



## ANÁLISE DE RECONFIGURAÇÃO DE LAYOUT INDUSTRIAL PARA OTIMIZAÇÃO DE FLUXOS PRODUTIVOS

## INDUSTRIAL LAYOUT RECONFIGURATION ANALYSIS FOR OPTIMIZATION OF PRODUCTION FLOWS

## ANÁLISIS DE RECONFIGURACIÓN DE DISEÑOS INDUSTRIALES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS FLUJOS DE PRODUCCIÓN



<https://doi.org/10.56238/levv12n30-009>

Data de submissão: 23/01/2022

Data de publicação: 23/02/2022

**Marcelo Evangelista da Silva**

### RESUMO

Sintetizam-se evidências recentes sobre a otimização de arranjos físicos em sistemas produtivos reconfiguráveis, com o objetivo de mapear os métodos empregados, as métricas de desempenho utilizadas e os impactos obtidos, a partir de uma revisão bibliográfica qualitativa de publicações indexadas. Foram analisados trinta estudos avaliados por pares, cujos dados foram organizados em quatro categorias analíticas: planejamento de layout, métricas de desempenho, algoritmos de otimização e sustentabilidade. Os resultados apontaram incrementos médios de até sessenta e seis por cento no Overall Labor Effectiveness após intervenções que combinaram reposicionamento de máquinas, sensoramento em tempo real e modelagem matemática, além da redução das distâncias percorridas por operadores, do consumo energético interno e da ocorrência de ciclos de muda-volta. Conclui-se que o layout industrial deve ser gerenciado como um sistema dinâmico, apoiado por gêmeos digitais, indicadores ESG e uma cultura de melhoria contínua, a fim de preservar a competitividade em mercados voláteis.

**Palavras-chave:** Layout industrial. Manufatura reconfigurável. Desempenho operacional. Otimização. Indústria 4.0.

### ABSTRACT

This study consolidates recent evidence on the optimization of physical layouts within reconfigurable manufacturing systems, aiming to map the employed methods, performance metrics, and observed impacts through a qualitative bibliographic review of indexed publications. Thirty peer-reviewed studies were analyzed and organized into four analytical categories: layout planning, performance metrics, optimization algorithms, and sustainability. The results indicated average increases of up to sixty-six percent in Overall Labor Effectiveness following interventions that combined machine repositioning, real-time sensing, and mathematical modeling, along with reductions in operator travel distances, internal energy consumption, and the occurrence of move-back cycles. It is concluded that industrial layouts should be managed as dynamic systems supported by digital twins, ESG indicators, and a culture of continuous improvement to maintain competitiveness in volatile markets.

**Keywords:** Industrial layout. Reconfigurable manufacturing. Operational performance. Optimization. Industry 4.0.

## RESUMEN

Este artículo resume la evidencia reciente sobre la optimización de la disposición física en sistemas de producción reconfigurables, con el objetivo de mapear los métodos empleados, las métricas de rendimiento empleadas y los impactos obtenidos, basándose en una revisión bibliográfica cualitativa de publicaciones indexadas. Se analizaron treinta estudios revisados por pares, cuyos datos se organizaron en cuatro categorías analíticas: planificación del diseño, métricas de rendimiento, algoritmos de optimización y sostenibilidad. Los resultados mostraron aumentos promedio de hasta un 66 % en la Efectividad Laboral Global (EGL) tras intervenciones que combinaron el reposicionamiento de máquinas, la detección en tiempo real y el modelado matemático, además de la reducción de las distancias recorridas por los operarios, el consumo energético interno y la ocurrencia de ciclos de cambio y retorno. Se concluye que el diseño industrial debe gestionarse como un sistema dinámico, respaldado por gemelos digitales, indicadores ESG y una cultura de mejora continua, para preservar la competitividad en mercados volátiles.

**Palabras clave:** Diseño industrial. Manufactura reconfigurable. Rendimiento operativo. Optimización. Industria 4.0.

## 1 INTRODUÇÃO

A competitividade crescente nos mercados industriais contemporâneos exige das organizações a constante revisão e aprimoramento de seus sistemas produtivos, especialmente no que tange ao arranjo físico dos ambientes de fabricação, conhecido como layout industrial, cuja influência sobre a eficiência operacional, a flexibilidade produtiva e a sustentabilidade dos processos é amplamente reconhecida, sendo que um layout inadequado tende a gerar desperdícios, elevar custos e comprometer a capacidade de resposta da empresa às demandas de um mercado dinâmico e volátil (Silva, 2009).

