



OTIMIZAÇÃO DE LEIAUTE PRODUTIVO EM CÉLULA DE SOLDAGEM DE TUBULAÇÕES INOXIDÁVEIS DE SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

OPTIMIZATION OF PRODUCTION LAYOUT IN WELDING CELL FOR STAINLESS STEEL PIPES IN INDUSTRIAL REFRIGERATION SYSTEMS

Fabio Alexandre Dias | fabio.adias@unitau.br | Universidade de Taubaté/SP

RESUMO

As variações de um arranjo físico em ambientes fabris, quando analisadas pelo viés da produtividade, apresentam aspectos estratégicos para otimização do trabalho, oportunizando reduzir desperdícios de movimentação, redução de *lead time* das atividades por não agregarem valor aos produtos e serviços realizados pela organização industrial. Sistemas de produção bem-sucedidos devem contemplar uma análise crítica e minuciosa desde a etapa do projeto até sua concretização nas fábricas sendo imprescindível prever e visualizar processos de melhoria que agregam valor produtivo e financeiro para minimizar os custos operacionais. O objetivo desta pesquisa é identificar e apontar os ganhos operacionais comparados com as melhorias implantadas, ou seja, o antes e o atual. Como metodologia, foram utilizadas ferramentas tradicionalmente aplicadas e difundidas pelo sistema Toyota de produção e suas atualizações com foco nos oito desperdícios e demais ferramentas que os compõe pesquisadas em referencial teórico e estudos de casos com temas alusivos ao assunto. O resultado foi a aplicação destas ferramentas e seus impactos na otimização do processo. Conclui-se que houve sucesso na redução dos custos operacionais após a implantação das melhorias na linha de produção da Empresa.

Palavras-chave: Impacto produtivo. Produtividade. Otimização. Ganho operacional.

ABSTRACT

When analyzed from a productivity perspective, variations in a physical layout in manufacturing environments allow strategic aspects for optimizing work, providing opportunities to reduce waste in movement and reduce the lead time of activities that do not add value to the products and services performed by the industrial organization. Successful production systems must include a critical and thorough analysis from the design stage to their implementation in the factories, and it is essential to foresee and visualize improvement processes that add productive and financial value to minimizing operating costs. The objective of this research is to identify and point out the operational gains compared to the improvements implemented, that is, the previous and the current. As a methodology, tools traditionally applied and disseminated by the Toyota production system and their updates were used, focusing on the eight wastes and other tools that comprise them, researched in theoretical frameworks and case studies with themes alluding to the subject. The result was the application of these tools and their impacts on process optimization. It is concluded that there was success in reducing operating costs after implementing the improvements in the Company's production line.

Keywords: Productive impact. Productivity. Optimization. Operational gain.

INTRODUÇÃO

A manufatura enxuta destaca-se pelo processo de otimização das ações do como fazer, considerando a repetibilidade para atingir melhorias no processo, ou seja, dentro das condições apresentadas, com ganhos no tempo de processamento e melhoria da qualidade, com um fluxo enxuto, insere aos que o aderem, em um ciclo de melhoria contínua, objetivo e abrangente, que posiciona as organizações em melhores patamares de produtividade, economicidade, satisfação do cliente, sejam eles internos ou externos, e demais partes interessadas.

Antigas receitas de como produzir para novas empresas, convergem para otimização dos processos dentro do um contexto emergente de intervenções tecnológicas na indústria, melhorias de indicadores, redução de custos e maior competitividade com a interação humano-máquina e suas telas com dados atualizadíssimos (Moura; Moura, 2019). As novas tecnologias, não são um fim em si mesmas, mas dependem de ações predecessoras, preventivas ou corretivas, não apenas para refletir eficiência, na maioria dos casos, mas para garantir a eficácia. Contudo há necessidade de treinamento para aprendizagem para solução de problemas reais (Costa *et al.*, 2025).

Dentro das ações predecessoras, a análise dos oito desperdícios baseada e atualizada do Sistema Toyota de Produção (STP), analisaremos a importância do *layout* produtivo, seus impactos negativos, quando não pensados ou não planejados, sendo impulsionados pelas altas demandas produtivas ou simples ausência de um adequado projeto de fábrica ou seus impactos positivos, quando os espaços são projetados, planejados ou ações corretivas implantadas (Oliveira, 2024).

Este artigo visa apresentar dados comparativos e estabelecer uma relação dos ganhos obtidos, antes e depois, das ações efetivamente implantadas em uma linha de soldagem de tubulações inoxidáveis para equipamentos de refrigeração industrial.

No campo da engenharia, a otimização do leiaute de células de soldagem de tubulações inoxidáveis representa um imperativo técnico para aprimorar a eficiência do processo e mitigar os desafios termodinâmicos associados à refrigeração industrial.

O rearranjo físico de forma estratégica de postos de trabalho, equipamentos e fluxos de material dentro de uma célula produtiva, busca minimizar tempos de ciclo, deslocamentos e estoques em processo sem causar transtornos ou exceder o limite físico- cognitivo da força laboral em seus postos de trabalho (Antônio *et al.*, 2024).

