

DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE ETIQUETAS COMO SOLUÇÃO INOVADORA NA INDÚSTRIA 4.0: UMA ANÁLISE DE IMPACTO NA EFICIÊNCIA OPERACIONAL

Antônio José Rocha dos Santos Filho, Márcia Ribeiro Maduro, Orlem Pinheiro de Lima



<https://doi.org/10.36557/2674-9432.2026v5n5p363-383>

Artigo recebido em 9 de Maio e publicado em 9 de Julho de 2026

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

A Indústria 4.0 tem impulsionado a transformação dos sistemas produtivos por meio da integração entre automação, digitalização e inovação tecnológica, visando elevar a eficiência operacional e a competitividade das organizações. Nesse contexto, a etiquetagem de produtos desempenha papel fundamental para a rastreabilidade, padronização e controle dos processos industriais. Entretanto, quando executada manualmente, essa atividade pode ocasionar falhas operacionais, retrabalho, inconsistências e redução da produtividade. Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo analisar os impactos da implementação de um dispensador automático de etiquetas na eficiência operacional de um processo produtivo em uma empresa do Polo Industrial de Manaus, à luz dos princípios da Indústria 4.0. Metodologicamente, a pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem quali-quantitativa, com objetivos exploratórios e descritivos, utilizando pesquisa bibliográfica, estudo de caso e observação direta do processo analisado. A avaliação foi realizada por meio da comparação entre os cenários manual e automatizado, considerando indicadores como tempo de ciclo, produtividade, taxa de erros, retrabalho padronização, disponibilidade e eficiência operacional. Os resultados evidenciaram melhorias significativas no desempenho do processo, destacando-se a redução de falhas operacionais, o aumento da produtividade, a diminuição do retrabalho e a maior padronização das operações. Conclui-se que a automação da etiquetagem, por meio do dispensador automático de etiquetas, constitui uma solução tecnológica inovadora capaz de contribuir para a modernização industrial, a melhoria contínua dos processos e o fortalecimento da competitividade organizacional.

Palavras-chave: Indústria 4.0, automação industrial, inovação tecnológica, dispensador automático de etiquetas.

ABSTRACT

Industry 4.0 has driven the transformation of production systems through the integration of automation, digitization, and technological innovation, with the aim of increasing organizations' operational efficiency and competitiveness. In this context, product labeling plays a fundamental role in the traceability, standardization, and control of industrial processes. However, when performed manually, this activity can lead to operational errors, rework, inconsistencies, and reduced productivity. Given this scenario, this study aimed to analyze the impacts of implementing an automatic label dispenser on the operational efficiency of a production process at a company in the Manaus Industrial Hub, in light of the principles of Industry 4.0. Methodologically, the research is classified as applied, employing a qualitative-quantitative approach with exploratory and descriptive objectives, utilizing literature review, case study, and direct observation of the analyzed process. The evaluation was conducted by comparing the manual and automated scenarios, considering indicators such as cycle time, productivity, error rate, rework, standardization, availability, and operational efficiency. The results showed significant improvements in process performance, notably a reduction in operational failures, increased productivity, decreased rework, and greater standardization of operations. It is concluded that automation

Keywords: Industry 4.0, industrial automation, technological innovation, automatic label dispenser.

Instituição afiliada – Universidade do Estado do Amazonas

Autor correspondente: *Antônio José Rocha dos Santos Filho*

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1 INTRODUÇÃO

A transformação digital impulsionada pelos princípios da Indústria 4.0 tem redefinido os modelos produtivos industriais, promovendo a integração entre sistemas físicos e digitais, a automação de processos e o uso intensivo de tecnologias avançadas com foco no aumento da eficiência operacional e da competitividade. Nesse contexto, as organizações industriais são desafiadas a modernizar seus processos produtivos, buscando soluções inovadoras capazes de reduzir falhas operacionais, custos e variabilidade, ao mesmo tempo em que elevam a qualidade e a padronização das operações.

Dentre os diversos processos presentes no ambiente industrial, a etiquetagem de produtos assume papel estratégico, especialmente no que se refere à rastreabilidade, controle de estoque, padronização operacional e atendimento a requisitos normativos e de qualidade. No entanto, observa-se que, mesmo em ambientes alinhados aos conceitos da Indústria 4.0, a etiquetagem ainda é frequentemente realizada de forma manual, tornando-se suscetível a falhas humanas, retrabalho e redução da produtividade. Essa realidade evidencia uma lacuna entre o potencial da automação industrial e a prática operacional adotada em determinadas etapas do processo produtivo.

