	PLANO DE CONTINGÊNCIA
X		Falta de dispositivos ergonômicos	7	Desenvolver dispositivos ergonômicos (como corrimãos, escadas e ferramentas de apoio) para o processo de estoque.	4,7	4,3	4,7	3,0	4,7	5,0	16,4	75%	8	Alto	Solicitar adequação de orçamento e apresentar o retorno financeiro
		Dificuldades no uso dos softwares e sistemas	8	Realizar um treinamento com os funcionários na ferramenta SAP®.	4,3	4,7	4,3	3,6	3,0	4,3	15,6	-	-	-	-
	X		5	Implementar um sistema de requisição integrado e de fluxo automático a partir da integração do powerautomate e o SAP®.	5,0	4,3	4,7	3,6	4,7	4,3	18,0	5%	9	Baixo	Utilizar um warehouse para colocar os dados de forma intermediária aos sistemas
			2	Desenvolvimento de um procedimento padrão de utilização do software, de forma que o colaborador consiga verificar de forma fácil e rápida como realização o endereçamento.	4,7	5,0	3,6	5,0	4,7	3,0	20,0	30%	7	Médio	Buscar treinar e incentivar os funcionários para sempre seguir o processo planejado
			3	Desenvolver um dashboard em powerbi com a localização dos itens no layout do barracão logístico.	4,7	4,5	4,3	4,7	4,5	3,0	19,7	40%	8	Baixo	Divulgar a mudança e conscientizar constantemente os funcionários da importância de sua adesão ao novo método
X		Esforço Físico	1	Disponibilizar uma bancada ou mesa para que o funcionário possa fazer a separação e contagem dos materiais.	4,5	3,6	5,0	5,0	5,0	2,1	21,0	75%	9	Alto	Revisitar o layout, de forma a reduzir espaços "mortos"
		Desconforto e dores no corpo	6	Aplicação de ferramentas de apreciação ergonômica, como RULA e OWAS ou NIOSH, com ciclos de aplicação a cada 3 meses.	4,7	5,0	4,7	3,0	4,5	4,3	17,6	45%	9	Médio	Mostrar cases de sucesso com a aplicação da ferramenta para conscientizar e conquistar o apoio da alta gestão
X			4	Implementação de pausas, rotatividade de atividades para reduzir a repetição da mesma atividade e posição em longos intervalos de tempo.	4,3	5,0	4,3	4,7	4,3	3,0	19,6	60%	8	Médio	Fazer um bom planejamento de operação, deixando um tempo extra para as pausas programadas

Fonte: Os Autores, 2023.

Para o investimento, considerou-se tanto o valor da aplicação da solução como o tempo despendido para o desenvolvimento da solução proposta. Desconsiderou-se somente a solução do treinamento, pois iria necessitar de várias rodadas de treinamento com os colaboradores, da contratação de um especialista para a realização do treinamento.

Para a definição de testes e validação das propostas (sendo essa a fase 4 do método AMT), desenvolveu-se uma matriz 5W2H para o plano de testes – como mostra a Figura 12 e os custos envolvidos estão descritos em tempo.

Figura 12 - 5W2H dos testes das soluções propostas e testes

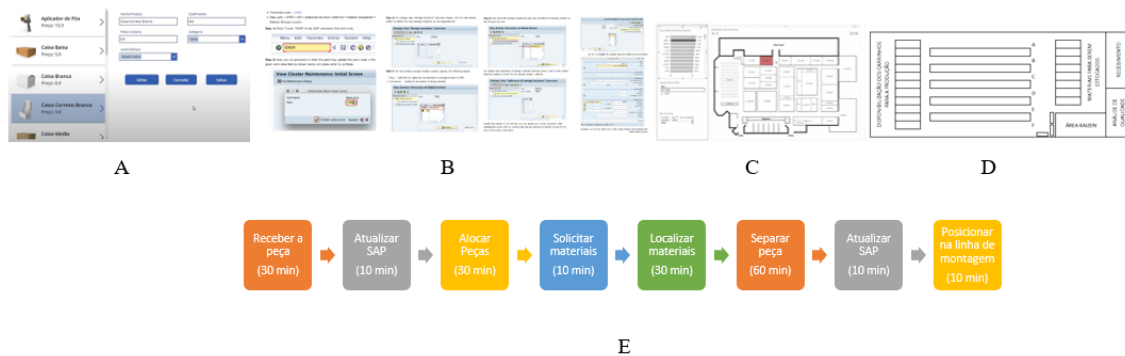
Contagem incorreta	Erro de endereçamento	Causa fundamental	Solução a ser implementada para teste	5W2H							Status	Evidências dos Testes
				What (Atividade)	Who (Quem)	When (Quando)	Why (Por Que)	Where (Onde)	How (Como)	How Much (Quanto Custa)		