Concomitantemente, uma consideração primordial na realocação dos ativos é a facilitação de um controle térmico superior, seja através da melhoria da circulação de ar, da localização otimizada de sistemas de exaustão e insuflamento, ou da integração de soluções de refrigeração localizadas, ou seja, é preciso delinear o experimento de refrigeração de modo que não ofereça riscos e atenda os diferentes fatores produtivos em diferentes níveis do *mix* produtivos (Moura *et al.*, 2021; Moura *et al.*, 2024).

A abordagem holística não apenas reduzi a deformação térmica e o risco de falhas metalúrgicas nas juntas soldadas, mas também otimiza o consumo energético dos sistemas de refrigeração resultando em ganhos substanciais de produtividade, qualidade do produto e sustentabilidade operacional com a percepção e sensação de bem-estar da força laboral (Silva *et al.*, 2024).

REFERENCIAL TEÓRICA

Os cenários competitivos entre as empresas e demandas de seus clientes impulsionaram a implantação adaptada dos princípios da Manufatura Enxuta, embasados no Sistema Toyota de Produção (STP), para redução dos custos, tendo como premissa a redução de desperdícios (Leão; Batista, 2020).

Segundo Ohno (1997) é fundamental que, os processos de gestão, desenvolvam a força de trabalho em suas habilidades, refletindo diretamente na capacidade de execução de suas tarefas de forma criativa e sistêmica, otimizando os recursos disponíveis na eliminação de desperdícios.

O STP possui premissas importantes a serem consideradas e, ao longo dos anos sua apropriação por parte das indústrias demandaram percepções aditivas ao estado inicial de sua concepção, fato que, levou a integração de um desperdício adicional a outros sete anteriormente preconizados, o desperdício intelectual (Medeiros, 2023).

O pensar no trabalho não apenas executá-lo, parte de uma premissa de consideração das experiências vivenciadas pelas frentes de trabalho, quando desconsideradas podem representar distâncias maiores nas ações de melhoria, *kaizen*, das empresas para resolução de problemas, fato representativo na redução da motivação, impactando na gestão da inovação, a partir do *genba*, local onde as coisas realmente acontecem (Hambach *et al.*, 2017).

Quando pensamos sistemicamente em uma série de ações para o planejamento de processos produtivos, seus caminhos de manufatura, máquinas e equipamentos envolvidos, uma das primeiras ações a serem consideradas como base é respeitar as pessoas, uma das bases do STP e suas observações acerca de suas tarefas realizadas ou a realizar, suas considerações sobre o como fazer, os por quês e os para que, assim abrindo *insights* para fundamentação de conceitos, etapas de processos e formas de se fazer (Ballé; Evasque, 2021; Ghinato, 2023).

Ao se realizar a análise de uma determinada tarefa, e ao se considerar sua otimização, estabelece-se o ciclo de melhoria contínua de forma macro, a partir de microprocessos em pequenas ações que evoluem ou se modificam para que ocorram a redução dos seus tempos de execução e com melhoria do desempenho operacional conforme Quadro 1 que embasam o conceito de ganhos produtivos (Salgado *et al.*, 2016).

Quadro 1 | Estágios e medições de desempenho da melhoria contínua

Estágio de Melhoria Contínua	Medição de Desempenho
Pré-Melhoria Contínua	<ul style="list-style-type: none"> Recorte: medidas individuais Finalidade: monitoramento de atividades específicas Características: medidas locais (específicas para uma determinada atividade)
Melhoria Contínua Estruturada	<ul style="list-style-type: none"> Recorte: conjunto de medidas de desempenho Finalidade: controle dos processos (atividades e resultados) Características: medidas não-financeiras de entrada e saída
Melhoria Contínua Orientada	<ul style="list-style-type: none"> Recorte: sistema de medição do desempenho Finalidade: implementação de melhorias reativas Características: medidas financeiras e não-financeiras balanceadas, e alinhadas funcionalmente
Melhoria Contínua Proativa	<ul style="list-style-type: none"> Recorte: sistema de medição de desempenho coerente com o ambiente Finalidade: implementação de melhorias proativas Características: medidas financeiras e não-financeiras balanceadas, alinhadas funcionalmente e ligadas por relações de causa e efeito. Medidas de satisfação dos stakeholders e medidas de desempenho preditivas
Capacidade Total de Melhoria Contínua	<ul style="list-style-type: none"> Recorte: sistema de medição de desempenho voltado para o aprendizado Finalidade: implementação de mudanças ou transformações no negócio Características: medidas de desempenho sobre os aspectos intangíveis do negócio (competências e capacidades organizacionais)

Fonte: Adaptado de Attadia; Martins (2003).

As atividades se subdividem em novas microanálises para percepção do que se agrega ou não agrega valor na transformação de um bem, seja ele, um produto, um processo ou um serviço, possibilitando assim, a identificação de oportunidades de melhoria e eliminação de desperdícios (Bapstistella, 2018).

