

Verticalização de armazenagem em Indústria Gráfica: análise de ganhos operacionais com porta-pallets

Jailson Ribeiro de Oliveira (UFPB) jailsonribeiro@gmail.com
Elisson Charles de Lima e Silva (UFPB) elissonsilva220@gmail.com

Resumo

Este estudo apresenta a análise de um armazém gráfico com área de 864 m², originalmente organizado em blocagem horizontal, cuja capacidade estática era de 592 posições-paleta. A proposta de otimização consistiu na implantação de sistemas porta-pallets, avaliando dois cenários: utilização de empilhadeira a combustão e empilhadeira elétrica. Os resultados demonstraram ganhos de 33% e 62% na capacidade de armazenagem, respectivamente, além de benefícios qualitativos como redução de avarias, maior segurança operacional e agilidade no fluxo. A comparação com benchmarks internacionais confirma a consistência dos resultados e reforça a verticalização como solução estratégica para indústrias gráficas e outros setores intensivos em armazenagem.

Palavras-Chaves: *Armazenagem, Porta-pallets, Indústria gráfica, Logística, Verticalização.*

Abstract

This study analyzes a graphic industry warehouse with an area of 864 m², originally organized in horizontal block stacking, with a static capacity of 592 pallet positions. The optimization proposal consisted of implementing pallet racking systems, evaluating two scenarios: combustion forklift and electric forklift. Results showed storage capacity gains of 33% and 62%, respectively, as well as qualitative benefits such as reduced damage, improved operational safety, and enhanced workflow efficiency. Comparison with international benchmarks confirms the consistency of the results and reinforces verticalization as a strategic solution for graphic industries and other storage-intensive sectors.

Keywords: *Storage, Pallet racking, Graphic industry, Logistics, Verticalization.*

1. Introdução

O setor gráfico brasileiro ocupa posição estratégica na cadeia produtiva nacional, atendendo demandas que vão do mercado editorial às embalagens e publicidade. A natureza intensiva em insumos como papéis, tintas e substratos diversos torna a gestão de estoques um fator crítico de competitividade. Entretanto, muitas indústrias ainda operam com layouts horizontais obsoletos, que limitam a capacidade de armazenagem, comprometem a agilidade logística e elevam os riscos de avarias em materiais sensíveis.

Estudos recentes reforçam que a otimização do espaço físico por meio da verticalização é uma tendência global. Pesquisas como as de Chalmers (2017) e Jönköping (2023) demonstram que a gestão eficiente de pallets e o uso de estruturas adequadas aumentam significativamente a capacidade de armazenagem e reduzem gargalos operacionais. Springer (2021) acrescenta que modelos matemáticos de otimização aplicados a sistemas porta-pallets permitem ganhos expressivos em eficiência, enquanto relatórios de mercado (Business Research Company, 2025; Grand View Research, 2024) apontam para o crescimento acelerado da adoção de sistemas de racking como resposta às pressões por produtividade e sustentabilidade.

Nesse contexto, o problema de pesquisa deste estudo reside na saturação do espaço físico em uma indústria gráfica de grande porte, onde a ausência de verticalização e a bloqueio assistemática dos insumos geram atrasos na localização de materiais e comprometem o fluxo produtivo. A questão central que se coloca é: de que maneira a implementação de estruturas porta-pallets pode otimizar a densidade de estocagem e a eficiência operacional em ambientes industriais gráficos?

O objetivo geral é analisar os impactos da implantação de sistemas porta-pallets na área de almoxarifado, buscando maximizar o espaço útil e melhorar o fluxo de movimentação de materiais. A justificativa fundamenta-se na necessidade de reduzir custos operacionais, preservar a integridade da matéria-prima e responder com maior agilidade às demandas de produção. Além disso, a reorganização do armazém contribui para a segurança do trabalho e para a sustentabilidade, ao ampliar a capacidade sem necessidade de expansão física da planta.