X		Falta de dispositivos ergonômicos	Desenvolver dispositivos ergonômicos (como carrinhos, escadas e ferramentas de apoio) para o processo de estoque.	Analisar a atividade realizada, desenvolver protótipos de dispositivos ergonômicos	(Analista de EHS)	02/09/2022	Para ajustar os dispositivos às necessidades dos funcionários	Barracão logístico	Criação de protótipos para validação das soluções	400 horas	Em andamento	Em Andamento
X		Dificuldades no uso dos softwares e sistemas	Implementar um sistema de requisição integrado e de fluxo automático a partir da integração do powerautomate e o SAP®.	Realizar um projeto piloto com os funcionários para adaptar o sistema de forma a ficar mais próximo das necessidades	(Assistente Logístico)	10/09/2022	Para ajustar o novo processo de acordo com as necessidades e com a devida acessibilidade aos funcionários	PowerApps	Criação de um aplicativo no powerapps	100 horas	Concluído	Figura 13 A
			Desenvolvimento de um procedimento padrão de utilização do software, de forma que o colaborador consiga verificar de forma fácil e rápida como realização o endereçamento.	Reuniões com os funcionários	(Estagiária Logística)	02/09/2022	Para abranger as dificuldades dos funcionários dentro do procedimento padrão	Barracão logístico	Realizar um rascunho do procedimento padrão com os funcionários, verificando as maiores dificuldades encontradas no dia a dia	150 horas	Concluído	Figura 13 B Erro! Fonte de referência não encontrada.
			Desenvolver um dashboard em Power bi com a localização dos itens no layout do barracão logístico.	Realizar um projeto piloto com os funcionários para adaptar o sistema de forma a ficar mais próximo das necessidades	(Assistente Logístico)	15/09/2022	Para ajustar o novo processo de acordo com as necessidades e com a devida acessibilidade aos funcionários	Power BI	Criação de um dashboard de localização das peças no mapa no Power BI	100 horas	Concluído	Figura 13 C
X		Esforço Físico	Disponibilizar uma bancada ou mesa para que o funcionário possa fazer a separação e contagem dos materiais.	Revisão do layout	(analista de projeto de fábrica)	10/09/2022	Para verificar a disponibilidade de espaço físico no barracão	Barracão logístico	Revisão do layout de forma a verificar a possibilidade de inclusão de bancadas para os funcionários	50 horas	Concluído	Figura 13 D
X		Desconforto e dores no corpo	Aplicação de ferramentas de apreciação ergonômica, como RULA e OWAS ou NIOSH, com ciclos de aplicação a cada 3 meses.	Pesquisa e benchmarking	(Analista de EHS)	12/09/2022	Para constatar as vantagens da aplicação das ferramentas	Barracão logístico	Análise de casos de sucesso com a aplicação das ferramentas e definição da ferramenta utilizada	400 Horas	Em Andamento	Em Andamento
			Implementação de pausas, rotatividade de atividades para reduzir a repetição da mesma atividade e posição em longos intervalos de tempo.	Crono análise das atividades	(Analista de PCP)	08/09/2022	Para verificar a possibilidade de inserção das pausas sem impacto nas atividades do processo produtivo	Barracão logístico	Análise do impacto das pausas ao longo do dia para o processo do estoque	150 horas	Concluído	Figura 13 E

Fonte: Os Autores, 2023.

Para o detalhamento dos testes, apresentou-se a matriz 5W2H. Dessa forma, existem duas ações em que os testes são mais elaborados e ainda estão em andamento e, portanto, os efeitos dessas ações não serão avaliados.

Figura 13 - Figura ilustrativa do aplicativo de registro de materiais e controle de inventário desenvolvido.



Fonte: Os Autores, 2023.

De forma a respeitar a questão de privacidade da empresa, colocou-se imagens meramente figurativas. O fluxo funcionou de forma satisfatória e foi bem aceito pelos funcionários, portanto, a solução será implementada. A Figura 13 C representa o mapa de

estoque de forma a facilitar a localização dos materiais. O funcionário procura pelo número do *part number*, verifica onde ele se localiza e a quantidade disponível do material. Com o layout apresentado na Figura 13 D é viável colocar mesas e bancadas disponíveis para que os funcionários possam realizar a separação e contagem das peças. Por fim, a partir da crono análise realizada (Figura 13 E), que totalizou em 240 minutos para o processo completo, foi possível constatar que há a possibilidade de inserção de 2 rodadas de 15 minutos de alongamento e troca de atividade dentro do processo, sem impactar o processo operacional.