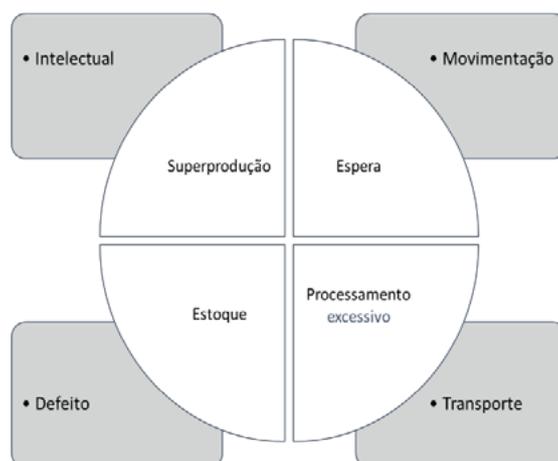
As atividades que agregam valor, são todas aquelas que interferem diretamente na transformação, por exemplo, em um dado processo, de suas entradas em uma saída sem que ocorram desperdícios neste intervalo em prol da elevação do índice de valor agregado (IVA) aos objetos de análise (Almeida, 2022) conforme Equação 1 (Bornia, 2009).

$$\text{Índice Valor Agregado (IVA)} = \left(\frac{\text{tempo total da atividade de valor agregado}}{\text{tempo total do proceso}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Os problemas de movimentação e transporte de materiais, nas industriais brasileiras, representam grandes impactos na redução dos índices de valor agregado nos processos de manufatura entre entradas em saídas que representam valor ao cliente, seja interno ou externo. Quanto menor o tempo gasto para o transporte de insumos a serem manufaturados, melhor será o valor agregado da respectiva saída (Silva; Brasil Júnior; Cruz, 2022).

Para correta análise do que se agrega, faz-se necessária a compreensão daquilo que não agrega valor entre entradas e saídas dos processos de manufatura, ou seja, um refinamento analítico dos desperdícios conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 | Os oito desperdícios, uma evolução do STP

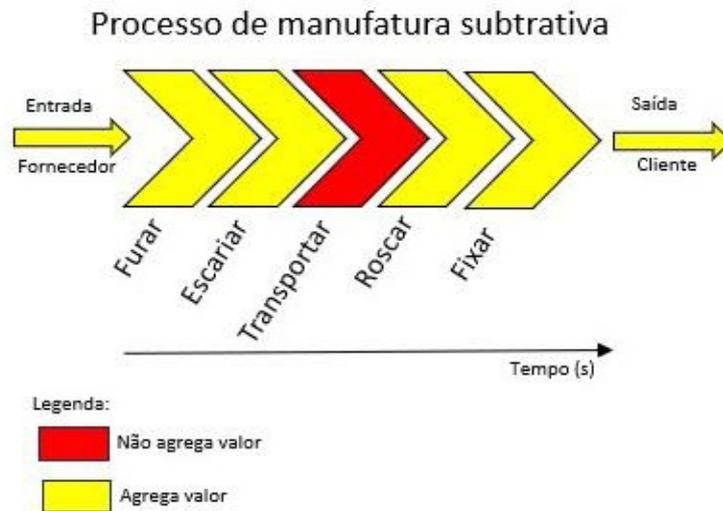


Fonte: Autor (2025).

Os problemas de movimentação e transporte de materiais, nas industriais brasileiras, representam grandes impactos na redução dos índices de valor agregado nos processos de manufatura entre entradas em saídas que representam valor ao cliente, seja interno ou externo. Quanto menor o tempo gasto para o transporte de insumos a serem manufaturados, melhor será o valor agregado da respectiva saída (Silva; Brasil Júnior; Cruz, 2022).

De forma semelhante, a redução da movimentação entre as etapas de um dado processo de manufatura, contribuirá para a melhoria do índice de valor agregado (Figura 2), pela redução de desperdícios (Viana *et al.*, 2017).

Figura 2 | Esquema representativo de agregação e não agregação de valor



Fonte: Autor (2025).

O tempo de execução das tarefas, apresenta-se como uma das variáveis a serem analisadas nos aspectos relacionados ao transporte e movimentação, exigindo a aplicação de técnicas crono analíticas para este fim (Lima *et al.*, 2020). Há diversas formas e modelos para o levantamento dos tempos e movimentos, difundindo-se boas práticas utilizadas para análise e registro sistêmico das tarefas com a finalidade de difundir a sua interpretação e fácil visualização conforme Quadro 2.