2. Referencial Teórico

2.1 A função estratégica da armazenagem na Indústria Gráfica

O estoque é tradicionalmente definido como o acúmulo de matérias-primas, produtos em processo e acabados que sustentam o fluxo produtivo (Ballou, 2015). Na indústria gráfica, o estoque não é apenas um ativo imobilizado, mas um amortecedor estratégico frente às oscilações de demanda e fornecimento (Slack et al., 2018). Estudos recentes reforçam que a gestão eficiente do estoque é determinante para a competitividade, especialmente em setores de margens estreitas, onde atrasos logísticos impactam diretamente o desempenho financeiro (Chalmers, 2017).

Nesse contexto, a armazenagem deve ser compreendida como extensão da função estratégica do estoque, pois garante não apenas a disponibilidade física dos materiais, mas também a eficiência do fluxo produtivo e a competitividade organizacional.

2.2 Paletização e unitarização de cargas

A paletização, entendida como a técnica de unitarização de cargas em plataformas padronizadas, é essencial para a padronização logística e para a redução do esforço físico humano (Moura, 2019). No setor gráfico, a adoção do padrão PBR garante compatibilidade entre fornecedores e estruturas de armazenagem. Pesquisas recentes (Jönköping, 2023) demonstram que a eficiência no manuseio de pallets está diretamente associada à redução de tempos de movimentação e ao aumento da produtividade por operador, reforçando a necessidade de integração entre paletização e sistemas de armazenagem vertical.

2.3 Sistemas porta-pallets e verticalização

O sistema porta-pallets é uma estrutura metálica projetada para armazenar mercadorias paletizadas de forma verticalizada, oferecendo seletividade total e acesso direto a qualquer unidade (Banzato, 2020). Essa característica evita o “efeito de pilha”, comum em blocagens horizontais, que compromete a integridade dos materiais. A verticalização, além de multiplicar a capacidade volumétrica, é apontada como tendência global em relatórios de mercado (Business Research Company, 2025; Grand View Research, 2024), que destacam o crescimento acelerado da adoção de sistemas de racking em resposta às pressões por eficiência e sustentabilidade.

2.4 Modelos de otimização e eficiência operacional

A literatura recente enfatiza que a simples adoção de estruturas porta-pallets deve ser acompanhada de modelos de otimização. Buckow, Goerigk e Knust (2025) propõem abordagens matemáticas para o processamento e retirada de pallets sob restrições práticas,

demonstrando ganhos significativos em lead time e utilização de equipamentos. Esses modelos complementam estudos exploratórios (Jönköping, 2023), que evidenciam melhorias operacionais em ambientes industriais ao integrar verticalização com práticas de gestão de fluxo.

2.5 Indicadores e KPIs na armazenagem

A consolidação da literatura aponta para indicadores-chave como densidade de armazenagem, tempo de picking, produtividade por operador e taxa de avarias. Esses indicadores, quando transformados em KPIs, permitem mensurar o impacto da verticalização em termos de capacidade, custos e segurança. Relatórios globais (Grand View Research, 2024) reforçam que empresas que adotam métricas estruturadas conseguem não apenas ampliar a capacidade física, mas também alinhar suas operações às exigências de governança ambiental e inovação em dados.

3. Metodologia

3.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa se classifica como um estudo de caso aplicado, com abordagem quantitativa e exploratória. O estudo de caso é adequado para investigar fenômenos contemporâneos em seu contexto real (Yin, 2015), permitindo analisar de forma detalhada as condições de armazenagem em uma indústria gráfica de grande porte.

Além da análise prática, a metodologia incorpora elementos de cientometria e modelagem matemática, conforme sugerido por Buckow, Goerigk e Knust (2025), para ampliar a validade científica e conectar os resultados locais às tendências globais.