O conceito de layout industrial, que historicamente evoluiu de práticas artesanais para abordagens sofisticadas baseadas em princípios da Produção Enxuta e da Indústria 4.0, transcende a mera disposição de máquinas e equipamentos, passando a representar uma ferramenta estratégica de gestão, capaz de alinhar o fluxo de materiais, informações e pessoas aos objetivos organizacionais, promovendo um ambiente produtivo mais ágil, seguro e sustentável (Figueiredo, 2016).

Neste cenário, os sistemas de manufatura reconfiguráveis ganham destaque como solução eficiente para enfrentar as constantes flutuações do mercado, oferecendo flexibilidade estrutural e operacional que permite às empresas ajustar rapidamente seus layouts em função das necessidades produtivas emergentes, sem comprometer a eficiência global do sistema, uma vez que a modularidade e a capacidade de reconfiguração tornam-se atributos fundamentais na construção de ambientes produtivos resilientes e preparados para inovação contínua (Reis, 2020).

A integração dos conceitos de layout reconfigurável com as práticas da Produção Enxuta potencializa ainda mais os benefícios operacionais, pois ambos compartilham princípios orientados à eliminação de desperdícios, à otimização dos fluxos produtivos e à geração de valor para o cliente, aspectos cada vez mais relevantes para empresas que buscam diferenciação em mercados altamente competitivos (Rother; Shook, 1998).

Para viabilizar a implementação eficaz de layouts otimizados, uma gama de ferramentas e metodologias tem sido amplamente empregada, destacando-se o Planejamento Sistemático de Layout (SLP), os Mapas de Fluxo de Valor (MFV), os diagramas de espaguete e os softwares de simulação, que oferecem suporte estruturado ao diagnóstico, planejamento e monitoramento das alterações físicas e funcionais nos ambientes industriais (Muther, 1976).

A literatura e a prática industrial evidenciam que os ganhos advindos de projetos bem-sucedidos de melhoria de layout não se restringem aos aspectos físicos do ambiente fabril, mas impactam diretamente indicadores como produtividade, qualidade, segurança, lead time, satisfação dos colaboradores e capacidade de inovação, demonstrando que o layout deve ser tratado como um sistema vivo e integrado à estratégia organizacional (Black, 1998).

Diante desse panorama, este estudo se propõe a reunir e analisar o conhecimento disponível sobre ferramentas e metodologias aplicadas ao projeto e à melhoria de layouts industriais, com ênfase

nas abordagens que integram os conceitos de flexibilidade e Produção Enxuta, objetivando oferecer subsídios práticos e teóricos que orientem as organizações na construção de ambientes produtivos mais eficientes, flexíveis e sustentáveis, alinhados às demandas da Indústria 4.0 e aos desafios de um mercado em constante transformação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE LAYOUT INDUSTRIAL

O layout industrial, entendido como a disposição física dos recursos produtivos, desempenha um papel estratégico no desempenho global das organizações. Essa configuração afeta diretamente variáveis como eficiência operacional, flexibilidade produtiva, segurança do trabalho e qualidade do produto final, aspectos cada vez mais relevantes em mercados competitivos e dinâmicos, nos quais a excelência operacional se torna diferencial competitivo importante (Silva, 2009).

Historicamente, o conceito de layout evoluiu a partir das práticas artesanais para a complexa realidade industrial moderna. Durante a Revolução Industrial, a organização espacial das fábricas era fortemente influenciada pela localização das fontes de energia e pelas necessidades de transporte de matérias-primas, como carvão e minério de ferro. Com o avanço tecnológico e a disseminação da produção em massa, o foco passou a ser a otimização dos fluxos produtivos e a minimização de desperdícios relacionados ao transporte e ao manuseio de materiais (Silva, 2009).

Atualmente, a definição de layout transcende a mera alocação de máquinas e equipamentos no chão de fábrica. Envolve uma abordagem sistêmica que busca alinhar a configuração física do ambiente produtivo aos objetivos estratégicos da organização, considerando aspectos como fluxo contínuo, ergonomia, segurança, flexibilidade e sustentabilidade. O layout passa, assim, a ser uma ferramenta de gestão integrada, com impacto direto sobre a competitividade empresarial (Gonçalves Filho, 2005).

Um dos princípios fundamentais no planejamento de layout é a minimização da movimentação desnecessária de materiais, pessoas e informações. Conforme ressaltado por Shingo, a redução do transporte a zero deve ser um objetivo constante, uma vez que movimentações excessivas geram custos adicionais, aumentam o risco de danos aos produtos e contribuem para a ineficiência operacional (Shingo, 1988).

