INTERFACE TECNOLÓGICA

TECNOLOGIA EM INFORMÁTICA
Interface Tecnológica · v. 23, n. 1, 2026 · p. 125–135
ISSN on-line 2447-0864 · ISSN impresso 1807-3980
https://doi.org/10.31510/infa.v23i1.2461

INDÚSTRIA 4.0: um estudo de caso do sistema de monitoramento em tempo real no setor metalúrgico

Industry 4.0: a case study of the real-time monitoring system in the metallurgical sector

Gustavo Henrique Escapa[1], **Kauã Otávio Praizi Marques**[2], **Elton Cesar Prando**[3], **Liriane Soares de Araújo**[4]

AUTORIA

[1] **Gustavo Henrique Escapa**
Fatec Catanduva – SP – Brasil
gustavoescapa66@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-2555-3428

[2] **Kauã Otávio Praizi Marques**
Fatec Catanduva – SP – Brasil
kauapraizi7@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-7946-6013

[3] **Elton Cesar Prando**
Fatec Catanduva – SP – Brasil
elton.prando@cps.sp.gov.br
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-4011-0853

[4] **Liriane Soares de Araújo**
Fatec Catanduva – SP – Brasil
lirianearaujo@hotmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1504-5845

HISTÓRICO

Recebido	27/04/2026
Aceito	08/06/2026
Publicado	30/06/2026

COMO CITAR

ESCAPA, G. H. et al. Indústria 4.0: um estudo de caso do sistema de monitoramento em tempo real no setor metalúrgico. **Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 23, n. 1, p. 125-135, 2026. DOI: 10.31510/infa.v23i1.2461.

LICENÇA

Artigo de acesso aberto distribuído sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

cc BY 4.0

RESUMO

A busca contínua por excelência operacional no ambiente industrial exige a adoção de sistemas integrados de gestão e controle, e neste contexto, este estudo tem como objetivo analisar a implantação integrada do apontamento eletrônico de produção, da métrica de Eficiência Global do Equipamento (OEE) e da comunicação bidirecional entre os sistemas MES e ERP em uma companhia manufatureira visando reduzir a dependência do uso de planilhas manuais por meio da digitalização dos processos produtivos. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza aplicada, envolvendo a adequação de processos no ERP, padronização documental, instalação do software MES nos terminais operacionais, integração sistêmica, parametrização do cálculo de OEE e estruturação de uma base de dados corporativa em Business Intelligence (BI). O intuito desta pesquisa é auxiliar outras empresas na implantação do sistema a fim de potenciar a eficiência da produção, os resultados evidenciam a eficácia da nova arquitetura de integração, resultando na redução significativa da dependência de planilhas físicas de apontamento, mitigando a latência e os erros de transcrição humana. A apuração automatizada e contínua do OEE fornece indicadores precisos de disponibilidade, performance e qualidade. Conclui-se que a automação do fluxo de informações e a rastreabilidade integral consolidam uma cultura organizacional orientada por dados (data-driven), otimizando o uso de recursos fabris e fundamentando decisões estratégicas, superando as limitações orçamentárias e de infraestrutura inerentes à transição tecnológica.

Palavras-chave: Monitoramento em tempo real. Indústria 4.0. Sistema para indústrias.

ABSTRACT

The continuous search for operational excellence in the industrial environment requires the adoption of integrated management and control systems. This study aims to analyze the integrated implementation of electronic production data collection, the Overall Equipment Effectiveness (OEE) metric, and the bidirectional communication between MES and ERP systems in a manufacturing company, targeting the reduction of dependence on manual spreadsheets through process digitalization. The research is characterized as an applied case study, involving process adjustments in the ERP, documentary standardization, installation of MES software on operational terminals, systemic integration, OEE calculation parameterization, and the structuring of a corporate database in Business Intelligence (BI). The purpose of this research is to assist other companies in implementing the system in order to

enhance production efficiency. The results demonstrate the effectiveness of the new integration architecture, culminating in the significant reduction in the dependence on physical data collection spreadsheets, drastically mitigating latency and human transcription errors. The automated and continuous OEE calculation provided precise indicators of availability, performance, and quality. It is concluded that the automation of the information flow and full traceability consolidate a data-driven organizational culture, optimizing the use of manufacturing resources and supporting strategic decisions, overcoming the budgetary and infrastructure limitations inherent to the technological transition.