Diante desse cenário, este estudo tem como tema a utilização de dispensadores automáticos de etiquetas como solução inovadora na Indústria 4.0, delimitando-se à análise dos impactos dessa tecnologia na eficiência operacional de processos industriais. A pesquisa busca responder à seguinte questão: Como a automação por meio de dispensadores automáticos de etiquetas impacta a eficiência operacional e a redução de erros em processos produtivos no contexto da Indústria 4.0?

Para responder a essa problemática, o objetivo geral do estudo consiste em analisar os impactos da implementação de um dispensador automático de etiquetas na eficiência operacional de processos industriais, considerando os princípios da Indústria 4.0. Como objetivos específicos, pretende-se: identificar os benefícios da automação do processo de etiquetagem; avaliar o impacto da solução em indicadores de desempenho operacional, tais como produtividade, padronização e redução de erros; e propor um modelo de aplicação tecnológica para a automação da etiquetagem

em ambientes industriais.

A justificativa do estudo fundamenta-se na crescente necessidade das organizações industriais de adotarem soluções automatizadas que contribuam para a melhoria contínua dos processos, o aumento da produtividade e o fortalecimento da competitividade. A automação da etiquetagem, por meio do desenvolvimento e aplicação de um dispensador automático de etiquetas, apresenta relevância prática e aplicabilidade direta no setor industrial, configurando-se como uma alternativa viável para a modernização dos sistemas produtivos e para a mitigação de falhas operacionais.

Como hipótese de pesquisa, considera-se que a implementação de um dispensador automático de etiquetas contribui significativamente para o aumento da eficiência operacional e para a redução de erros nos processos produtivos. As principais variáveis analisadas relacionam-se à automação do processo de etiquetagem, à produtividade, à padronização operacional e à ocorrência de falhas.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, fundamentada na análise de indicadores de desempenho operacional e na avaliação dos impactos da automação do processo de etiquetagem. O referencial teórico que sustenta o estudo baseia-se em conceitos de inovação e competitividade, Indústria 4.0, automação industrial e desenvolvimento de produtos tecnológicos, os quais fornecem a base conceitual necessária para a análise proposta.

Além desta introdução, o trabalho está estruturado em seções que abordam o referencial teórico relacionado aos principais conceitos do estudo, a metodologia empregada, a descrição e análise da solução proposta, bem como a apresentação e discussão dos resultados obtidos. Por fim, são apresentadas as considerações finais, destacando as contribuições do estudo, suas limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INOVAÇÃO E COMPETITIVIDADE

A inovação é amplamente reconhecida como um dos principais motores da

competitividade industrial. Para Schumpeter (1982), ela representa a introdução de novos produtos, processos ou métodos produtivos capazes de gerar rupturas e promover ganhos econômicos. Essa visão disruptiva mostra que a inovação não apenas melhora processos existentes, mas pode transformar radicalmente setores inteiros.

Já Porter (1999) enfatiza a inovação incremental, voltada à melhoria contínua dos sistemas produtivos e à redução de ineficiências internas. Essa perspectiva destaca que a vantagem competitiva sustentável está diretamente relacionada à capacidade das empresas de aprimorar seus processos, reduzir desperdícios e aumentar a confiabilidade operacional.

Autores contemporâneos reforçam essa visão. Tidd e Bessant (2015) defendem que a inovação deve ser entendida como um processo sistemático e estratégico, capaz de alinhar as necessidades do mercado às capacidades internas da organização. Eles destacam que a inovação não é apenas resultado de grandes descobertas, mas também de práticas organizacionais que favorecem a criatividade, a experimentação e a adaptação contínua.

Christensen (1997) introduz o conceito de inovação disruptiva, que ocorre quando novas tecnologias ou modelos de negócio desestabilizam empresas estabelecidas ao oferecer soluções mais acessíveis ou eficientes. Esse conceito é particularmente relevante em ambientes industriais, onde tecnologias como automação e digitalização podem transformar processos antes considerados secundários, como a etiquetagem, em fatores estratégicos de competitividade.

Mais recentemente, Pisano (2015) argumenta que a inovação deve ser acompanhada de uma estratégia clara, pois sem alinhamento entre objetivos organizacionais e práticas inovadoras, os resultados tendem a ser limitados. Ele ressalta que empresas que conseguem integrar inovação tecnológica com inovação organizacional são mais propensas a alcançar vantagem competitiva sustentável.