A literatura aponta ainda que um layout bem planejado deve buscar, entre outros objetivos, minimizar os custos de manuseio interno de materiais, utilizar eficientemente o espaço físico disponível, apoiar o uso otimizado da mão de obra e facilitar a comunicação entre os diversos setores da organização. Essas diretrizes contribuem para a criação de fluxos de valor mais enxutos e ágeis, em consonância com os princípios da Produção Enxuta (Corrêa; Corrêa, 2004).

Outro aspecto relevante refere-se à flexibilidade do layout. Em ambientes produtivos caracterizados por alta variedade de produtos e frequentes alterações no mix produtivo, layouts rígidos tornam-se rapidamente obsoletos e dificultam a adaptação da fábrica às novas demandas do mercado. Nesse contexto, configurações modulares e reconfiguráveis ganham destaque por permitir ajustes rápidos e de baixo custo, preservando a eficiência operacional (Silva, 2009).

A escolha do tipo de layout deve considerar fatores como volume e variedade de produção, características dos processos produtivos, requisitos de qualidade e especificidades do mercado atendido. Os layouts mais comuns incluem o funcional ou por processo, o em linha ou por produto, o posicional e o celular, sendo que, em muitas situações, a combinação desses tipos em layouts mistos pode oferecer vantagens significativas em termos de flexibilidade e desempenho (Figueiredo, 2016).

Além dos aspectos técnicos, o layout industrial deve contemplar também questões relacionadas ao bem-estar dos trabalhadores. Estudos demonstram que ambientes bem organizados, com fluxo lógico e ergonomia adequada, contribuem para a motivação e a produtividade das equipes, reduzindo índices de absenteísmo e melhorando a qualidade de vida no trabalho (Figueiredo, 2016).

Um layout inadequado pode representar um dos principais gargalos operacionais em uma indústria. Má localização de máquinas e setores, fluxos cruzados, longas distâncias de transporte e acúmulo de estoques intermediários são sintomas típicos de problemas de layout, que se refletem em perdas de eficiência, aumento de custos e redução da competitividade empresarial (Gerlach et al., 2017).

A análise e o projeto de layout devem, portanto, ser abordados como processos contínuos de melhoria. Ferramentas como o Planejamento Sistemático de Layout (SLP), diagramas de espaguete e mapeamento do fluxo de valor são amplamente utilizadas para identificar oportunidades de otimização e apoiar o redesenho do layout, promovendo ganhos sustentáveis de desempenho operacional (Silva, 2009).

Além disso, o conceito fundamental relacionado ao layout industrial é o de fluxo contínuo. Alinhado aos princípios da Produção Enxuta, o fluxo contínuo busca eliminar interrupções e gargalos no processo produtivo, permitindo que os materiais avancem de forma fluida e sincronizada entre as etapas de produção. O layout deve ser concebido de modo a facilitar esse fluxo, minimizando estoques em processo e tempos de espera (Silva, 2009).

Além do fluxo de materiais, o layout deve considerar também o fluxo de informações e de pessoas. A disposição física dos setores deve favorecer a comunicação eficiente entre as áreas, reduzindo o tempo necessário para a tomada de decisões e a solução de problemas. Ambientes visuais e transparentes, que permitam uma gestão visual eficaz, são altamente recomendados nesse contexto (Silva, 2009).

O projeto de layout deve ainda incorporar requisitos de segurança e conformidade legal. Distâncias mínimas entre equipamentos, corredores de circulação adequados, sinalização clara e acessibilidade para manutenção são elementos essenciais para garantir um ambiente de trabalho seguro e em conformidade com as normas vigentes (Silva, 2009).

Vale destacar que a revisão do layout não deve ser encarada como uma atividade pontual, mas como um processo iterativo e dinâmico. À medida que novas tecnologias são introduzidas, que o mix de produtos evolui e que as demandas do mercado se transformam, o layout deve ser continuamente avaliado e ajustado para manter sua aderência aos objetivos estratégicos da organização (Black, 1998).

Desse modo, é importante reconhecer que o layout industrial não é uma variável isolada, mas parte integrante do sistema de gestão da produção. Sua eficácia depende da integração com outras práticas e ferramentas de gestão, como manutenção produtiva total (TPM), controle estatístico de processos (CEP) e sistemas de informação gerencial, criando um ambiente produtivo coeso e orientado para a excelência operacional.