Keywords: Real-time monitoring. Industry 4.0. Industrial systems.

1 INTRODUÇÃO

A busca contínua por excelência operacional no ambiente industrial contemporâneo exige a adoção de sistemas integrados de gestão e controle de chão de fábrica, que segundo Schwab (2019), a integração de tecnologias digitais e sistemas ciber-físicos é o alicerce da Indústria 4.0, permitindo uma produção mais flexível e eficiente. Neste contexto, o presente estudo analisa a implantação integrada do apontamento eletrônico de produção, da métrica de Eficiência Global do Equipamento (OEE - *Overall Equipment Effectiveness*) e da comunicação bidirecional entre os sistemas MES (*Manufacturing Execution System*) e ERP (*Enterprise Resource Planning*) de uma empresa específica no setor metalúrgico.

Ao mitigar a imprevisibilidade inerente aos processos fabris, a integração sistêmica permite um planejamento de capacidade mais acurado, culminando na redução de desperdícios, perdas e paradas não planejadas, o que otimiza o emprego dos recursos disponíveis. Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2023), a ausência de dados precisos e em tempo real compromete severamente a capacidade de planejamento e a gestão de recursos, justificando a necessidade de transição para um ecossistema fabril digitalizado.

A relevância desta pesquisa justifica-se pela premissa de que a consolidação de uma base corporativa única e padronizada assegura a rastreabilidade integral das operações e fornece um alicerce de dados empíricos e confiáveis para a tomada de decisão estratégica nas esferas de manutenção, investimentos, planejamento de capacidade e priorização de melhorias. Segundo Davenport (1998), o coração de um sistema empresarial integrado é seu banco de dados único e centralizado, no qual os dados de toda a organização são coletados e armazenados, permitindo que qualquer informação gerada em uma unidade de negócio seja automaticamente compartilhada com todas as demais, eliminando a fragmentação e as inconsistências entre diferentes sistemas.

Diante da problemática, este estudo tem como objetivo analisar os impactos da substituição dos controles manuais de produção por um sistema integrado de apontamento eletrônico baseado na comunicação bidirecional entre ERP e MES, visando à construção de um ecossistema digital automatizado e orientado por dados em tempo real.

Para o alcance deste objetivo, são abordados os seguintes objetivos específicos: implantar corporativamente um modelo padronizado de apontamento eletrônico de produção; integrar os sistemas MES e ERP para a gestão sistêmica de ordens de produção, consumo de materiais, controle de estoques e movimentações logísticas; implementar e homogeneizar a medição do indicador OEE em todos os postos de trabalho operacionais; revisar e adequar os módulos produtivos inerentes ao ERP utilizado na companhia.

A metodologia de pesquisa envolve análise bibliográfica e documental descritiva e exploratória de abordagem qualitativa de natureza aplicada, juntamente com um estudo de caso em que

uma empresa do ramo industrial é analisada. Espera-se auxiliar empresas em questão de indicadores de melhoria na implantação do sistema a fim de potencializar a eficiência da produção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, apresentam-se os conceitos acadêmicos e técnicos que fundamentam a integração de sistemas industriais e a mensuração de desempenho no chão de fábrica. A pesquisa apoia-se nos pilares da transformação digital, nos sistemas de execução de manufatura e na filosofia de manutenção produtiva detalhados a seguir.