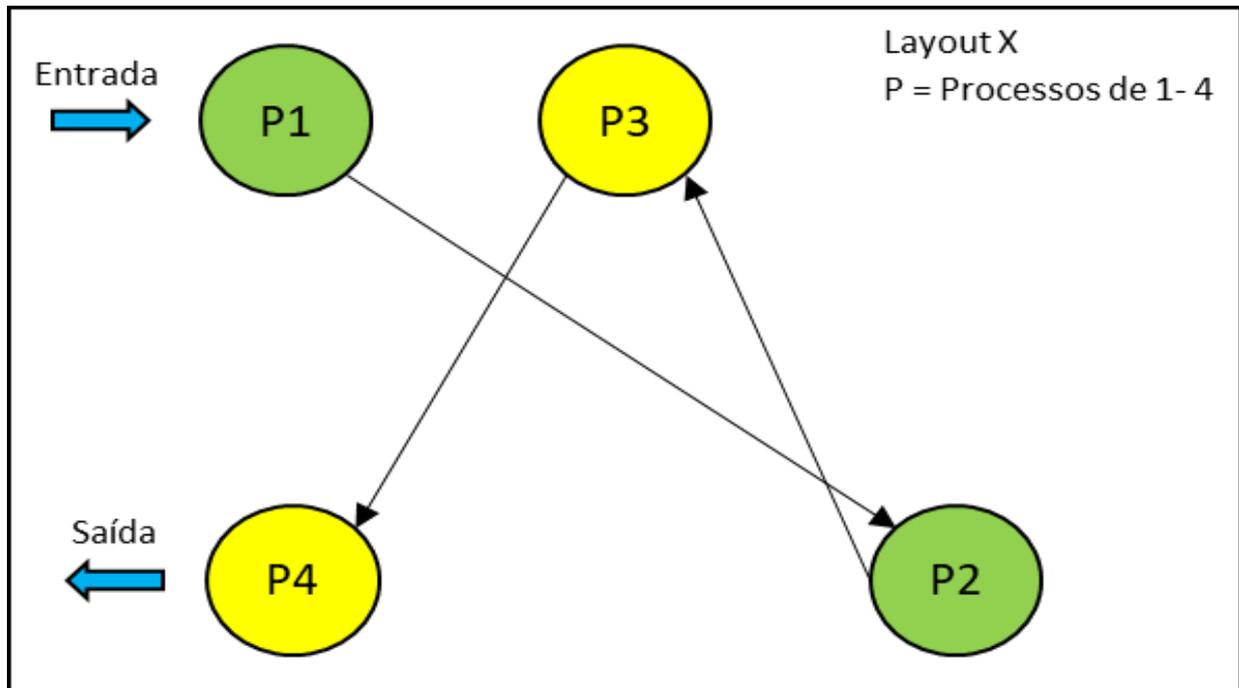
Quadro 2 | Padrão de simbologia comumente utilizado em cronoanálises

Símbolo	Significado	Descrição
●	Operação	Modifica ou transforma o produto
→	Transporte	Deslocamento de materiais ou pessoas
□	Inspeção	Verificação da qualidade, quantidade e inspeção
D	Espera	Tempo que há inatividade no processo
▽	Armazenamento	Guarda controlada de materiais ou produtos

Fonte: Autor (2025).

A perda de tempo, em uma tarefa, pode ocorrer por conta de diversos fatores que não agregam valor além da movimentação e do transporte, podemos destacar o fluxo cruzado conforme Figura 3.

Figura 3 | Representação esquemática de um fluxo cruzado

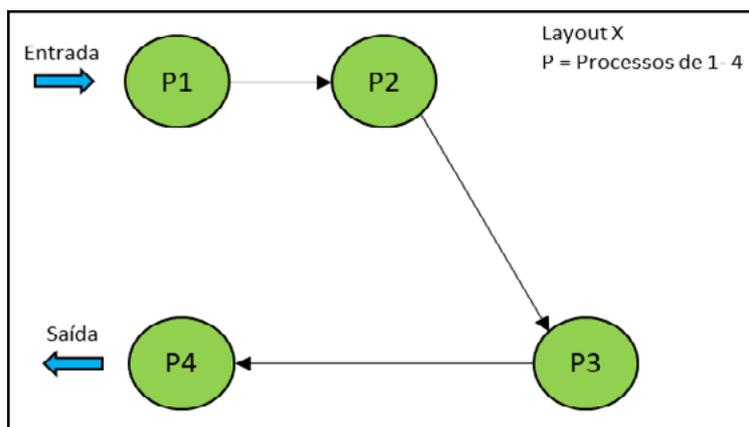


Fonte: Autor (2025).

Problemas de fluxo cruzado ocorrem quando o fluxo de processamento de uma tarefa não foi planejado ou projetado para ocorrer de forma contínua, ou seja, que siga uma lógica entre duas etapas evitando que pessoas, insumos e transporte de materiais ocorram de forma a dificultarem movimentações e transportes reduzindo ainda mais os indicadores de atividades que agregam valor aos processos industriais, por exemplo (Lima; Loos, 2017).

Um fluxo contínuo (Figura 4), de um dado processo de fabricação, deve contemplar as entradas básicas, como itens a serem transformados ou que compõem determinado kit de montagem até o processo de expedição ou encaminhamento para uma nova etapa de processamento, que representam as saídas para o cliente, seja ele externo ou interno, de modo fluido e sequenciado (Lima *et al.*, 2017).

Figura 4 | Representação esquemática de um fluxo contínuo



Fonte: Autor (2025).

Outro fator preponderante é a falta de planejamento entre as tarefas, se que se analisem gargalos que paralisam o desenvolvimento de dados processo gerando o que chamamos de espera, o tempo que ocorre por desbalanceamento entre os tempos das tarefas impactando na produtividade, por este motivo, o *Genba* deve ser o alvo das ações, ele traz consigo conhecimento para evolução e assertividade no *Kaizen*, mesmo com ações simples (Santos *et al.*, 2021).