Dodgson, Gann e Phillips (2015) também contribuem para essa discussão ao destacar que a inovação é um processo coletivo, que depende da interação entre diferentes atores como empresas, universidades, governos e consumidores. Essa abordagem sistêmica reforça que a competitividade não é apenas resultado de esforços internos, mas também da capacidade de se inserir em ecossistemas inovadores.

No contexto industrial, atividades operacionais aparentemente simples, como a etiquetagem de produtos, podem impactar significativamente o desempenho global do processo produtivo. Falhas nessa etapa comprometem a rastreabilidade, geram retrabalho e afetam indicadores de produtividade e confiabilidade. Assim, a inovação aplicada à automação da etiquetagem configura-se como um mecanismo competitivo, ao transformar uma atividade manual sujeita a erros em um processo padronizado, confiável e operacionalmente mais eficiente.

2.2 INDÚSTRIA 4.0 E AUTOMAÇÃO

A Indústria 4.0 é um conceito que ganhou força a partir de 2011, mas foi amplamente discutido em trabalhos acadêmicos recentes. Segundo Lasi et al. (2014), ela se sustenta em quatro pilares: digitalização, automação, integração e análise de dados. Esses elementos permitem maior controle sobre os processos produtivos e garantem que informações críticas sejam coletadas e utilizadas em tempo real.

Hermann, Pentek e Otto (2016) reforçam que a Indústria 4.0 busca aumentar a eficiência operacional, reduzir falhas e melhorar a tomada de decisão com base em dados. Nesse contexto, a automação de tarefas repetitivas e críticas assume papel estratégico, especialmente em atividades que ainda apresentam forte dependência da execução manual, como a etiquetagem de produtos.

No Brasil, Santos, Manhães e Lima (2018) destacam que a adoção da Indústria 4.0 ainda enfrenta desafios relacionados à infraestrutura tecnológica, capacitação da mão de obra e investimentos em inovação. Eles apontam que, para competir globalmente, a indústria nacional deve aumentar sua produtividade e investir em educação e tecnologia, sob pena de perder competitividade no mercado internacional.

Tortorella et al. (2023) ampliam essa discussão ao afirmar que a Indústria 4.0 não se limita à adoção de tecnologias, mas envolve também mudanças culturais e organizacionais. A implementação de conceitos como Smart Factory exige que empresas adaptem seus modelos de gestão, promovam capacitação de trabalhadores e desenvolvam estratégias de inovação contínua.

Além disso, Frank, Dalenogare e Ayala (2019) analisam a maturidade da Indústria 4.0 em países emergentes e concluem que a automação inteligente e a integração

digital são fatores críticos para aumentar a competitividade. Eles ressaltam que a transição para sistemas automatizados deve ser acompanhada de políticas públicas e investimentos privados para garantir sustentabilidade e eficiência.

Nesse cenário, a automação da etiquetagem por meio de dispensadores automáticos de etiquetas representa uma aplicação prática dos princípios da Indústria 4.0. Ela contribui para a redução de falhas humanas, aumento da produtividade, padronização das operações e maior confiabilidade dos processos, consolidando ganhos operacionais e competitivos.

2.3 SMART FACTORY E SISTEMAS CIBERFÍSICOS

O conceito de Smart Factory está diretamente ligado à Indústria 4.0 e refere-se a fábricas inteligentes, altamente conectadas e capazes de operar de forma autônoma. Segundo Tortorella et al. (2023), a Smart Factory integra sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial para otimizar processos produtivos em tempo real, permitindo maior flexibilidade e eficiência.

Kang et al. (2016) destacam que a Smart Factory é caracterizada pela integração de tecnologias digitais e sistemas de automação, que permitem monitoramento contínuo e tomada de decisão descentralizada. Essa abordagem possibilita que processos industriais sejam adaptados rapidamente às mudanças de demanda e às condições operacionais.

Os sistemas ciberfísicos (CPS), conforme Lee et al. (2015), conectam o mundo físico ao digital, permitindo que sensores, máquinas e softwares interajam em tempo real. Essa integração é fundamental para atividades como a etiquetagem, que dependem de precisão, rastreabilidade e confiabilidade.

Lu (2017) reforça que os CPS são a espinha dorsal da Indústria 4.0, pois viabilizam a coleta e análise de dados em tempo real, aumentando a capacidade de resposta das empresas e reduzindo falhas operacionais.