3.2 Procedimentos de coleta de dados

A coleta de dados foi estruturada em três etapas principais:

- Observação no Gemba: visitas ao chão de fábrica para mapear fluxos reais de movimentação, gargalos operacionais e ocupação dos corredores.
- Levantamento métrico: medição direta da área útil, corredores e blocos de armazenagem, utilizando instrumentos industriais de precisão.
- Análise comparativa de projetos: confrontação dos dados coletados com plantas técnicas e *layouts* anteriores, validando discrepâncias e servindo de base para a proposta de reestruturação.

3.3 Procedimentos de análise

A análise foi conduzida em duas frentes complementares:

- Diagnóstico do layout atual: cálculo da capacidade estática de armazenagem e identificação dos gargalos operacionais.
- Simulação de cenários futuros: aplicação de modelos matemáticos de otimização (Buckow, Goerigk & Knust, 2025) e benchmarks de eficiência (Chalmers, 2017; Jönköping, 2023) para projetar ganhos de capacidade e produtividade com a implantação de porta-pallets.

3.4 Indicadores e KPIs

Os indicadores selecionados foram: capacidade volumétrica (posições-paleta por m^2/m^3), tempo médio de picking (minutos por pedido), produtividade por operador (movimentações/hora), taxa de avarias (% de produtos danificados) e segurança operacional (incidentes registrados).

Figura 1 – Evolução dos indicadores de armazenagem após a adoção do porta-palletes

Indicador	Antes	Depois	Evolução
Taxa de ocupação	82,30%	97,29%	Maior aproveitamento do espaço físico
Tempo médio de movimentação	2,5 min	2 min	Redução do tempo de operação
Acuracidade	79,00%	88,00%	Melhoria no controle e precisão dos processos
Densidade	0,90 m^3	0,67 m^3	Melhor organização e compactação dos itens

Fonte: Elaboração própria (2026)

Ressaltamos que taxa de ocupação apresentou uma alavancagem para para 97,29%, mostrando que o porta-palletes permitiu otimizar o uso do espaço vertical e horizontal, reduzindo áreas ociosas e aumentando a capacidade de armazenagem sem necessidade de expansão física. Por sua vez, o tempo médio de movimentação teve redução de 2,5 para 2 minutos, indicando maior agilidade na retirada e armazenagem dos itens, devido à padronização dos acessos e melhor localização dos produtos. Também cabe destacar que a acuracidade apresentou aumento para 88%, indicando que o sistema porta-palletes contribuiu para maior controle e rastreabilidade, diminuindo erros de estocagem e picking. E, de forma significativa, a densidade apresentou queda de 0,90 m^3 para 0,67 m^3 , refletindo uma armazenagem mais compacta e eficiente, com melhor aproveitamento da volumetria dos pallets e menor dispersão dos itens.

Esses indicadores foram transformados em KPIs comparáveis internacionalmente, alinhados às métricas utilizadas em relatórios globais (Grand View Research, 2024; Business Research Company, 2025).