O Diagrama Espaguete, dentro da metodologia do Lean Manufacturing para análise de movimentação, onde uma representação do *layout* é definida e utilizada para representar linearmente os percursos realizados por um trabalhador ou grupo de trabalhadores, em uma ou mais tarefas, podendo ser aplicado para mapear a movimentação do item a ser produzido em seus processos de transformação, ao invés dos trabalhadores na execução de suas tarefas (Silva; Santos; Oliveira, 2023).

Atécnica aplicada, favorece a percepção visual da movimentação e oportunidades de melhoria, facilitando a elaboração de propostas de novos arranjos físicos dos ambientes, englobando realocações de máquinas e equipamentos, bancadas e alternância nos postos de trabalho mediante as características peculiares de cada processo em análise.

A eliminação ou mitigação de desperdícios nos processos produtivos reduzem gastos desnecessários, que impactam no custo produtivo, no repasse destes valores ao cliente final aumentando a competitividade, ganho de Mercado e assentamento da Organização em seu segmento de atuação (Almeida, 2022).

Ter um olhar apurado, demanda organização e aprendizado, dentro do STP – Sistema Toyota de Produção, três termos se destacam como instrumentação da percepção dos problemas em um dado processo produtivo, o “Muda”, “Mura” e “Muri” que são utilizados para identificar desperdícios, irregularidades e sobrecargas (Onnoda; Pecora Junior, 2022).

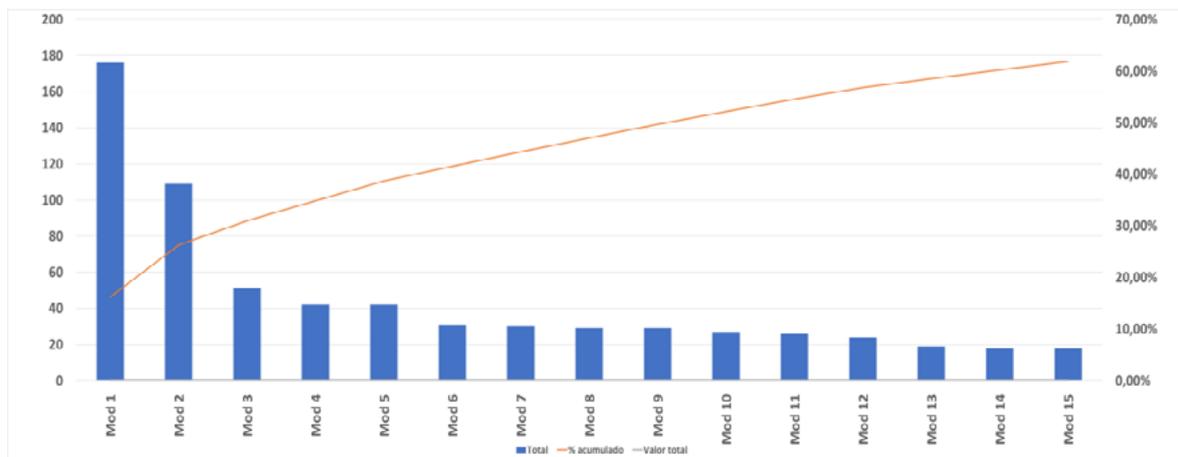
METODOLOGIA

Foi aplicado o método ABC de categorização dos conjuntos soldados, na ordem decrescente, destacando as respectivas demandas e percentis médios no tempo de apuração estabelecido para este estudo, mediante tabulação dos modelos e quantidades fabricadas e registradas em sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) da Empresa seguindo os critérios:

- ∅ Conjuntos soldados classe A: representaram 80% dos itens fabricados;
- ∅ Conjuntos soldados classe B: representaram 15% dos itens fabricados;
- ∅ Conjuntos soldados classe C: representaram 5% dos itens fabricados.

Após categorização, sistematizou-se um gráfico de demanda para síntese e representação dos modelos em curva de demanda para análise do Princípio de Pareto 80/20 conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 | Representação de gráfico de demanda com recorte Classe A da Curva ABC



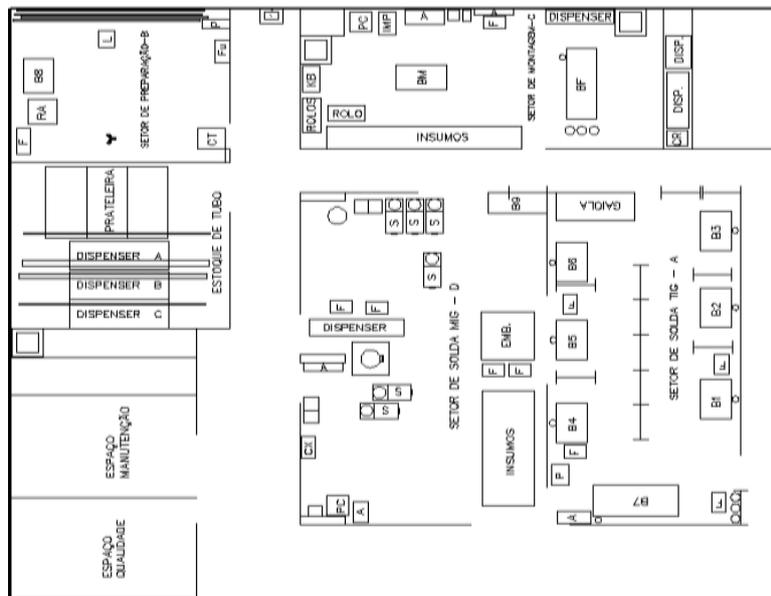
Fonte: Autor (2025).