Com a rodada de testes finalizada, realizou-se um plano de implementação das soluções de forma a realizar essa implementação de forma gradual e incisiva. A solução de implementação de pausas foi atendida, pois a empresa já reduziu a demanda de forma a disponibilizar mais tempo para que o funcionário possa realizar as trocas de atividade e pausas. Com relação às outras atividades, essas apresentam um cenário bem positivo, com os riscos bem mapeados e mitigados. Para constatar os resultados das ações, elaborou-se a Figura 14.

Figura 14 - Constatação dos resultados das soluções implementadas.

Contagem incorreta	Erro de	Causa fundamental	Solução implantada	Resultado da implementação	Status
X		Falta de dispositivos ergonômicos	Desenvolver dispositivos ergonômicos (como carrinhos, escadas e ferramentas de apoio) para o processo de estoque.	-	Não iniciado
	X	Dificuldades no uso dos softwares e sistemas	Implementar um sistema de requisição integrado e de fluxo automático a partir da integração do powerautomate e o SAP®.	Figura 13 A	Implementado
			Desenvolvimento de um procedimento padrão de utilização do software, de forma que o colaborador consiga verificar de forma fácil e rápida como realização o endereçamento.	Figura 13 B	Implementado
			Desenvolver um dashboard em Power bi com a localização dos itens no layout do barracão logístico.	Erro! Fonte de referência não encontrada. 13 C	Implementado
X		Esforço Físico	Disponibilizar uma bancada ou mesa para que o funcionário possa fazer a separação e contagem dos materiais.	Está no processo de compras das bancadas.	Em Andamento
X		Desconforto e dores no corpo	Aplicação de ferramentas de apreciação ergonômica, como RULA e OWAS ou NIOSH, com ciclos de aplicação a cada 3 meses.	-	Não Iniciado
			Implementação de pausas, rotatividade de atividades para reduzir a repetição da mesma atividade e posição em longos intervalos de tempo.	Realizou-se a redução na demanda diária, de forma a disponibilizar mais tempo para que o funcionário possa realizar as pausas. Os resultados serão demonstrados de forma qualitativa a longo prazo.	Em Andamento

Fonte: Os Autores, 2023.

Como as ações com os aplicativos e procedimento padrão implementados foi a de validação do piloto proposto e refinamento do sistema de acordo com o feedback dos funcionários, os resultados das ações se mantém os mesmo apresentados na fase de testes.

3.5 Control

Para a etapa final da aplicação, verificou-se se as metas definidas foram alcançadas (Figura 15).

Figura 15 - Descrição do alcance das metas.

	Estrato	Inicial	Atual	Meta
Meta 1	Contagem Incorreta	53%	33%	30%
Meta 2	Erro de endereçamento	20%	16%	15%
	Sem Definição	13%	13%	13%
	Divergência de consumíveis	6%	6%	6%
	Erro de expedição	5%	5%	5%
	Material Incorreto	3%	3%	3%
Total		100%	76%	72%
% de não localizados		20%	15,20%	14,50%
% de não acuracidade		7%	5,32%	5%
% acuracidade (meta global)		93%	94,68%	95%

Fonte: Os Autores, 2023.

As metas específicas foram atingidas e o resultado é satisfatório, uma vez que ficam apenas 0,32% abaixo da meta global. Com a redução das porcentagens de materiais não localizados e o aumento da confiabilidade dos estoques, é possível estimar que houve um ganho de 2.400 horas produtivas por ano— considerando o ganho de 2 horas de produtividade por dia, para 20 dias úteis, para os 5 estoquistas. Apesar o valor relativamente baixo de retorno financeiro, vale ressaltar que houve uma melhoria na qualidade de vida no trabalho dos funcionários, o que não é possível ser mensurado de forma monetária. Para finalizar a aplicação do ciclo DMAIC, há a definição das formas de manter o processo sustentável, por isso, definiu-se ações chaves para que esse resultado obtido se mantenha (Figura 16).

Figura 16 - Relação de variáveis e formas de monitoramento.

VARIÁVEL	FORMA DE MONITORAMENTO
Acurácia	Relatórios anuais para acompanhamento
Não localização dos materiais	Relatórios semanais de tempo gasto com a não localização dos materiais e o motivo
Padrões de Trabalho	O estagiário da logística deve verificar se há a utilização das instruções de trabalho, bem como a atualização destas instruções
Ferramentas desenvolvidas	O estagiário da logística deve verificar se há oportunidades na utilização das ferramentas, bem como a atualização dessas.
Ergonomia	O analista de EHS deve realizar de forma cíclica a apreciação ergonômica

Fonte: Os Autores, 2023.

Para as recomendações da equipe, tem-se a fase final da aplicação do método AMT, a Fase 5: detalhamento ergonômico. A partir do estudo realizado, foi possível identificar oportunidades de melhoria dentro do processo analisado.