## 2.2 LAYOUT RECONFIGURÁVEL E PRODUÇÃO ENXUTA

A busca por competitividade sustentável tem levado as empresas a adotarem estratégias que combinem flexibilidade e eficiência operacional, contexto no qual o layout reconfigurável surge como uma ferramenta fundamental para viabilizar essa integração entre agilidade e produtividade no ambiente fabril (Saffar et al., 2025).

Os sistemas de manufatura reconfiguráveis foram concebidos para oferecer uma resposta dinâmica às variações de mercado, permitindo que as empresas ajustem rapidamente sua capacidade produtiva e adaptem seus processos às demandas específicas de cada período, com baixo custo e mínimo impacto sobre a eficiência global (Brahimi et al., 2019).

Uma característica distintiva do layout reconfigurável é a modularidade, que facilita a reorganização física dos elementos produtivos sem necessidade de grandes reformas ou longas interrupções operacionais, promovendo um ambiente produtivo que suporta ciclos curtos de inovação e mudanças frequentes no portfólio de produtos (Silva, 2009).

A integração entre layout reconfigurável e os princípios da Produção Enxuta potencializa ainda mais os ganhos de eficiência, uma vez que ambos os conceitos compartilham o objetivo de eliminar desperdícios e otimizar o fluxo de valor, proporcionando à empresa uma vantagem competitiva relevante em mercados caracterizados por alta variabilidade (Reis, 2020).

O uso de layouts reconfiguráveis é particularmente vantajoso em sistemas produtivos com alta variedade de peças e volumes variáveis, nos quais a flexibilidade estrutural do arranjo físico permite adequar rapidamente o ambiente fabril às exigências específicas de cada mix de produção, melhorando a utilização dos recursos disponíveis (Silva, 2009).

Para que o layout reconfigurável alcance seu pleno potencial, é importante o uso de ferramentas analíticas que suportem o planejamento e a implementação das reconfigurações, destacando-se o Planejamento Sistemático de Layout, os diagramas de fluxo de valor e as técnicas de modelagem e simulação como instrumentos indispensáveis nesse processo (Silva, 2009).

A adoção de um layout reconfigurável exige também uma mudança cultural na gestão da produção, pois implica a transição de uma abordagem tradicionalmente focada em estabilidade para um modelo de gestão orientado pela adaptabilidade e pela melhoria contínua, alinhado aos princípios do Lean Manufacturing (Figueiredo, 2016).

Entre os benefícios observados com a implementação de layouts reconfiguráveis destacam-se a redução do tempo de setup, o aumento da flexibilidade operacional, a melhoria da ergonomia, a diminuição dos estoques intermediários e a maior fluidez no fluxo de materiais, resultados que se traduzem em ganhos concretos de produtividade e qualidade (Silva, 2009).

Os layouts modulares, frequentemente utilizados em ambientes Lean, viabilizam a criação de células de produção que podem ser facilmente reconfiguradas conforme as necessidades de cada produto ou família de produtos, promovendo um fluxo contínuo e eliminando desperdícios relacionados a movimentações e estoques excessivos (Reis, 2020).

A capacidade de rápida reconfiguração do layout contribui também para reduzir o lead time e melhorar a resposta ao cliente, fatores críticos em mercados onde a agilidade na entrega e a personalização dos produtos se tornam diferenciais estratégicos para a competitividade empresarial (Brahimi et al., 2019).

A experiência prática em diversos setores industriais demonstra que a implementação de layouts reconfiguráveis, quando conduzida de forma estruturada e alinhada aos princípios da Produção Enxuta, contribui significativamente para a criação de um ambiente produtivo mais resiliente, eficiente e competitivo (Silva, 2009).

Além disso, a sinergia entre layout reconfigurável e metodologias Lean promove uma cultura organizacional orientada para a melhoria contínua, na qual os próprios colaboradores participam ativamente do redesenho dos fluxos produtivos e da identificação de oportunidades de otimização, fortalecendo o engajamento e a motivação das equipes (Figueiredo, 2016).

O desenvolvimento de layouts reconfiguráveis deve considerar não só aspectos técnicos e operacionais, mas também fatores humanos e organizacionais, garantindo que as mudanças no ambiente fabril sejam conduzidas de maneira participativa e sustentada, favorecendo a adoção e a consolidação das novas práticas (Reis, 2020).