Para melhoria das ações e escolha adequada do objeto de estudo, fez-se necessária a tabulação quantitativa das tubulações fabricadas no setor de solda e, a partir da análise dos indicadores, a representatividade de cada conjunto soldado fosse utilizada como parâmetro decisório para desenvolvimento do estudo.

Por confidencialidade aos dados da Empresa os nomes dos conjuntos soldados de Mod. 1 até Mod. 119 estão codificados nas famílias de máquinas que compõe as tubulações e o Mod. 1 escolhido como objeto de estudo e para análise de *layout* e movimentação, representou a média de 16,81% de toda a produção no período apurado de sete meses, classificado como primeiro item de maior demanda na Curva ABC na transição do primeiro para o segundo semestre do ano, período ascendente da fabricação na sazonalidade.

Foi elaborado um *layout* contemplando as áreas correlatas as demandas de movimentação e análise de fluxos produtivos do estado presente (Figura 6), precedendo as implementações de melhorias, *Kaizen*, para análise das oportunidades de redução e eliminação dos desperdícios.

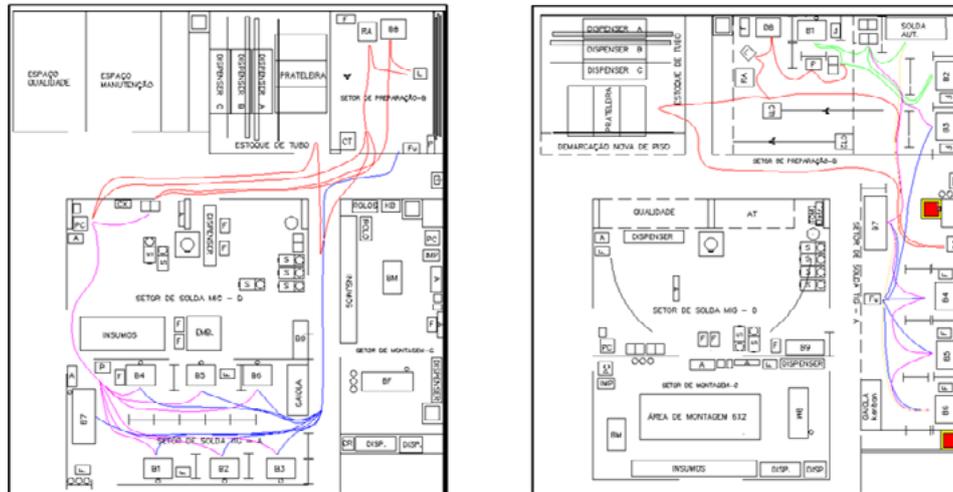
Figura 6 | *Layout do estado atual*



Fonte: Autor (2025).

Para análise das movimentações entre as tarefas, realizadas no estado presente, foram filmadas e representadas em Diagrama Espaguete para posterior análise qualitativa e quantitativa fluxo produtivo e proposta de novo *layout* e diagramação do estado futuro, após sua implantação (Figura 7), para tabulação, comparação e análise dos resultados.

Figura 7 | Diagrama Espaguete, análise comparativa de movimentação e fluxo produtivo Estado Presente Estado Futuro



Fonte: Autor (2025).

O layout do estado atual e proposto contemplou a implantação de um sistema automatizado para soldas orbitais, presentes nas tubulações, que compõem o Mod. 1. Esta implantação demandou um aumento de área útil para o setor de solda e realinhamento de tarefas para otimização do fluxo produtivo (Tabela 1) saindo do estado presente, cruzado, para majoritariamente contínuo.

Tabela 1 | Movimentações nos macroprocessos com alterações de layout

Layout	Atual	Proposto
Preparação (m)	79,47	54,89
Abertura de tubos (m)*	83,42	--
Retirada de material (m)*	243,0	--
Ponteamto e fechamento auto.(m)**	--	37,51
Entrega para montagem (m)**	--	50,93
Operações com furadeira (m)	312,48	52,16
Savings (R\$)		
Total de movimentação em metros	718,39	195,49
Total de movimentação em passos ***	942,25	256,54
Ganhos operacionais com redução de movimentação após as implantações (%)	--	72,79

Legenda:

*processos eliminados com novo layout

**processos adicionados com novo layout

*** Segundo Pietraszewski et al. (2025) um passo equivale a 0,762 metros

Fonte: Autor (2025).