2.1 A transformação digital e a gestão da informação no chão de fábrica

O advento da Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, impulsionou a adoção de Sistemas Cyber-Físicos (CPS) e a digitalização massiva dos processos manufatureiros (SCHWAB, 2019). Diferentemente das revoluções anteriores, que trouxeram a produção em massa, as linhas de montagem e a eletricidade, a Quarta Revolução Industrial se caracteriza por um conjunto de tecnologias que permitem a fusão do mundo físico, digital e biológico, tendo como principais pilares a Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial (IA), os Sistemas Cyber-Físicos (CPS) e a Manufatura Aditiva. Segundo Schwab (2019), essa revolução terá um impacto mais profundo e exponencial do que todas as anteriores, pois não altera apenas o que e como se produz, mas transforma fundamentalmente a estrutura dos sistemas produtivos e organizacionais.

No ambiente fabril, essa transformação se manifesta concretamente na substituição dos registros físicos e processos analógicos por sistemas digitais integrados e em tempo real. A Indústria 4.0 compreende o uso de tecnologia como elemento central da estratégia corporativa, aplicada nos campos de manufatura e distribuição, e a transformação digital oferece elementos tecnológicos como a computação em nuvem, a capacidade analítica, a inteligência artificial e a conectividade entre sistemas, buscando melhorias de eficiência operacional e criação de novos serviços. Nesse contexto, a integração de sistemas definida como a união de diferentes sistemas de computação e aplicações de software para atuar como um todo coordenado possibilita a troca de informações entre os diferentes sistemas e permite às empresas um olhar abrangente sobre o seu negócio.

No modelo tradicional, a coleta de dados de produção baseada em planilhas físicas gera alta latência na informação e expõe a operação a erros de transcrição. Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2023), a ausência de dados precisos e em tempo real compromete severamente a capacidade de planejamento e a gestão de recursos, justificando a necessidade de transição para um ecossistema fabril digitalizado e orientado à Gestão da Qualidade de Dados (GQD). Davenport (1998) reforça essa perspectiva ao destacar que a integração da informação em toda a empresa, por meio de um banco de dados corporativo único e centralizado, elimina inconsistências entre diferentes sistemas e constitui um dos benefícios mais fundamentais dos sistemas empresariais integrados.

A arquitetura de informação de uma manufatura moderna depende da coexistência e integração de diferentes camadas de software. O ERP (*Enterprise Resource Planning*) atua no nível corporativo, sendo responsável pelo planejamento estratégico, gestão de negócios, compras e emissão de ordens de produção (CORRÊA; CORRÊA, 2022). O MES (*Manufacturing Execution System*), por sua vez, opera na camada tática e operacional, monitorando e controlando a execução no chão de fábrica em tempo real.

O Sistema MES organiza operações, integra informações do chão de fábrica e transforma dados dispersos em indicadores acionáveis. Com ele, é possível acompanhar a produção em tempo real, rastrear materiais e processos e identificar rapidamente gargalos que impactam resultados. Em termos de hierarquia funcional, enquanto o ERP define o que produzir considerando finanças, pedidos, compras e planejamento, o MES garante como produzir de forma eficiente, monitorando cada etapa do processo, da matéria-prima ao produto final.

A interoperabilidade bidirecional entre o ERP e o MES é amplamente embasada por padrões globais. A norma ANSI/ISA-95 define os modelos e a terminologia para a integração eficiente entre as atividades de negócios corporativos e as operações de controle da manufatura (ISA, 2010). O padrão ISA-95 fornece um modelo para definir e integrar as atividades entre sistemas empresariais e de controle, abrangendo produção, uso de material, entrega e envio, bem como a coleta de informações sobre o negócio. Essa norma é o alicerce técnico que permite que os dois sistemas se comuniquem de forma padronizada, confiável e escalável.

Quando o MES é integrado a um ERP robusto e a sistemas industriais como SCADA, IoT e automação, estabelece-se um ecossistema conectado e inteligente, onde o fluxo de informações é contínuo, em tempo real e altamente confiável, que serve de base para a Indústria 4.0, promovendo decisões mais rápidas, maior eficiência operacional e total visibilidade sobre o processo produtivo. Segundo Tubino (2017), o controle dinâmico da produção realizado diretamente nos postos de trabalho substitui o esforço passivo de preenchimento de formulários por um fluxo ativo e contínuo de informação gerencial.