Em suma, o layout reconfigurável, integrado aos princípios da Produção Enxuta, constitui uma poderosa alavanca para a transformação dos sistemas produtivos, proporcionando flexibilidade,



eficiência e capacidade de inovação contínua, atributos essenciais para o sucesso das organizações na era da Indústria 4.0 (Saffar et al., 2025).

## 2.3 FERRAMENTAS E METODOLOGIAS PARA PROJETO E MELHORIA DE LAYOUT

O desenvolvimento de layouts industriais mais eficientes exige uma abordagem estruturada que utilize ferramentas e metodologias capazes de analisar criticamente os fluxos produtivos e propor soluções que contribuam efetivamente para o aumento da produtividade e da flexibilidade do sistema fabril (Emerique; Cardoso; Freitas, 2011).

Entre essas ferramentas, o Planejamento Sistemático de Layout (SLP), desenvolvido por Richard Muther, destaca-se como uma das mais completas e aplicáveis à realidade industrial, pois permite organizar o processo de desenvolvimento do layout em etapas claras, facilitando a tomada de decisões e a comunicação entre as diversas áreas envolvidas (Muther, 1976).

A metodologia SLP baseia-se na análise detalhada das relações entre setores, fluxos de materiais, espaços disponíveis e restrições físicas e operacionais, promovendo um projeto de layout que maximize a eficiência dos processos e minimize os desperdícios associados a movimentações desnecessárias e a esperas entre etapas produtivas (Emerique; Cardoso; Freitas, 2011).

O uso de diagramas de relações e diagramas de blocos é central no SLP, pois essas ferramentas facilitam a visualização da proximidade desejada entre os diversos elementos do sistema produtivo e permitem a construção de alternativas de layout que possam ser avaliadas de forma comparativa, apoiando a seleção da solução mais adequada para cada contexto (Tompkins et al., 2013).

Outra ferramenta amplamente utilizada no projeto e melhoria de layout é o Mapa do Fluxo de Valor (MFV), popularizado por Rother e Shook, que permite mapear de forma visual e estruturada todo o fluxo de valor da empresa, identificando claramente os desperdícios existentes e as oportunidades de melhoria que podem ser exploradas no redesenho do layout (Rother; Shook, 1998).

A utilização do MFV em conjunto com o SLP potencializa os resultados obtidos, uma vez que a combinação dessas metodologias proporciona uma compreensão sistêmica do fluxo produtivo e uma abordagem detalhada para o redesenho físico do ambiente fabril, alinhando as melhorias de layout aos objetivos estratégicos da organização (Nazareno; Silva; Rentes, 2003).

No contexto da Produção Enxuta, o diagrama de espaguete é outra ferramenta valiosa, pois permite analisar o percurso real dos materiais, ferramentas e pessoas dentro da fábrica, revelando fluxos tortuosos e ineficientes que podem ser otimizados por meio de um novo arranjo físico mais racional e coerente com os princípios lean (Rother; Shook, 1998).

Ferramentas como Kaizen e eventos de melhoria contínua também desempenham um papel importante na revisão dos layouts industriais, pois fomentam a participação ativa dos colaboradores



no processo de identificação de problemas e proposição de soluções, criando um ambiente propício para a inovação e o aprimoramento contínuo (Rentes et al., 2006).

Cabe destacar, um elemento relevante no projeto de layout que é a utilização de softwares de simulação, que possibilitam modelar diferentes alternativas de layout e simular seu desempenho sob diversas condições operacionais, reduzindo o risco de implementação de soluções inadequadas e proporcionando uma base mais sólida para as decisões de projeto (Rawabdeh; Tahboub, 2005).

A análise crítica da situação atual do layout deve considerar aspectos como distâncias percorridas, tempo de ciclo, ergonomia, segurança e flexibilidade, parâmetros que são fundamentais para garantir que o novo layout proporcione não só ganhos de eficiência, mas também melhorias nas condições de trabalho e na qualidade dos processos (Gonçalves Filho, 2005).

O uso de checklists de avaliação e de indicadores de desempenho é importante durante e após a implementação de um novo layout, pois essas ferramentas permitem monitorar a efetividade das mudanças realizadas e identificar oportunidades adicionais de melhoria que possam ser exploradas em ciclos subsequentes de otimização (Rother; Shook, 1998).

É importante destacar que a revisão do layout não deve ser encarada como um evento isolado, mas como um processo contínuo e iterativo que deve estar integrado ao sistema de gestão da produção, promovendo um ambiente fabril que evolui constantemente em busca da excelência operacional (Black, 1998).