Posteriormente utilizou-se parâmetros de acessibilidade para portadores de necessidades especiais (Benevides *et al.*, 2024) biomecânicos convencionados e referenciados em estudos acadêmicos, para análise da quantidade de passos por metro e ganhos com redução das movimentações, dos trabalhadores, apuradas nas atividades realizadas no estado presente, no processo de fabricação do objeto de estudo, soldagem do Mod. 1 (Neumann; Scalice, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentam os comparativos de movimentação em metros, quantidade de passos dados e fluxo de trabalho, entre o estado presente e o estado futuro, no processo de fabricação do Mod. 1, valores totais e ganhos em percentil após a realização do *Kaizen* proposto.

Evidenciou-se uma redução significativa de movimentação, transporte de insumos, quantidade de passos e melhoria no fluxo produtivo, obtendo ganhos acima de 70% (setenta por cento) em análise global das movimentações e reorganização das tarefas que delineiam as ações do setor dentro da proposta de fluxo contínuo.

A reorganização do *layout* apresentou uma série de melhorias, analisadas qualitativamente, como a elevação do score do setor de solda, junto aos processos de auditorias internas do programa 5S's.

Elevação do número de funcionários do setor de solda inseridos em programas de melhoria contínua, com implantação de ações aprovadas e implantadas de forma oficial pela Empresa A.

Redução dos desperdícios relacionados a movimentação e transporte de insumos, reduzindo o lead time das tarefas que não agregam valor ao cliente interno e externo, conseqüentemente elevando o IVA – Índice de Valor Agregado nos processos em análise, ganhos na produtividade e lucratividade na fabricação do Mod. 1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas evidenciaram os impactos do *layout* em um projeto de fábrica, sua importância dentro do planejamento prévio e como estratégia no processo de melhoria contínua, *Kaizen*, para ganhos de produtividade e redução de desperdícios.

Em relação ao reposicionamento das áreas produtivas, destacamos a estratégia de implantação de um fluxo contínuo, desde as entradas primárias como posicionamento de insumos, durante processo de manufatura, analisando o posicionamento de bancadas, máquinas, equipamentos e as saídas dos produtos acabados que compõem processos de montagem de máquinas de refrigeração industrial, no atendimento do cliente interno e posteriormente o externo.

Sobre o remanejamento das tarefas, observou-se melhoria na organização do trabalho e ganhos de produtividade, a serem apurados quantitativamente em novos estudos, aos quais este artigo possibilita continuidade.

O engajamento dos funcionários no processo de transformação de suas áreas de trabalho, organização e métodos, inicialmente geraram inseguranças em face a nova forma de execução das atividades e novo ambiente, superadas rapidamente pela percepção da melhoria operacional evidenciada. Fato reforçado pelas ideias apresentadas e implantadas pelos funcionários com intuito de agilizar suas tarefas diárias, melhorar a qualidade de suas entregas, dentro do próprio setor e inicialmente o cliente interno.

Ações de monitoramento e medição de resultados devem ser realizadas de forma contínua pela Empresa A, para que os resultados obtidos não sejam perdidos ao longo do tempo e sim aprimorados e sempre revisitados, buscando um padrão operacional de excelência, consolidando-se como referência em seu segmento de atuação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N. A. S. Intensidade tecnológica e valor agregado da indústria de transformação do Brasil. Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE, Salvador, v. 1, n.51, p.1–20, 2022. <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/6534>. Acesso em: 1 jul. 2025.
- ANTÔNIO, M. R., REGINA, O. M., GOUSSAIN, B. G. C. S., SILVA, M. B. (2024). Neuroergonomics approach in the workplace aiming to standardize movements and increase workers' sense of well-being. 24(10), 472–482. <https://doi.org/10.53660/CLM-3313-24H27>
- ATTADIA, L. C. L.; MARTINS, R. A. Medição de desempenho como base para evolução da melhoria contínua. Produção, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 33–41, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/6bNXT3G6ryY7mnqVG6xKptg>. Acesso em: 1 jul. 2025.
- BALLÉ, M; EVESQUE, B. A casa STP é uma luz orientadora para a empresa que deseja iniciar sua jornada lean. Lean Institute Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/453/a-casa-stp-e-uma-luz-orientadora-para-a-empresa-que-deseja-iniciar-sua-jornada-lean>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- BAPTISTELLA, M. M. T. A importância da produção enxuta para a redução dos desperdícios nas empresas: uma abordagem teórica. In: Simpósio De Engenharia De Produção – Simep, 6., 2018, Salvador. Anais [...]. Salvador: UNIFACS, 2018. Disponível em: <http://dSPACE.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/31772>. Acesso em: jul. 2025.
- BENEVIDES, M. P.; XAVIER, K. R. S. L.; et al. (2024) Sign talk assistive technology: real-time recognition of the libras typical alphabet using artificial intelligence. RGSA, v. 18, n. 12, p. e010610, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n12-214>
- BORNIA, A. C. Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 214 p.
- COSTA, J. C. L.; SANTOS, D. F. A.; OLIVEIRA, M. R. de; MOURA, R. A. 2025. Aprendizagem com solução de problemas reais para aprimoramento discente na injunção socioprofissional. CLCS, [S. l.], v.18, n.2, p. e15288, 2025. DOI: 10.55905/revconv.18n.2-100.
- GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-time, Automação (Jidoka) e Zero Defeitos. 2. ed. Caxias do Sul: Lean Way, 2023.
- HAMBACH, J.; KUMMEL, K.; METTERNICH, J. Development of a digital continuous improvement system for production. Conference on Manufacturing Systems, v. 4, n. 5, p. 330–335, 2017.
- LEÃO, A. L.; BATISTA, M. L. Aplicação do Sistema Toyota de Produção em uma indústria de manufatura: estudo de caso. Revista de Administração e Inovação, v. 17, n. 3, p. 250–266, 2020.
- LIMA, J. F. et al. Aplicação da cronoanálise em processos industriais. Revista Mangaio Acadêmico, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 81–106, 2020.
- LIMA, P. A. M.; LOOS, M. J. Aplicação de fluxo contínuo como contribuição no aumento da produtividade e diminuição do lead time de uma indústria metalúrgica. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 13, n. 1, p. 99–119, jan./mar. 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rgi>. Acesso em: 1 jul. 2025.
- MEDEIROS, L, E. P. 2023. Mapeamento e melhoria de processos sob a ótica do Lean Production: caso do setor de logística de uma empresa de itens médicos. 2023. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.
- MOURA, J. L.; MOURA, R. A. (2019). Interação humano-máquina no sistema produtivo da indústria 4.0 visando aumentar a produtividade e reduzir lesões por esforços repetitivos. Fatec de São José dos Campos. DOI: <https://doi.org/10.37619/issn2447-5378.v1i6.213.217-227>
- MOURA, R. A. DE, SANTOS, D. F. A., GOUSSAIN, B. G. S., et al. (2024). Design of Experiments (Doe) for non-specialists in statistics in the food industry: trials with popcorn. RGSA, 18(10). <https://>