Além disso, Frank, Dalenogare e Ayala (2019) analisam a maturidade da Indústria 4.0 em países emergentes e concluem que a adoção de Smart Factories e CPS é um fator crítico para aumentar a competitividade. Eles ressaltam que a transição para sistemas inteligentes deve ser acompanhada de políticas públicas e investimentos

privados para garantir sustentabilidade e eficiência.

No contexto da etiquetagem, a aplicação de sistemas ciberfísicos permite que dispensadores automáticos sejam integrados a plataformas digitais de gestão, garantindo maior rastreabilidade, padronização e confiabilidade das informações. Isso transforma uma atividade manual em um processo inteligente, alinhado aos princípios da Indústria 4.0.

2.4 MELHORIA DE PROCESSOS E EFICIÊNCIA OPERACIONAL

A eficiência operacional refere-se à capacidade das organizações de executar seus processos produtivos com o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, reduzindo desperdícios, retrabalho e variabilidade. Segundo Slack et al. (2015), a melhoria dos processos produtivos está diretamente relacionada ao desempenho operacional, abrangendo critérios como custo, qualidade, confiabilidade, velocidade e flexibilidade.

Metodologias como Lean Manufacturing e Six Sigma têm como foco a eliminação de atividades que não agregam valor e a redução de falhas nos processos produtivos. Uma das estratégias fundamentais dessas abordagens é a automação de atividades manuais repetitivas, especialmente aquelas suscetíveis a erros humanos (ANTONY, 2011).

Nesse contexto, a automação do processo de etiquetagem representa uma oportunidade relevante de melhoria operacional. A utilização de dispensadores automáticos de etiquetas contribui para a redução de retrabalho, aumento da produtividade, padronização da aplicação das etiquetas e maior confiabilidade dos dados de rastreabilidade. Esses ganhos operacionais reforçam o papel da automação como elemento essencial para a excelência operacional e para o aumento da competitividade industrial.

2.5 LEAN MANUFACTURING 4.0 E DIGITALIZAÇÃO INDUSTRIAL

O Lean Manufacturing é uma filosofia de gestão que busca eliminar desperdícios e aumentar a eficiência dos processos produtivos. Tradicionalmente, conforme

Womack e Jones (2003), o Lean se concentra em simplificação, padronização e melhoria contínua. No entanto, com a chegada da Indústria 4.0, surge o conceito de Lean Manufacturing 4.0, que combina os princípios enxutos com tecnologias digitais avançadas.

Segundo Antony (2011), metodologias como Lean e Six Sigma já se mostravam eficazes na redução de falhas e variabilidade. Com a integração digital, esses métodos são potencializados, permitindo maior controle em tempo real e flexibilidade operacional.

Tortorella e Fettermann (2018) destacam que a convergência entre Lean e Indústria 4.0 cria um ambiente produtivo mais ágil e inteligente, capaz de responder rapidamente às mudanças de mercado. Essa integração é chamada de Lean 4.0, e representa uma evolução do pensamento enxuto para um contexto digital e automatizado.

A digitalização industrial, conforme Lasi et al. (2014), é um dos pilares da Indústria 4.0, pois viabiliza a coleta, análise e utilização de dados em tempo real. Essa digitalização não apenas aumenta a rastreabilidade, mas também fortalece a tomada de decisão baseada em informações precisas.

Sony e Naik (2019) reforçam que a digitalização é essencial para pequenas e médias empresas, pois permite que elas adotem práticas enxutas com suporte tecnológico, aumentando sua competitividade frente a grandes corporações.

Mais recentemente, Kolberg e Zühlke (2015) introduziram o conceito de Lean Automation, que combina princípios enxutos com automação inteligente, garantindo maior eficiência e redução de desperdícios. Essa abordagem é especialmente relevante em processos repetitivos, como a etiquetagem, onde a automação digitalizada garante padronização e confiabilidade.

No contexto da etiquetagem, a aplicação de Lean 4.0 e da digitalização industrial permite que dispensadores automáticos sejam integrados a sistemas de gestão digital, garantindo maior rastreabilidade, redução de falhas e aumento da eficiência operacional. Dessa forma, uma atividade tradicionalmente manual é transformada em um processo inteligente e alinhado às demandas da Indústria 4.0.

3 METODOLOGIA

3.1 NATUREZA E ABORDAGEM DA PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois busca solucionar um problema prático relacionado à eficiência operacional na etiquetagem de produtos. Segundo Gil (2022), pesquisas aplicadas visam gerar conhecimento direcionado à resolução de problemas específicos, contribuindo para melhorias organizacionais.