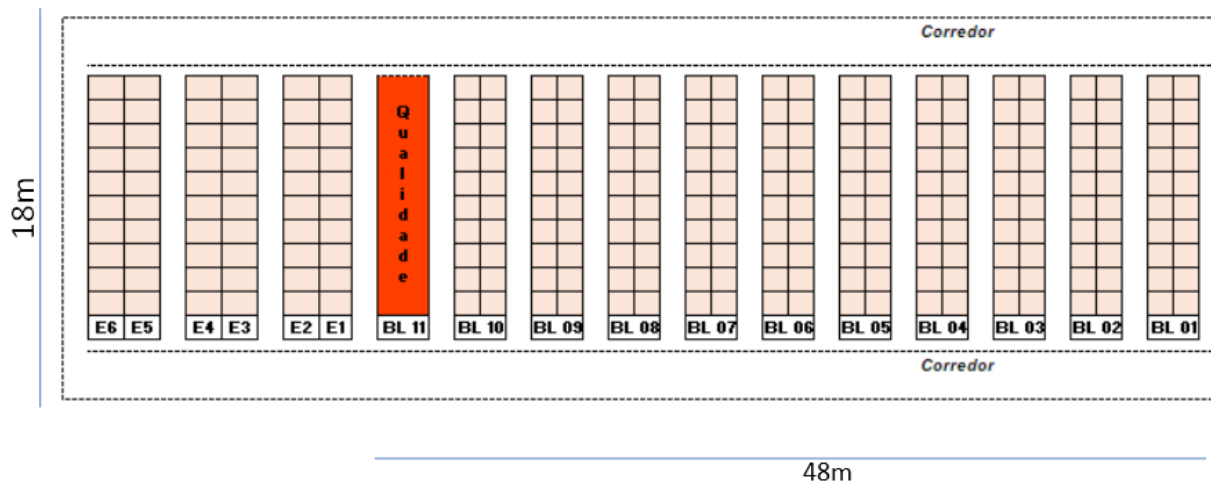
4. Resultados e Discussão

Esta seção é destinada a apresentar e discutir os resultados da pesquisa. Sugere-se a utilização de ilustrações em forma de gráficos, quadros e figuras. Certifique-se de que as ilustrações estejam legíveis.

4.1 Diagnóstico do layout atual

A análise inicial do armazém gráfico revelou uma área total de 864 m², organizada em blocagem horizontal com capacidade estática de 592 posições-paleta. Essa configuração apresentava gargalos operacionais: corredores estreitos (1,65m), dificuldade de acesso ao centro dos blocos e violação do princípio FIFO. Além disso, a densidade de estocagem era baixa, comprometendo a eficiência logística e aumentando o risco de avarias em bobinas e resmas de papel.

Figura 1 – Layout atual do armazém



Fonte: Elaboração dos autores (2026)

A ilustração evidencia a blocagem horizontal com corredores estreitos e áreas centrais de difícil acesso. Nota-se a limitação do princípio FIFO e o risco de avarias devido ao empilhamento direto, confirmando os gargalos descritos no diagnóstico.

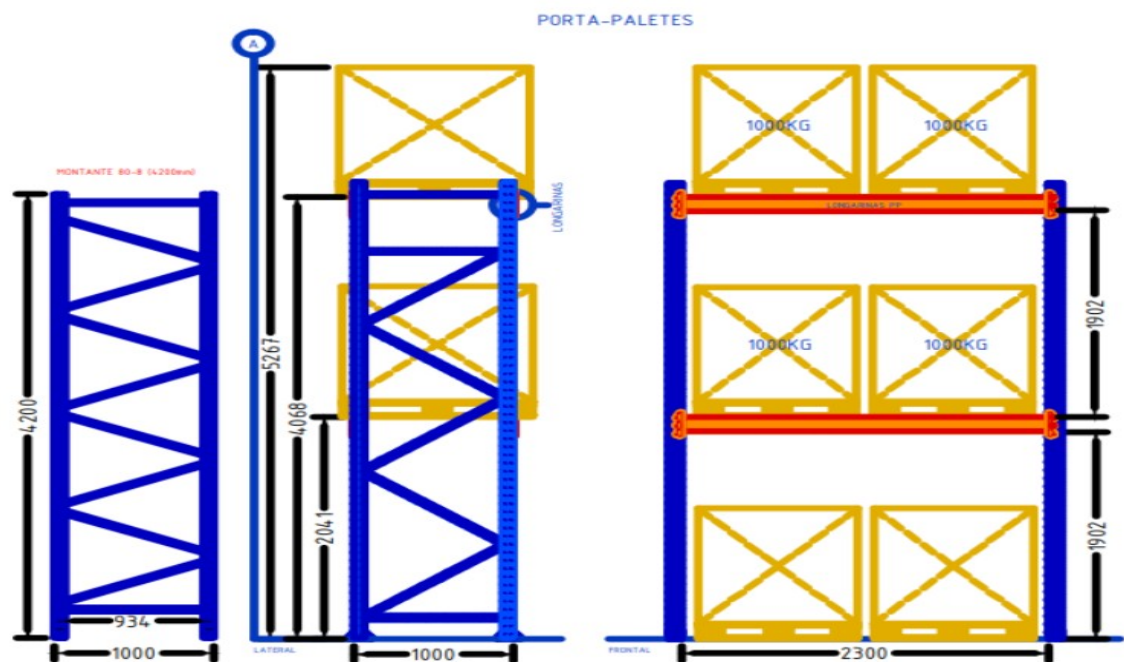
4.2 Estrutura Porta-pallets

A solução proposta para otimizar o espaço de armazenagem consiste na adoção de sistemas porta-pallets, estruturas metálicas projetadas para suportar cargas paletizadas em