doi.org/10.24857/rgsa.v18n10-229

MOURA, R., MARQUES, D., COSTA, J., & SILVA, M. (2021). A urbanidade da higiene ocupacional na era digital e social da antecipação e prevenção. 2021. Sodebras 16(184), 29-33. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.184.29>

NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. Projeto de fábrica: layout e fluxo. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. ISBN 978-85-352-5407-5 (impresso). ISBN 978-85-352-5406-8 (digital).

OLIVEIRA, L. M. S. Melhoria contínua na gestão da produção: aplicação dos princípios do Sistema Toyota de Produção. Paraguai: Universidad de Desarrollo Sustentable, 2024.

ONNODA, R. T.; PECORA JUNIOR, J. E. Técnicas de medição de perda do tipo MURA nas manufaturas enxutas: uma prospecção tecnológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2022, Brasil. Anais [...]. [S.l.: s.n.], 2022.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
SALGADO, E. G. et al. Práticas para a melhoria contínua do Processo de Desenvolvimento de Produtos: análise comparativa de múltiplos casos. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 23, n. 3, p. 540–555, jul./set. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/5TYnfsZrfyBBmRxCTwq5rHj>. Acesso em: 1 jul. 2025.

SANTOS, R. M. S. et al. Redução de desperdícios operacionais: um estudo em uma indústria aeronáutica. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355889033_reducao_de_desperdicios_operacionais_um_estudo_em_uma_industria_aeronautica/fulltext/6381622b48124c2bc66ec5ac/reducao-de-desperdicios-operacionais-um-estudo-em-uma-industria-aeronautica.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.

SILVA, B. C.; BRASIL JÚNIOR, I. Í.; CRUZ, R. G. Logística de movimentação e armazenagem: a importância da implantação de processos internos na gestão empresarial. *Qualia: A Ciência em Movimento*, v. 8, n. 1, p. 1–27, jan./jun. 2022. ISSN 2447-9691.

SILVA, E. A.; CAMARGO, A. A.; SILVA, M. B.; MOURA, R. A. (2024). *Neuroergonomía y Tecnologías inmersivas para lograr un envejecimiento saludable sin dolor ...* Revista Exatas. V.30. UNITAU. DOI: <https://doi.org/10.69609/1516-2893.2024.v30.n2.a3916>

SILVA, J.; SANTOS, M.; OLIVEIRA, L. Aplicação do diagrama de espaguete para rearranjo do processo produtivo e minimização do desperdício de movimentação em uma empresa manufatureira. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/367408243_aplicacao_do_diagrama_de_espaguete_pa_ra_rearranjo_do_processo_produtivo_e_minimizacao_do_desperdicio_de_movimentacao_em_u_ma_empresa_manufatureira/fulltext/63d13219d7e5841e0bf778be/aplicacao-do-diagrama-de-espaguete-para-rearranjo-do-processo-produtivo-e-minimizacao-do-desperdicio-de-m. Acesso em: 2 jul. 2025.

VIANA, Á. L. et al. Redução de custos que não agregam valor via melhoria de processos: estudo de caso na produção de móveis. *Revista Espaços*, Caracas, v. 38, n. 43, p. 15, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n43/17384315.html>. Acesso em: 2 jul. 2025.