2.2 Eficiência Global do Equipamento (OEE) e o combate às perdas

A digitalização do chão de fábrica encontra seu maior potencial analítico na aplicação do OEE. Originário da filosofia de Manutenção Produtiva Total (TPM), o OEE é um indicador que mensura a verdadeira eficiência de um equipamento ou linha de produção, avaliando não apenas o volume produzido, mas as perdas inerentes ao processo (NAKAJIMA, 1989).

Conforme ilustrado na Figura 1, o OEE é calculado pela multiplicação de três fatores fundamentais: Disponibilidade, Performance e Qualidade.

Figura 1 – Composição do indicador OEE e as grandes perdas de produção



Fonte: Ibernova.com (2019).

De acordo com Nakajima (1989), a melhoria contínua na manufatura exige o combate sistemático às "Seis Grandes Perdas" que corroem esses três fatores: quebras de máquina e tempo de setup (impactando a Disponibilidade); pequenas paradas e velocidade reduzida (impactando a Performance); e refugos de partida e defeitos de produção (impactando a Qualidade).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção descreve as técnicas de pesquisa adotadas, bem como os materiais e métodos empregados para operacionalizar os objetivos propostos neste estudo. O delineamento desta pesquisa classifica-se como um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa, uma vez que busca analisar as melhorias decorrentes da substituição de controles manuais por um sistema de base única, por meio da implantação de sistemas integrados e mensuração de indicadores de desempenho.

Segundo Yin (2015), o estudo de caso é a estratégia de pesquisa mais adequada quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco está em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. Esta pesquisa enquadra-se nessa definição, pois analisa um processo de implantação tecnológica real, em ambiente fabril ativo, com variáveis que não podem ser manipuladas experimentalmente.

A coleta de dados foi realizada por meio de três procedimentos complementares. O primeiro foi a análise bibliográfica, que fundamentou teoricamente os conceitos de Indústria 4.0, OEE, sistemas MES e ERP, conforme apresentado na seção de Fundamentação Teórica. O segundo foi a análise documental, com base em registros internos da empresa, relatórios de produção, ordens

de produção e documentação técnica dos sistemas antes e após a implantação. O terceiro foi a entrevista semiestruturada realizada com o especialista de projetos responsável pela condução da implantação, cujas respostas permitiram contextualizar e validar os dados documentais levantados, conforme orienta Gil (2026).

3.1 Ambiente de estudo e condições de contorno (premissas)

A pesquisa foi conduzida juntamente com o especialista de projetos no ambiente fabril de uma companhia, abrangendo seus respectivos postos de trabalho operacionais. Para a viabilidade e o sucesso da intervenção proposta, estabeleceu-se um conjunto de premissas organizacionais e tecnológicas que serviram como alicerce para a execução do projeto. A pesquisa foi conduzida em uma companhia do setor metalúrgico composta por quatro unidades fabris, contemplando 57 postos de trabalho operacionais. O processo de implantação possui duração prevista de oito meses e ainda se encontra em andamento.

No aspecto tecnológico, o estudo demandou a garantia de disponibilidade e modernização da infraestrutura física de *hardware* no chão de fábrica, incluindo a instalação de terminais de apontamento, cobertura de rede conectada, impressoras, coletores de dados e sensores acoplados aos equipamentos. No aspecto organizacional, a metodologia exigiu um esforço multidisciplinar, sustentado pelo apoio direto e engajamento das áreas de Tecnologia da Informação (TI), Planejamento e Controle da Produção (PCP), Produção, Engenharia e do Escritório de Gestão de Processos (BPMO).

Adicionalmente, a execução técnica contou com o suporte especializado do fornecedor do sistema MES e da consultoria responsável pelo sistema ERP, garantindo a expertise necessária para a comunicação entre as plataformas. Por fim, exigiu-se como premissa comportamental a disciplina rigorosa das equipes operacionais na coleta e análise inicial dos dados, fator crítico para a transição do modelo analógico para o digital.