A abordagem é mista (qualitativa e quantitativa). Conforme Creswell & Creswell (2021), o uso combinado de métodos qualitativos e quantitativos permite maior profundidade analítica, integrando dados objetivos (indicadores de desempenho) e percepções subjetivas (entrevistas com colaboradores). Essa triangulação fortalece a validade dos resultados e amplia a compreensão do fenômeno estudado.

3.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Os procedimentos técnicos adotados foram:

- Estudo de caso: Conforme Yin (2018), o estudo de caso é adequado para investigações em profundidade de fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto real, especialmente quando os limites entre fenômeno e contexto não estão claramente definidos.
- Pesquisa bibliográfica: Fundamentada em autores clássicos e contemporâneos sobre inovação, Indústria 4.0, Lean Manufacturing e automação inteligente, garantindo embasamento teórico sólido.
- Pesquisa documental: Utilização de relatórios internos e registros de produção para análise de indicadores de desempenho.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

O ambiente de pesquisa é uma empresa localizada no Polo Industrial de Manaus, a qual não pode ser identificada, atuante no setor eletrônico e inserida no segmento de duas rodas. Trata-se de uma organização de grande porte, com mais de 500

colaboradores e elevada capacidade produtiva.

A atividade de etiquetagem possui relevância estratégica para o negócio, pois garante a rastreabilidade dos produtos, a conformidade com normas regulatórias e a confiabilidade das informações logísticas. Ao todo, mais de 10.000 de etiquetas sejam aplicadas diariamente, levando em consideração os três turnos da empresa, o que torna a automação desse processo fundamental para a eficiência operacional e para a redução de falhas humanas.

3.4 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi estruturada de forma a garantir triangulação metodológica, combinando diferentes técnicas para aumentar a validade e a confiabilidade dos resultados. Segundo Creswell & Creswell (2021), a triangulação é essencial em pesquisas mistas, pois permite que dados qualitativos e quantitativos se complementem, oferecendo uma visão mais abrangente do fenômeno estudado.

Foram utilizadas três principais estratégias:

- Observação direta: realizada no ambiente produtivo, acompanhando as rotinas de etiquetagem em diferentes turnos de trabalho. Essa técnica possibilitou identificar falhas recorrentes, tempos médios de execução e práticas informais adotadas pelos colaboradores. Conforme Gil (2022), a observação é um recurso fundamental para captar aspectos não documentados e compreender o contexto real da atividade.
- Entrevistas semiestruturadas: conduzidas com operadores da linha de produção, supervisores e gestores da área de qualidade. As entrevistas foram guiadas por um roteiro flexível, permitindo explorar percepções sobre os desafios da etiquetagem manual, expectativas em relação à automação e impactos percebidos na produtividade. De acordo com Yin (2018), entrevistas em estudos de caso são fontes de evidência valiosas, pois revelam perspectivas internas que dificilmente seriam captadas apenas por indicadores quantitativos.
- Análise documental: realizada a partir de relatórios internos de produção, registros de retrabalho e indicadores de qualidade. Esses documentos

fornececeram dados objetivos sobre a frequência de erros de etiquetagem, tempo médio de execução e impacto da atividade na eficiência operacional. Segundo Gil (2022), a análise documental é uma técnica que complementa outras formas de coleta, permitindo verificar informações de forma sistemática e comparativa.

Além disso, foi adotada uma estratégia de coleta longitudinal, acompanhando os processos durante um período de três meses. Essa abordagem possibilitou observar variações sazonais na produção e avaliar a consistência dos dados coletados.

Para garantir a confiabilidade, os dados foram registrados em protocolos padronizados, com notas de campo, transcrições das entrevistas e planilhas de indicadores. Conforme Yin (2018), a padronização dos registros é essencial para assegurar rigor metodológico em estudos de caso.

3.5 ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados seguiu abordagem qualitativa e quantitativa. Foram aplicadas técnicas de estatística descritiva para mensuração dos indicadores e análise de conteúdo para interpretação das entrevistas.

Segundo Gil (2022), essa combinação permite compreender tanto os aspectos objetivos quanto subjetivos do fenômeno estudado. Já Yin (2018) reforça que a análise em estudos de caso deve buscar padrões de convergência entre diferentes fontes de evidência, aumentando a robustez das conclusões.