múltiplos níveis. Cada módulo é composto por montantes verticais e longarinas horizontais, permitindo a verticalização segura e seletiva dos materiais.

Esse sistema elimina o “efeito de pilha” observado na blocagem horizontal, garantindo acesso direto a cada palete e maior preservação da integridade dos insumos gráficos. Além disso, possibilita a multiplicação da capacidade volumétrica sem necessidade de expansão física da planta.

Figura 2 – Estrutura porta-pallets com dimensões e capacidade de carga



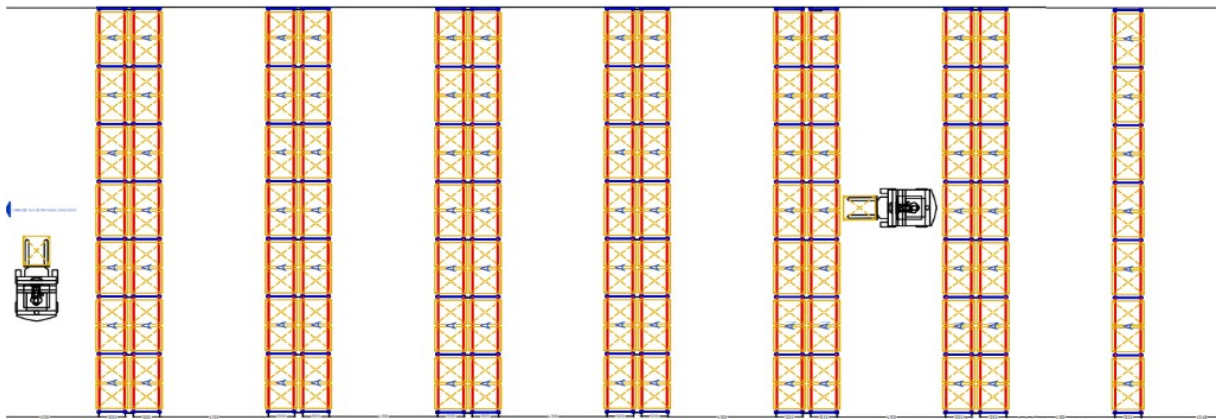
Fonte: Elaboração dos autores (2026)

A Figura 2 mostra a modularidade da estrutura metálica, com níveis ajustáveis e capacidade de carga por paleta. Essa configuração técnica é o fundamento da verticalização, permitindo multiplicar a capacidade volumétrica sem expansão física da planta.

4.2 Cenário 1 – Empilhadeira a Combustão

A substituição parcial da blocagem por 13 sistemas porta-pallets resultou em capacidade de 786 posições-paleta, representando um ganho de 33% em relação ao layout original. Embora positivo, o desempenho foi limitado pela necessidade de corredores mais largos para manobras da empilhadeira a combustão, reduzindo a densidade de armazenagem.