3.2 Etapas de implementação

Para garantir uma transição segura do modelo manual para o digital, fortalecendo a gestão orientada por dados, a metodologia de implantação foi estruturada e executada nas seguintes etapas sequenciais:

- **Revisão e Adequação de Processos (Módulos ERP):** A primeira etapa consistiu no mapeamento e reimplantação/revisão dos módulos produtivos existentes no ERP, visando adequar o sistema "mãe" para receber os dados dinâmicos do chão de fábrica.
- **Padronização Documental:** Procedeu-se com a padronização e homologação de todos os documentos fabris físicos e lógicos. Isso incluiu a reestruturação de Ordens de Produção (OPs), requisições de materiais, *checklists* de qualidade e manutenção, etiquetas de identificação de lote e relatórios gerenciais.
- **Implantação do Apontamento Eletrônico e MES:** Instalação e configuração do software MES nos terminais operacionais, substituindo a interface baseada em papel por apontamentos realizados em tempo real pelos operadores.
- **Integração Sistêmica (MES ↔ ERP):** Desenvolvimento e validação das rotinas de integração bidirecional entre os sistemas, garantindo o fluxo contínuo de informações referentes a ordens, consumo de matérias-primas, atualização de estoques e movimentações logísticas.

- **Implementação do Indicador OEE:** Parametrização do cálculo padronizado do OEE em todos os postos de trabalho, conectando os dados de disponibilidade, performance e qualidade coletados pelo MES para gerar o índice de eficiência.
- **Estruturação de Dados e Capacitação:** Criação de uma base corporativa centralizada (Data Warehouse) e desenvolvimento de painéis de visualização (*dashboards* em *Business Intelligence* - BI). Concomitantemente, foram realizados os treinamentos de capacitação técnica com as equipes operacionais e de gestão para a consolidação da nova cultura *data-driven* (orientada por dados).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, foi realizado um estudo de caso em uma empresa do setor metalúrgico onde foi implantado um sistema integrado de gestão (ERP) e de execução de produção (MES) no chão de fábrica. A partir dessa análise, foi possível verificar que a implementação da arquitetura integrada entre os sistemas de gestão corporativa e o chão de fábrica proporcionou uma transformação substancial na dinâmica operacional da companhia. Os resultados obtidos evidenciam a eficácia da transição de um modelo de apontamento analógico e descentralizado para um ecossistema digital interoperável, confirmando a premissa de que a automação do fluxo de informações é um pilar para a Excelência Operacional.

Antes da implantação, os apontamentos de produção eram realizados integralmente por meio de registros manuais em papel e caneta, em todas as unidades fabris da companhia. Esse modelo gerava elevada latência na disponibilização das informações, uma vez que os dados coletados no chão de fábrica precisavam ser transcritos manualmente para outros sistemas ao final de cada turno, ampliando o risco de erros e inconsistências. Embora a empresa já utilizasse um sistema ERP para o planejamento corporativo, a ausência de integração com o nível operacional criava uma lacuna crítica entre o que era planejado e o que era efetivamente executado e registrado na produção. Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2023), essa desconexão entre o planejamento e a execução compromete diretamente a capacidade de gestão e a qualidade das decisões operacionais.

O processo de implantação abrangeu quatro unidades fabris, contemplando 57 postos operacionais, e possui duração prevista de oito meses, encontrando-se ainda em andamento, refletindo a complexidade inerente a uma transformação tecnológica e cultural de grande escala.

A primeira etapa consistiu na revisão e adequação dos módulos produtivos do ERP já existente, preparando o sistema para receber e processar os dados dinâmicos que passariam a ser gerados em tempo real pelo MES. Em seguida, procedeu-se à instalação dos terminais de apontamento eletrônico nos postos de trabalho operacionais, à parametrização do cálculo do OEE e ao desenvolvimento das rotinas de integração bidirecional entre os sistemas, conforme os modelos e a terminologia definidos pela norma ANSI/ISA-95 (ISA, 2010).