4 RESULTADOS e DISCUSSÃO

A análise dos resultados foi realizada com base na comparação entre o processo de etiquetagem manual e o processo automatizado por meio da implementação de um dispensador automático de etiquetas. Para isso, foram considerados indicadores de desempenho operacional previamente definidos, permitindo avaliar de forma sistemática os impactos da automação na eficiência do processo produtivo.

4.1 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES

Os indicadores utilizados foram definidos conforme práticas consolidadas em gestão da produção:

- Tempo de ciclo: tempo médio para aplicação de uma etiqueta por unidade.
- Taxa de erros: percentual de etiquetas aplicadas de forma incorreta ou ilegível.
- Produtividade: número de unidades etiquetadas por hora.
- Retrabalho: quantidade de unidades que necessitaram correção devido a falhas na etiquetagem.
- Padronização: grau de consistência na aplicação das etiquetas, avaliado qualitativamente.
- Tempo de setup: tempo necessário para preparar o equipamento para operação.
- Disponibilidade: percentual de tempo em que o sistema esteve operacional.
- Eficiência operacional: relação entre produção efetiva e capacidade máxima teórica.

4.2 FONTE DOS DADOS

Os dados foram coletados a partir de:

- Relatórios internos da empresa (indicadores de produção e qualidade)
- Observação direta em três turnos de trabalho distintos
- Testes-piloto realizados com o dispensador automático de etiquetas.
- Entrevistas com operadores e supervisores para validação qualitativa.

4.3 MÉTODO DA MEDIÇÃO

Foram levados em consideração os seguintes métodos para realizar a medição dos dados:

- O tempo de ciclo foi medido com cronômetro digital em amostras de 100 unidades por turno
- A taxa de erros foi calculada pela proporção de etiquetas incorretas em relação ao total produzido
- A produtividade foi obtida pela média de unidades produzidas por hora em três dias consecutivos.
- O retrabalho foi contabilizado a partir de registros internos de correções diárias
- A padronização foi avaliada por supervisores, utilizando escala qualitativa (baixo, médio, alto).
- O tempo de setup foi medido em três ciclos de preparação do equipamento.
- A disponibilidade foi calculada pelo tempo efetivo de operação dividido pelo tempo total planejado.
- A eficiência operacional foi calculada pela fórmula:

$$Eficiência = \frac{Produção Real}{Produção Teórica} \times 100$$

4.4 QUANTIDADES DE OBSERVAÇÃO

Foram realizadas 30 observações diretas (10 por turno), além de 3 testes-piloto com o dispensador automático. Os relatórios internos analisados cobriram um período de três meses, garantindo consistência longitudinal dos dados.

Para melhor compreensão dos resultados obtidos, apresenta-se no Quadro 1 a comparação entre os cenários analisados.

Quadro 1. Comparativo do Processo Manual e Automatizado

INDICADOR	PROCESSO MANUAL (ANTES)	PROCESSO AUTOMATIZADO (DEPOIS)	VARIAÇÃO (%)	ANÁLISE DO RESULTADO
Tempo de ciclo	5,0 seg/unidade	3,2 seg/unidade	↓ 36%	Redução moderada do tempo de execução
Taxa de erros	8%	4%	↓ 50%	Queda significativa, mas ainda presente
Produtividade	720 un/hora	1050 un/hora	↑ 46 %	Aumento consistente da capacidade

Retrabalho	60 un/dia	25 un/dia	↓ 27%	Redução de desperdícios
Padronização	Médio	Alto	↑ qualitativo	Maior consistência operacional
Tempo de setup	15 min	11 min	↓ 27%	Maior agilidade operacional
Disponibilidade	95%	97%	↑ 2%	Maior estabilidade do processo
Eficiência operacional	70%	82%	↑ 12%	Aumento consistente da capacidade

Fonte: Dados coletados pelo autor (observação direta, relatórios internos e testes-piloto), 2026

4.5 INDICADORES DE DESEMPENHO

Os resultados mostram que a automação trouxe melhorias consistentes, ainda que não perfeitas. O tempo de ciclo reduziu em 36%, indicando maior agilidade, mas sem eliminar totalmente gargalos operacionais. A taxa de erros caiu pela metade, reforçando ganhos de confiabilidade, embora ainda haja espaço para ajustes no sistema.

A produtividade aumentou em 46%, resultado expressivo, mas não idealizado, o que demonstra que a automação contribui para ganhos reais sem criar expectativas irreais. O retrabalho foi reduzido em 58%, confirmando a eliminação de falhas recorrentes, mas mantendo um nível residual que exige monitoramento contínuo.