Analisando pontualmente o processo de estoque da empresa, para o desenvolvimento dessa atividade, identificou-se que é um processo altamente repetitivo que necessita muitas movimentações em posições desconfortáveis. Sugere-se estabelecer

pausas mais descontraídas, incentivando a iteração e o relaxamento dos funcionários para evacuar o estresse, a tensão e a monotonia do trabalho.

Ademais, um ponto importante que os funcionários deixaram claro tanto nas entrevistas, quanto no questionário é a insatisfação com relação à liderança. Dessa forma, sugere-se realizar uma pesquisa de satisfação geral e de apreciação da cultura organizacional com os funcionários, de forma a identificar os principais pontos de oportunidade para a empresa. Por fim, para promover motivações e estímulo aos colaboradores, recomenda-se a implementação de bonificações e programas de reconhecimento com base em melhorias propostas e no trabalho realizado. Além disso, sugere-se a promoção de reuniões da liderança de forma mais próxima com os colaboradores, tanto para feedbacks quanto para compreender as expectativas de crescimento do trabalhador. Sugere-se ampliar esse estudo para as outras áreas da empresa de forma a realizar uma constatação completa do cenário da empresa.

3. Considerações finais

Objetivando melhorar o processo de estoque e registro de materiais em uma empresa do setor metalúrgico, a partir do envolvimento dos funcionários, realizou-se a aplicação do ciclo DMAIC em conjunto com o método AMT. O produto final desse projeto consiste em um processo aprimorado, que leve em consideração a realidade da empresa, os fatores humanos e a produção enxuta.

Através de entrevistas realizadas com os funcionários, foi constatada uma insatisfação em relação à gestão e ao clima organizacional. Como esse problema é mais complexo, o feedback foi relatado à empresa e o tema não foi abordado no ciclo de melhoria proposto. As principais oportunidades identificadas foram: temperatura do ambiente de trabalho, problemas relacionados ao conteúdo do trabalho (como limitações, carga de trabalho, estresse e falta de dinamismo e estímulo), pouco tempo disponível para a realização das atividades, pouca clareza dessas atividades, má distribuição das responsabilidades, alto esforço mental e físico exigido, desconforto nos membros superiores, falta de treinamentos e dispositivos ergonômicos e longos tempos de contagem (tarefa contínua por longos períodos de tempo).

Dentre essas principais oportunidades, foram priorizadas as causas que receberiam ações neste ciclo de melhoria contínua. Essa priorização ocorreu por meio da

matriz GUT e matriz de oportunidade de melhoria. Com base nas causas prioritárias (dores nos membros superiores, treinamento, esforço físico e falta de dispositivos ergonômicos), foi desenvolvido um plano detalhado de testes, ações e controle, a fim de estruturar soluções sustentáveis a longo prazo e mitigar esses pontos de insatisfação.

Para que os resultados pudessem ser mantidos, realizou-se o desenvolvimento e a implementação de novos processos (registro por powerApps e verificação no Power BI) e elaborou-se um procedimento operacional padrão para o registro de endereçamento dos materiais. Como o processo de desenvolvimento e implementação envolveu todos os funcionários que possuem interface com os processos, o processo de treinamento foi realizado em uma breve reunião expositiva que mostrou a versão final e retomou de forma resumida o funcionamento dos processos.

Como principal recomendação, sugere-se a adoção de ferramentas de avaliação ergonômica e a realização periódica dessas avaliações. Em relação à meta estabelecida pela empresa, que era de alcançar uma acuracidade de 95%, essa meta foi praticamente alcançada (ficando apenas 0,34 pontos percentuais abaixo).

Por fim, conclui-se que, considerar o aspecto humano durante o ciclo de melhoria pode levar a resultados positivos para a empresa. Portanto, projetos dessa natureza contribuem para resgatar a importância de considerar os fatores humanos em projetos de melhoria e devem ser impulsionados no campo da engenharia.

4. Referências bibliográficas

BITENCOURT, Rosimeire Sedrez; OKUMURA, Maria Lucia Miyake. **Um panorama da Indústria 5.0: o resgate do fator humano**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2020.

GUIMARÃES, Lia Buarque M. (ed.). **Ergonomia de Produto 2**. Porto Alegre: PPGE/UFGRS, 1998.

GLOBAL NETWORK FOR SMART ORGANIZATION DESIGN. **Global socio-technical system perspectives: na interactive conversation. The Tavistock Institute**. Disponível em: <<https://www.tavistock.org/projects/global-socio-technical-systems-perspectives-an-interactive-conversation/>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

NASCIMENTO, Francisco Paulo. **Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática – como elaborar TCC**. Brasília: Thesaurus, 2016.