Um dos principais desafios enfrentados durante a implantação foi a resistência dos operadores à mudança do modelo analógico para o digital. Acostumados ao registro manual em papel, parte das equipes demonstrou desconfiança em relação ao novo sistema e dificuldade inicial na adaptação aos terminais eletrônicos. Para superar essa barreira, a companhia adotou uma estratégia de capacitação em dois níveis complementares: treinamentos presenciais estruturados, nos quais os operadores foram instruídos sobre o funcionamento do sistema e a importância da quali-

dade dos dados inseridos; e acompanhamento contínuo no próprio chão de fábrica, com suporte in loco durante as primeiras semanas de operação. Conforme Gil (2026), a combinação de métodos de capacitação é essencial para garantir a adesão e a consolidação de novos processos em ambientes organizacionais com diferentes perfis de maturidade tecnológica.

A superação gradual dessa resistência foi determinante para o sucesso da implantação. À medida que os operadores passaram a visualizar nos painéis de *Business Intelligence* (BI) os indicadores gerados a partir de seus próprios apontamentos, como o OEE de sua linha ou posto de trabalho, o engajamento aumentou progressivamente, consolidando a cultura orientada por dados (*data-driven*) preconizada por Davenport (1998). O comparativo dos indicadores é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – **Comparativo dos indicadores operacionais antes e após a implantação do sistema**

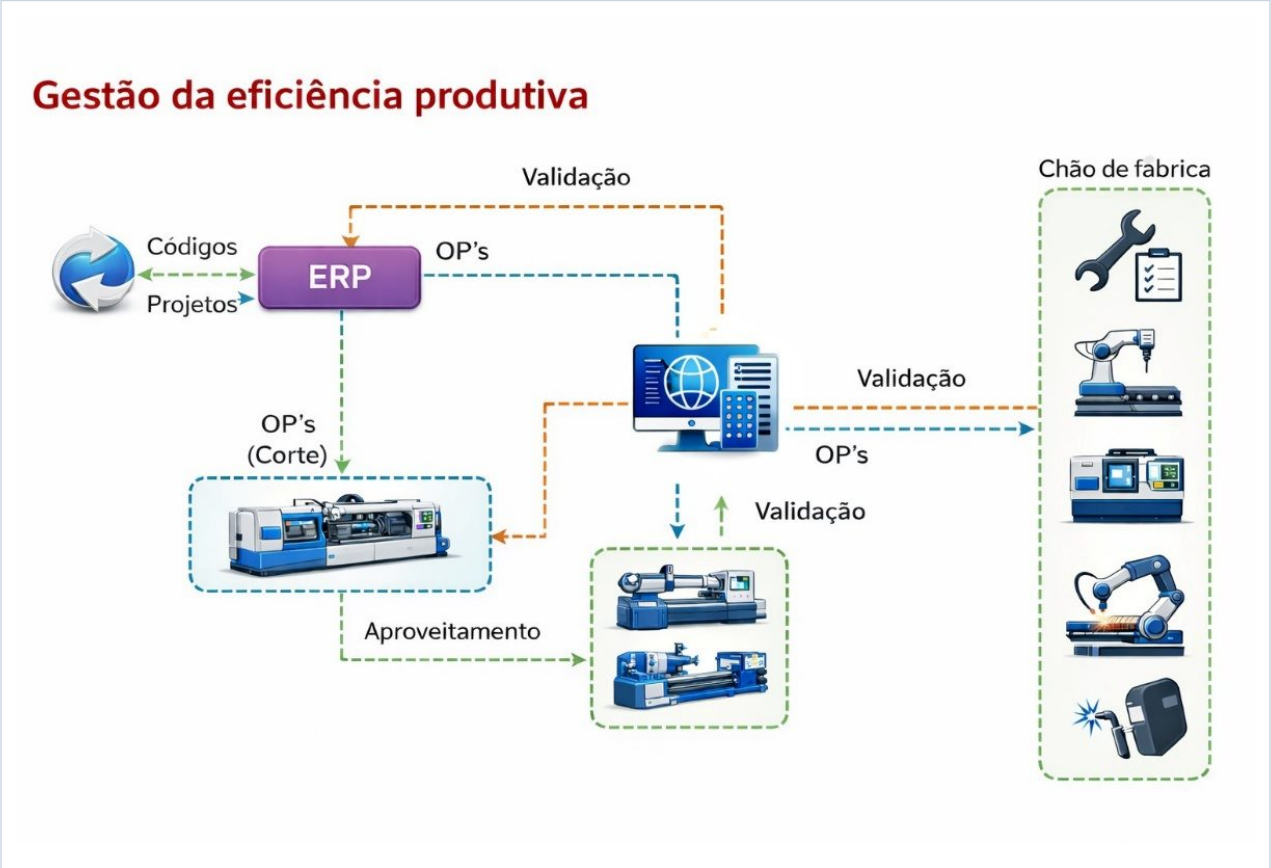
INDICADOR	ANTES	DEPOIS
Disponibilização das informações	3 Horas	Instantâneo
Erros de apontamento	12%	2%
Método de coleta	Manual	Integrado
Unidades fabris	-	4 unidades
Postos operacionais	-	57 postos