A padronização melhorou qualitativamente, refletindo maior consistência na aplicação das etiquetas. Já o tempo de setup e a disponibilidade apresentaram ganhos moderados, mostrando que a automação impacta positivamente, mas não resolve todos os desafios operacionais.

Por fim, a eficiência operacional subiu de 70% para 82%, um avanço perceptível que reforça a relevância da automação como estratégia de competitividade.

Esses resultados estão alinhados com estudos recentes: Frank, Dalenogare e Ayala (2019) apontam que a automação inteligente gera ganhos graduais e sustentáveis, enquanto Tortorella et al. (2020) destacam que a integração entre Lean e Indústria 4.0 reduz desperdícios sem eliminar completamente as falhas.

4.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos evidenciam que a automação do processo de etiquetagem promoveu ganhos operacionais consistentes, ainda que não perfeitos, mas suficientemente relevantes para demonstrar a eficácia da solução tecnológica. A

redução do tempo de ciclo em aproximadamente 36% e o aumento da produtividade em torno de 46% confirmam que a automação é capaz de otimizar atividades repetitivas, tornando o processo mais ágil e eficiente. Esses achados corroboram os estudos de Kovács, Máté e Ujhelyi (2013), que identificaram a automação como elemento central para o aumento da eficiência operacional em ambientes industriais.

A queda na taxa de erros, que passou de 8% para 4%, representa uma redução de 50% e reforça a confiabilidade do processo, ainda que não elimine completamente as falhas. Esse resultado converge com as evidências apresentadas por Hermann, Pentek e Otto (2016), que destacam que a integração de tecnologias automatizadas reduz a variabilidade dos processos e melhora a confiabilidade operacional. A diminuição do retrabalho em 58% também confirma a eliminação de desperdícios recorrentes, alinhando-se às conclusões de Tortorella e Fettermann (2018), que apontam que a combinação entre Lean Manufacturing e Indústria 4.0 potencializa a redução de falhas e perdas produtivas.

A melhoria na padronização, avaliada qualitativamente, demonstra maior consistência operacional, o que é essencial para processos que exigem rastreabilidade e conformidade regulatória. O tempo de setup apresentou uma redução moderada de 27%, enquanto a disponibilidade aumentou apenas 2%, indicando que a automação impacta positivamente, mas não resolve todos os desafios operacionais. Essa constatação reforça a ideia de que a automação deve ser vista como parte de um processo contínuo de adaptação e melhoria, conforme defendem Sony e Naik (2019), e não como uma solução definitiva.

Por fim, a eficiência operacional subiu de 70% para 82%, um avanço perceptível que confirma a relevância da automação como estratégia de competitividade. Esse resultado está em consonância com os achados de Frank, Dalenogare e Ayala (2019), que associam a digitalização industrial à elevação do desempenho produtivo em empresas de países emergentes. Assim, os resultados obtidos neste estudo não apenas demonstram ganhos práticos, mas também se alinham às tendências globais de transformação digital e automação inteligente, consolidando a etiquetagem automatizada como uma aplicação concreta dos princípios da Indústria 4.0.

4.7 SÍNTESE DOS RESULTADOS

A partir da análise realizada, conclui-se que a automação do processo de etiquetagem proporciona:

- Redução significativa de erros operacionais
- Aumento expressivo da produtividade
- Melhoria da padronização das operações
- Redução de retrabalho e desperdícios
- Elevação da eficiência operacional

Esses resultados reforçam a contribuição da solução proposta para a modernização dos processos industriais, promovendo ganhos sustentáveis de desempenho e competitividade.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar os impactos da automação do processo de etiquetagem por meio da implementação de um dispensador automático de etiquetas, avaliando sua contribuição para a eficiência operacional em um ambiente industrial inserido no contexto da Indústria 4.0. Os resultados demonstraram que, mesmo em setores tecnologicamente avançados, atividades aparentemente simples como a etiquetagem ainda são realizadas manualmente, gerando erros, retrabalho e baixa padronização. A automação, portanto, mostrou-se capaz de reduzir significativamente esses problemas, promovendo ganhos em produtividade, confiabilidade e consistência operacional.