Figura 3 – Layout otimizado com empilhadeira a combustão



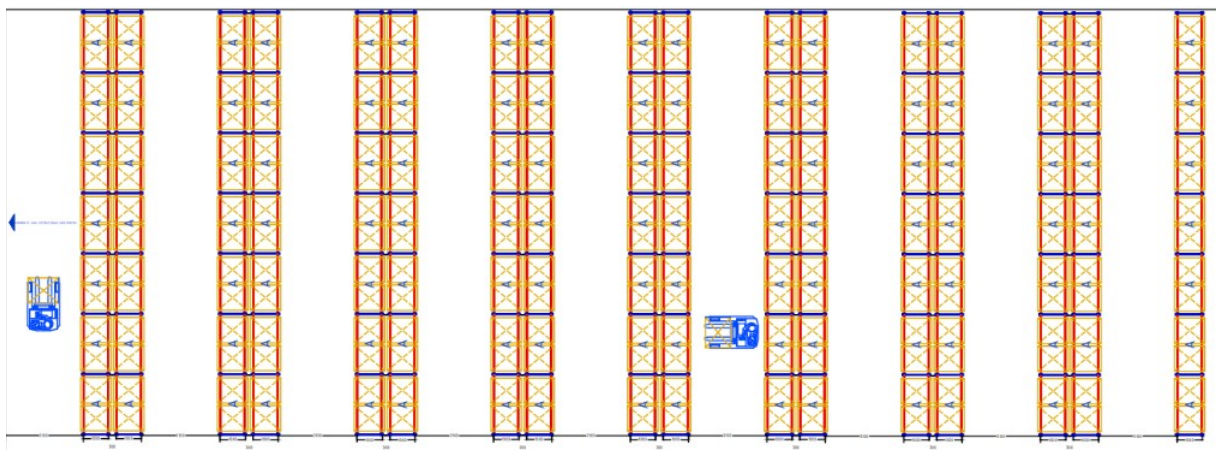
Fonte: Elaboração dos autores (2026)

O layout revela a necessidade de corredores mais largos para manobra, reduzindo a densidade de armazenagem. Apesar disso, observa-se maior organização e seletividade em relação ao layout original, com ganho de 33% na capacidade estática.

4.3 Cenário 2 – Empilhadeira elétrica

Com a adoção de empilhadeiras elétricas, mais compactas e ágeis, foi possível instalar 17 sistemas porta-pallets, ampliando a capacidade para 954 posições-paleta. Esse resultado corresponde a um ganho de 62% em relação ao layout inicial. Além da expansão volumétrica, observou-se maior fluidez operacional, redução do tempo de picking e melhor preservação da integridade dos materiais.

Figura 4 – Layout otimizado com empilhadeira elétrica.



Fonte: Elaboração dos autores (2026)

A Figura 4 mostra corredores mais estreitos e melhor aproveitamento do espaço, viabilizado pela empilhadeira elétrica. O resultado é uma maior densidade de estocagem e fluidez operacional, refletindo o ganho de 62% na capacidade estática.

4.4 Discussão sobre a evolução dos indicadores

Como demonstrado na Figura 1, os resultados mostram que a estrutura porta-palletes não apenas aumentou a capacidade de armazenagem, mas também trouxe ganhos operacionais e de qualidade. A melhoria na acuracidade e na velocidade de movimentação impacta diretamente na confiabilidade do processo e na satisfação do cliente. Além disso, a maior taxa de ocupação e a redução da densidade indicam que o espaço está sendo utilizado de forma mais inteligente, reduzindo custos e aumentando a competitividade.

Portanto, a evolução dos indicadores evidencia que a adoção do porta-palletes foi uma decisão estratégica que elevou a *performance* do processo de armazenagem, tornando-o mais eficiente, preciso e sustentável.

4.5 Análise crítica

Os resultados obtidos no case dialogam diretamente com a literatura recente, quando Chalmers (2017) e Jönköping (2023) confirmam que a reorganização de pallets e a eficiência no manuseio elevam a produtividade por operador. Por sua vez, sob a perspectiva quantitativa, Buckow, Goerigk & Knust (2025) demonstram que modelos matemáticos de otimização podem ampliar ainda mais os ganhos observados, especialmente em cenários com restrições práticas e, por fim, Grand View Research (2024) e Business Research Company (2025) reforçam que ganhos de capacidade superiores a 30% são consistentes com tendências globais de verticalização e automação.