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

4.1 Arquitetura de integração e o novo fluxo de informação

Para materializar a comunicação bidirecional proposta no escopo, desenvolveu-se o modelo de Gestão da Eficiência Produtiva, ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Arquitetura de integração MES-ERP para a gestão da eficiência produtiva



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Conforme demonstrado na Figura 2, o sistema ERP atua como o nó central de planejamento e roteamento. Ao processar os códigos e projetos oriundos da engenharia, o ERP emite as Ordens de Produção (OP's) de forma digital diretamente para os terminais do Chão de Fábrica, contemplando os diversos centros de trabalho (representados pelos ícones de solda, usinagem/corte, montagem e pintura).

O avanço tecnológico e processual mais significativo reside no fluxo de retorno, identificado no diagrama como "Validação". Este vetor representa o apontamento eletrônico executado pelos operadores via sistema MES. Em vez de preencher formulários em papel ao fim do turno, a equipe fabril retroalimenta o ERP em tempo real com dados de produção, consumo de materiais, aproveitamento e refugo.

4.2 Impactos na acurácia dos dados e apuração do OEE

A consolidação do fluxo ilustrado na Figura 2 permitiu o alcance integral da meta primária deste projeto: a redução significativa da dependência das planilhas manuais físicas de apontamento de produção mitigou a latência da informação e reduziu as inconsistências inerentes à transcrição humana de dados. Ademais, a implementação do apontamento eletrônico padronizado viabilizou a extração contínua e fidedigna das variáveis necessárias para o cálculo do OEE (Eficiência Global do Equipamento). Com os tempos de parada (Disponibilidade), o ritmo de produção (Performance) e o índice de refugo (Qualidade) sendo registrados diretamente nos terminais, a companhia passou a dispor de uma base corporativa única.

Essa rastreabilidade completa e automatizada forneceu aos gestores painéis de *Business Intelligence* (BI) atualizados instantaneamente. Como resultado prático, as decisões relacionadas à manutenção preventiva, investimentos em novos equipamentos e planejamento de capacidade deixaram de ser baseadas em estimativas empíricas e passaram a ser fundamentadas em dados estatísticos robustos, elevando a previsibilidade e a sustentabilidade econômica das operações.

4.3 Desafios na implantação do sistema

O primeiro conjunto de resultados observados no estudo de caso destaca os principais desafios e dificuldades enfrentados antes e durante a implantação do Sistema de Monitoramento em Tempo Real (Quadro 2). Antes do projeto, o controle da produção era fortemente baseado em apontamento manual, realizado pelo líder da produção, o que gerava atraso na informação, maior risco de erros e fragilidade na tomada de decisão. A ausência de dados atualizados sobre a disponibilidade real das máquinas criava uma lacuna entre o planejado e o executado, comprometendo a gestão operacional.