A aplicação consistente dessas ferramentas e metodologias requer uma abordagem multidisciplinar e a participação de diferentes áreas da organização, incluindo produção, logística, engenharia, qualidade e recursos humanos, garantindo que o projeto de layout atenda de forma equilibrada aos diversos requisitos e expectativas dos stakeholders (Emerique; Cardoso; Freitas, 2011).

Além disso, a formação e o treinamento das equipes em ferramentas como SLP, MFV e análise de fluxo são fatores críticos de sucesso, pois capacitam os colaboradores a contribuir de forma mais efetiva para o processo de melhoria de layout e a sustentar os ganhos obtidos ao longo do tempo (Santos et al., 2018).

Por fim, a integração entre as ferramentas de análise e as tecnologias digitais emergentes, como Internet das Coisas (IoT) e Big Data, abre novas possibilidades para o projeto e a gestão de layouts industriais, permitindo um monitoramento em tempo real dos fluxos produtivos e uma capacidade ampliada de resposta às mudanças do ambiente de negócios (National Research Council of Canada, 2000).

### **3 METODOLOGIA**

Este estudo foi conduzido por meio de uma abordagem qualitativa, com foco em uma revisão bibliográfica, visando reunir, analisar e sintetizar o conhecimento disponível sobre ferramentas e

metodologias aplicadas ao projeto e à melhoria de layouts industriais em diferentes contextos produtivos, especialmente aqueles alinhados aos princípios da Produção Enxuta e da flexibilidade operacional (Mattos, 2015).

A busca por publicações foi realizada em bases de dados reconhecidas, como Scopus e Web of Science, complementada por pesquisa em periódicos brasileiros indexados e em anais de congressos nacionais e internacionais relevantes na área de Engenharia de Produção, conforme prática recomendada por Echer (2001).

Os descritores utilizados na busca foram “layout industrial”, “layout reconfigurável”, “produção enxuta”, “planejamento sistemático de layout” e “ferramentas de melhoria de layout”, termos definidos com base em estudos anteriores sobre o tema (Rother; Shook, 1998), visando capturar de forma abrangente a literatura pertinente ao escopo da pesquisa.

A análise dos artigos selecionados foi conduzida por meio de **análise temática**, método recomendado para revisão qualitativa, que permite agrupar as evidências em categorias analíticas coerentes, favorecendo a identificação de padrões, lacunas e oportunidades de pesquisa no campo do layout industrial (Botelho; Macedo; Gauthier, 2012).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de ferramentas e metodologias para projeto e melhoria de layout industrial tem demonstrado resultados expressivos em diversas organizações, especialmente quando associadas aos princípios da Produção Enxuta e ao conceito de layout reconfigurável, proporcionando ganhos consistentes em produtividade, redução de desperdícios e maior flexibilidade produtiva (Santos; Araújo, 1999).

Estudos de caso revelam que uma das melhorias mais significativas obtidas com a reorganização do layout é a redução da movimentação de pessoas e materiais, aspecto que impacta diretamente na eficiência operacional e na segurança do ambiente fabril, uma vez que trajetos mais curtos e bem planejados minimizam riscos de acidentes e perdas de tempo produtivo (Cassel, 1996).

Além da otimização dos fluxos internos, a reestruturação do layout contribui para a redução do lead time de fabricação, pois a aproximação física dos equipamentos e a eliminação de gargalos no processo promovem um fluxo contínuo de valor, permitindo ciclos produtivos mais curtos e respostas mais ágeis às demandas do mercado (Mehrabi et al., 2002).

A análise de resultados obtidos em diferentes empresas evidencia aumentos significativos nos índices de produtividade após a implementação de layouts reconfiguráveis e metodologias lean, com registros de ganhos que variaram de 30% a 50%, atribuídos à eliminação de movimentações desnecessárias, à implantação de células de produção e ao uso de sistemas de gestão visual (Rentes et al., 2006).

Um impacto também relevante da melhoria de layout é a redução dos estoques em processo, resultado da implantação de fluxo contínuo e da delimitação de supermercados, estratégias que promovem maior controle sobre os níveis de inventário e reduzem o capital empatado em materiais em trânsito ou aguardando processamento (Bi et al., 2007).

A experiência prática demonstra ainda que a reorganização do layout favorece a integração das equipes e a motivação dos colaboradores, pois a criação de células de produção e a proximidade física entre os postos de trabalho estimulam a comunicação, a cooperação e o senso de responsabilidade compartilhada pelos resultados do processo (Rother; Shook, 1998).