Assim, os resultados locais não apenas validam a eficácia da verticalização por porta-palletes, mas também se alinham às práticas internacionais, consolidando a solução como estratégica para indústrias gráficas e outros setores intensivos em armazenagem.

Os ganhos quantitativos (33% e 62%) demonstram que a verticalização é uma alternativa viável para ampliar a capacidade sem expansão física da planta. Além disso, os benefícios qualitativos — redução de avarias, maior segurança operacional e agilidade no fluxo — reforçam o impacto positivo da mudança.

Entretanto, como apontado no próprio estudo, há limitações: a análise concentrou-se na capacidade estática e não incluiu métricas financeiras detalhadas, como retorno sobre investimento. A literatura internacional sugere que futuros trabalhos devem integrar indicadores econômicos e ambientais, ampliando a avaliação para além da eficiência operacional.

5. Considerações finais

Este estudo analisou os desafios de armazenagem em uma indústria gráfica de grande porte, marcada pela saturação do espaço físico e pela ausência de verticalização. A proposta de reorganização do layout com a implantação de estruturas porta-pallets demonstrou ganhos concretos e mensuráveis: no cenário com empilhadeira a combustão, houve aumento de 33% na capacidade de armazenagem (de 592 para 786 posições-paleta), enquanto no cenário com empilhadeira elétrica o ganho foi ainda mais expressivo, atingindo 62% (totalizando 954 posições-paleta).

Além dos ganhos quantitativos, a verticalização trouxe benefícios qualitativos relevantes: maior fluidez operacional, redução do tempo de separação de pedidos (picking), preservação da integridade dos materiais e maior segurança nas operações com empilhadeiras.

Esses resultados confirmam que a adoção de sistemas porta-pallets é uma solução eficiente e estratégica para indústrias gráficas, alinhando-se às evidências internacionais que apontam para ganhos superiores a 30% em capacidade e produtividade (Chalmers, 2017; Jönköping, 2023; Buckow, Goerigk & Knust, 2025; Grand View Research, 2024; Business Research Company, 2025).

Entretanto, como limitação, destaca-se que o estudo concentrou-se na capacidade estática e não incluiu análises financeiras detalhadas, como cálculo de retorno sobre investimento (ROI), nem indicadores ambientais. A literatura internacional sugere que futuros trabalhos devem integrar métricas econômicas e de sustentabilidade, ampliando a avaliação para além da eficiência operacional.

Portanto, conclui-se que a verticalização por meio de porta-pallets não apenas otimiza o espaço físico, mas também fortalece a competitividade logística e a segurança operacional. Para continuidade, recomenda-se:

- Análise econômica detalhada: custos de implantação e tempo de retorno do investimento;
- Monitoramento de KPIs logísticos: produtividade por operador, taxa de avarias, tempo de picking;
- Integração com práticas sustentáveis: redução de consumo energético e alinhamento às metas de governança ambiental;
- Aplicação em diferentes setores industriais: ampliando a validação dos resultados e comparando contextos distintos.



REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Logística empresarial**: transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2015.

BANZATO, E. **Sistemas de armazenagem**: conceitos e aplicações. São Paulo: Blucher, 2020.

BUCKOW, J.-N.; GOERGIK, M.; KNUST, S. Integrated pallet retrieval and processing in warehouses under practical constraints. **Operations Research Spectrum**, v. 47, n. 1, p. 1–25, 2025. **Springer Nature**.

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. **Identifying pallet management strategies and improving warehouse capacity**. Gothenburg, 2017.

GRAND VIEW RESEARCH. **Warehouse Racking Market Size and Share Report, 2030**. San Francisco, 2024.

JÖNKÖPING SCHOOL OF ENGINEERING. **Improving warehouse efficiency**: an exploratory analysis of pallet handling in a production warehouse. Jönköping, 2023.

MOURA, R. **Paletização e unitarização de cargas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2019.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

THE BUSINESS RESEARCH COMPANY. **Pallet Racking Market Size, Share, Growth Insight, 2026**. London, 2025.