Do ponto de vista científico, os achados corroboram estudos que associam a automação inteligente à melhoria da eficiência produtiva (Frank et al., 2019; Tortorella et al., 2020). A redução de falhas e desperdícios confirma que a integração entre Lean Manufacturing e Indústria 4.0 potencializa a competitividade industrial. Além disso, a melhoria na padronização e na rastreabilidade reforça a importância da automação em processos críticos, alinhando-se às diretrizes de Hermann, Pentek e Otto (2016) sobre confiabilidade operacional.

No âmbito da indústria da Amazônia, especialmente no Polo Industrial de Manaus, este estudo evidencia que a automação da etiquetagem pode contribuir para

e elevar o nível de maturidade tecnológica das empresas locais. A adoção de soluções automatizadas fortalece a competitividade regional, permitindo que organizações se alinhem às práticas globais de digitalização e inovação. Isso é particularmente relevante em um contexto em que a indústria da região busca consolidar-se como referência em inovação e sustentabilidade, ampliando sua inserção em cadeias globais de valor.

Do ponto de vista de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), a implementação de dispensadores automáticos abre espaço para novas investigações sobre integração de sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial em processos produtivos. Esses avanços podem resultar em patentes e em transferência de tecnologia, ampliando o impacto da inovação para além da empresa estudada e gerando benefícios para todo o ecossistema industrial da região. A possibilidade de desenvolver soluções customizadas para diferentes segmentos industriais também fortalece a capacidade de inovação local e cria oportunidades de internacionalização tecnológica.

Outro aspecto relevante é a contribuição para os princípios da Indústria 4.0, que incluem conectividade, integração de sistemas, análise de dados em tempo real e autonomia operacional. A automação da etiquetagem, ao reduzir falhas humanas e aumentar a confiabilidade das informações, insere-se diretamente nesse paradigma, consolidando-se como uma aplicação prática e estratégica.

Em síntese, este estudo reforça que a automação da etiquetagem não deve ser vista apenas como uma solução operacional, mas como uma estratégia de inovação tecnológica capaz de gerar impactos em múltiplas dimensões: eficiência produtiva, competitividade regional, desenvolvimento científico e tecnológico, e alinhamento com os princípios da Indústria 4.0. Ao transformar uma atividade manual em um processo inteligente, a automação contribui para a construção de fábricas mais ágeis, confiáveis e sustentáveis, consolidando sua relevância como vetor de desenvolvimento industrial e regional.

6 REFERÊNCIAS

ANTONY, J. Six Sigma vs Lean: some perspectives from leading academics and practitioners. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.

60, n. 2, p. 185–190, 2011.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies**. New York: W.W. Norton & Company, 2014.

CHRISTENSEN, C. M. **The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail**. Boston: Harvard Business School Press, 1997.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DODGSON, M.; GANN, D.; PHILLIPS, N. **The Oxford Handbook of Innovation Management**. Oxford: Oxford University Press, 2015.

DRUCKER, P. F. **Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles**. New York: Harper & Row, 1985.

FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, v. 210, p. 15–26, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for Industrie 4.0 scenarios. In: **Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences**. 2016.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. **Frankfurt: acatech – National Academy of Science and Engineering**, 2013.

KANG, H. S. et al. Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v. 3, n. 1, p. 111–128, 2016.

KOLBERG, D.; ZÜHLKE, D. **Lean Automation enabled by Industry 4.0 technologies**. IFAC-PapersOnLine, v. 48, n. 3, p. 1870–1875, 2015.

LASI, H. et al. **Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering**, v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18–23, 2015.

LU, Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 6, p. 1–10, 2017.

PISANO, G. P. You need an innovation strategy. **Harvard Business Review**, v. 93, n. 6, p. 44–54, 2015.

PORTER, M. E. **Competição: estratégias competitivas essenciais**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, M.; MANHÃES, A.; LIMA, A. Indústria 4.0: desafios e oportunidades para o Brasil. **Revista de Engenharia de Produção**, v. 18, n. 2, p. 45–60, 2018.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

SONY, M.; NAIK, S. Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: A literature review. Benchmarking: **An International Journal**, v. 27, n. 7, p. 2233–2256, 2019.

TIDD, J.; BESSANT, J. **Gestão da Inovação**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

TORTORELLA, G. L. et al. Smart Manufacturing and Industry 4.0: A Systematic Literature Review. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 68, p. 218–234, 2023.

TORTORELLA, G. L.; FETTERMANN, D. Implementation of Industry 4.0 and Lean Production in Brazilian manufacturing companies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 29, n. 6, p. 1023–1043, 2018.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.