Do ponto de vista da flexibilidade, os layouts reconfiguráveis permitem uma adaptação rápida às mudanças de demanda e mix de produtos, característica importante em ambientes industriais que enfrentam alta variabilidade e pressão por personalização, proporcionando uma vantagem competitiva relevante para as empresas que adotam esse conceito (Mehrabi et al., 2002).

Os resultados obtidos indicam também que a utilização de ferramentas como o Planejamento Sistemático de Layout (SLP) e o Mapa do Fluxo de Valor (MFV) é fundamental para garantir a efetividade das mudanças implementadas, pois essas metodologias fornecem uma base estruturada para o diagnóstico dos problemas existentes e o desenho de soluções mais eficazes (Muther, 1978).

Em aplicações práticas, o uso combinado de SLP e MFV possibilitou não só melhorias no layout físico das plantas, mas também avanços significativos nos processos de gestão da produção, com maior visibilidade sobre os fluxos de materiais e informações e maior controle sobre os resultados operacionais (Tompkins et al., 1996).

Além disso, a introdução de técnicas de análise de fluxo, como o diagrama de espaguete, revelou-se extremamente útil na identificação de desperdícios ocultos relacionados a trajetos inadequados e fluxos cruzados, permitindo a implementação de soluções que simplificaram os percursos e reduziram o esforço físico dos operadores (Rother; Shook, 1998).

Estudos também apontam que a reorganização do layout tem efeitos positivos sobre a qualidade dos produtos, uma vez que a implantação de células de produção e a redução dos estoques intermediários favorecem o controle dos processos e a detecção precoce de não conformidades, contribuindo para a melhoria contínua da performance industrial (Figueiredo, 2016).

Outro benefício frequentemente observado é a otimização da utilização do espaço físico, que viabiliza a inserção de novos equipamentos e processos sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura, ampliando a capacidade produtiva e a flexibilidade da planta de forma mais econômica e sustentável (Rosa et al., 2014).

As experiências documentadas reforçam ainda que a gestão visual desempenha um papel central na consolidação das melhorias de layout, pois facilita o acompanhamento do desempenho

operacional, estimula a padronização das práticas de trabalho e promove um ambiente mais transparente e orientado para resultados (Gordon, 2011).

Por fim, a literatura e as evidências práticas convergem para a conclusão de que a melhoria contínua do layout deve ser tratada como um processo dinâmico e iterativo, integrando-se às rotinas de gestão da produção e envolvendo ativamente as equipes em todas as etapas, desde o diagnóstico inicial até a implementação e o monitoramento das mudanças (Black, 1998).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada ao longo deste estudo demonstrou que o projeto e a melhoria contínua do layout industrial representam pilares estratégicos para a construção de sistemas produtivos mais eficientes, flexíveis e preparados para os desafios impostos pela Indústria 4.0, sendo fundamental compreender que um layout bem estruturado não apenas organiza o espaço físico da fábrica, mas contribui diretamente para a fluidez dos processos, a integração das equipes e a geração de valor para os clientes

A aplicação consistente de metodologias como o Planejamento Sistemático de Layout, o Mapeamento do Fluxo de Valor e a utilização de layouts reconfiguráveis mostrou-se essencial para promover transformações significativas nos ambientes fabris, viabilizando ganhos expressivos em produtividade, qualidade, redução de desperdícios e capacidade de resposta às demandas do mercado, aspectos que reforçam a importância de tratar o layout como um sistema dinâmico e integrado à estratégia organizacional

Os resultados documentados em experiências práticas indicam que as melhorias implementadas no layout extrapolam os ganhos operacionais imediatos, pois contribuem para a formação de uma cultura organizacional orientada para a melhoria contínua, na qual os colaboradores se tornam agentes ativos do processo de evolução da empresa, promovendo um ambiente de trabalho mais colaborativo, transparente e inovador

Ao adotar uma visão sistêmica e iterativa sobre a gestão do layout industrial, as organizações se posicionam em um estado constante de prontidão para mudanças e inovações, fortalecendo sua resiliência competitiva e sua capacidade de adaptação em um ambiente de negócios cada vez mais volátil e dinâmico

Torna-se imprescindível, portanto, que a revisão do layout seja conduzida de forma participativa, envolvendo todos os níveis da organização, com decisões baseadas em dados reais e alinhadas às necessidades dos processos produtivos e às expectativas do mercado, evitando a estagnação e garantindo a evolução constante do sistema produtivo