Quadro 2 – Desafios e dificuldades na implantação

Tema principal	Descrição do desafio / situação inicial	Como foi tratado / solução adotada
Apontamento manual e ausência de dados em tempo real	Antes do sistema, o controle da produção era feito manualmente pelo líder, com alto risco de erro e atraso na informação.	Implantação de sistema de monitoramento em tempo real integrado ao chão de fábrica, reduzindo a dependência de registros em papel.
Tomada de decisão sem dados atualizados	Faltavam informações em tempo real sobre a disponibilidade real das máquinas, dificultando decisões estratégicas e operacionais.	O sistema passou a medir disponibilidade e desempenho das máquinas, apoiando a decisão com base em dados estatísticos.
Resistência cultural e adaptação dos colaboradores	A mudança de modelo analógico para digital exigiu adaptação cultural, com parte dos colaboradores relutante ou acostumada ao antigo processo.	Foi organizado treinamento específico e apoio contínuo no chão de fábrica para facilitar a transição.
Processo de treinamento e adoção do sistema	O sistema demandou esforço de treinamento e mudança de hábitos, devido à cultura organizacional arraigada no registro manual.	Foram realizados treinamentos estruturados e acompanhamento in loco para garantir a correta operação do sistema.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo alcançou o seu objetivo ao descrever e analisar a implantação de uma arquitetura integrada entre os sistemas MES e ERP, atrelada à adoção do indicador OEE, o que culminou na redução significativa da dependência dos controles manuais e no fortalecimento da gestão baseada em dados e na rastreabilidade das informações de produção.

A transição para este ecossistema digital respondeu de forma assertiva à necessidade de rastreabilidade completa das operações fabris, consolidando uma cultura de gestão orientada por fatos e métricas confiáveis (GQD). Como principais resultados, destaca-se o aumento significativo na previsibilidade operacional, permitindo que a companhia otimize recursos, reduza desperdícios e embase suas decisões estratégicas como planejamento de capacidade e investimentos em manutenção em uma base corporativa de dados robusta e em tempo real.

Entretanto, reconhece-se as limitações enfrentadas durante o desenvolvimento e a execução deste projeto, em que a principal barreira consistiu nas restrições orçamentárias e na forte dependência de investimentos em hardware e conectividade de rede para adequar o chão de fábrica ao novo modelo. Observou-se, ainda, a limitação de recursos humanos disponíveis, sobrecarregando

as equipes de TI e as áreas fabris durante a fase de transição. Além disso, as assimetrias na maturidade tecnológica e cultural entre as diferentes fábricas da companhia representaram um desafio, exigindo adaptações customizadas de processos para garantir a devida aderência ao sistema padrão. Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se a investigação sobre a aplicação de algoritmos de Inteligência Artificial (IA) e *Machine Learning* sobre o *Data Warehouse* recém-criado.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

DAVENPORT, Thomas H. Putting the enterprise into the enterprise system. **Harvard Business Review**, v. 76, n. 4, p. 121-131, jul./ago. 1998. Disponível em: https://hbr.org/1998/07/putting-the-enterprise-into-the-enterprise-system. Acesso em: 14 abr. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 8. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2026.

HANSEN, Robert C. **Eficiência global dos equipamentos**: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006.

IBERNOVA.COM. **O que é o OEE, como se calcula o OEE e como otimizá-lo?** [*S. l.*], 2019. Disponível em: https://ibernova.com/pt/blog/o-que-e-o-oee-como-se-calcula-o-oee-como-otimiza-lo/. Acesso em: 26 mar. 2026.

ISA – INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION. **ANSI/ISA-95.00.01-2010 (IEC 62264-1 Mod)**: enterprise-control system integration: part 1: models and terminology. Research Triangle Park: ISA, 2010. Disponível em: https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-ansi-isa-95-00-01-2010. Acesso em: 23 abr. 2026.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM**: total productive maintenance. São Paulo: IMC – International Machines Corporation, 1989.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2019.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; BURGESS, Nicola. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção**: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

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

Os conceitos e as opiniões expressos neste artigo são de responsabilidade exclusiva de seus autores.