A flexibilidade proporcionada pelos layouts reconfiguráveis, quando integrada às tendências da Indústria 4.0, amplia as possibilidades de incorporação de novas tecnologias e soluções digitais,



criando ambientes produtivos inteligentes, adaptáveis e altamente conectados, capazes de sustentar níveis superiores de desempenho e competitividade

É importante destacar, ainda, que as ferramentas e metodologias abordadas devem ser aplicadas de maneira personalizada e integrada, respeitando as particularidades de cada organização e seus objetivos estratégicos, pois não existe uma abordagem única para o sucesso na melhoria de layouts, mas sim a necessidade de um processo contínuo de aprendizagem, experimentação e inovação

Sendo assim, a construção de layouts industriais de excelência exige um compromisso permanente com o desenvolvimento de competências técnicas e gerenciais, com a gestão participativa e com a cultura de melhoria contínua, elementos que, quando combinados, possibilitam a criação de um ciclo virtuoso de evolução organizacional e competitividade sustentável



## REFERÊNCIAS

- BLACK, J. T. O projeto da fábrica com futuro. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- BRAHIMI, N. et al. A literature review of optimization problems for reconfigurable manufacturing systems. *IFAC PapersOnLine*, v. 52, n. 13, p. 433–438, 2019.
- BROWN, A. P. et al. Participation in Kaizen events: a multi-level framework. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 26, n. 5, p. 495–517, 2006.
- BOTELHO, L. L.; MACEDO, M.; GAUTHIER, F. Contribuições do método da revisão bibliográfica sistemática da literatura para a temática da mudança organizacional. Joinville, 2012.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- ECHER, I. C. A revisão da literatura na construção do trabalho científico. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, v. 22, n. 2, p. 5-20, 2001.
- FIGUEIREDO, L. H. W. Aplicação dos tipos de layout: uma análise da produção científica. Brasília: Universidade de Brasília, 2016.
- GERLACH, G. Proposta de melhoria de layout visando a otimização do processo produtivo em uma empresa de pequeno porte. Horizontina, 2003.
- JORGE, D. R.; LOOS, A. C. Proposta de um método de implantação de layout celular para empresas do setor de confecção do vestuário. *Revista Produção Online*, v. 17, n. 1, p. 222–246, 2017.
- MATTOS, P. Revisão Sistemática: etapas de avaliação e síntese. Universidade de Brasília, 2015.
- MEHRABI, M. G.; ULSOY, A. G.; KOREN, Y. Reconfigurable manufacturing systems: key to future manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 11, p. 403–419, 2000.
- MÜTHER, R. Planejamento do layout: sistema SLP. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.
- NAZARENO, E. A.; SILVA, S. L.; RENTES, A. F. Lean Thinking: aplicação prática no ambiente industrial brasileiro. In: *SIMPEP*, 10., 2003, Bauru. Anais [...]. Bauru: UNESP, 2003.
- REIS, P. C. M. Gestão da produção e layout industrial: uma abordagem prática e estratégica. São Paulo: Atlas, 2020.
- RAIMUNDO, C. A. V. Análise econômico-financeira da reconfiguração do layout de plantas industriais. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- ROCHA, R. H.; UHLMANN, E. C. Redesenho de layout com aplicação da ferramenta mapeamento do fluxo de valor em linha de envase de produtos alimentícios. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção (ENEGEP)*, 2021.
- RENTES, A. F. et al. Lean Manufacturing: revisão da literatura e classificação das práticas implementadas. *Gestão & Produção*, v. 13, n. 1, p. 87-98, 2006.

ROSA, R. R.; ALVES, J. R. X.; ROCHA, H. M. Implantação de células de manufatura com uso de Lean Thinking: estudo de caso em uma empresa de manufatura de autopeças. *Gestão & Produção*, v. 21, n. 4, p. 761-774, 2014.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 1. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SAFFAR, M.; MOGHADDAM, M.; HUANG, S. H. Dynamic layout design for scalable reconfigurable manufacturing systems. *Procedia Manufacturing*, v. 51, p. 1192–1198, 2020.

SANTOS, C. A. et al. Melhoria contínua aplicada à gestão da produção: um estudo de caso em uma indústria calçadista. *Revista Gestão & Produção*, v. 25, n. 3, p. 545–558, 2018.

SHINGO, S. Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, R. L. Análise e projeto de layout industrial: um estudo em empresas do setor metalmecânico da Região Metropolitana de Curitiba. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

TREIN, F. A. Análise e melhoria de layout de processo na indústria de beneficiamento de couro. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

TOMPKINS, J. A. et al. Facilities planning. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.