v7.n11.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

EFEITOS DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE EXECUÇÃO DE MANUFATURA (MES) NA VISIBILIDADE OPERACIONAL

EFFECTS OF IMPLEMENTING A MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES) ON OPERATIONAL VISIBILITY

EFECTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE EJECUCIÓN DE MANUFACTURA (MES) EN LA VISIBILIDAD OPERATIVA

Maicon Erick Menezes da Cruz[1], Renata Mirella Farina[2], Fabiana Florian[3]

e7119466
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i11.9466

PUBLICADO: 11/2026

RESUMO

Neste artigo, investigamos o impacto de um Sistema de Execução de Manufatura na visibilidade operacional de uma empresa no setor de componentes automotivos. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, descritiva e exploratória, com abordagem predominantemente qualitativa, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e estudo de caso. Os dados quantitativos disponibilizados pelo sistema foram utilizados de forma descritiva para apoiar a análise de sete funcionalidades: Quadro Sinóptico, Resumo de Tempo, Gestão de Status, Análise de Perdas em tabela e gráfico, Histórico de Eventos e Relatório de Produção. Constatamos que o sistema centralizou as informações que anteriormente estavam em registros manuais, planilhas e comunicação entre setores. Também possibilitou monitorar máquinas em tempo real, identificar as perdas mais significativas, consultar dados históricos e monitorar indicadores. Conclui-se que a implementação melhorou a disponibilidade, organização e rastreabilidade das informações e levou a decisões operacionais mais rápidas e informadas. Entretanto, não foi possível comprovar ganhos quantitativos de produtividade, disponibilidade ou OEE, devido à ausência de séries históricas comparáveis anteriores e posteriores à implantação.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0. Manufatura. Sistema de Execução de Manufatura. Tomada de decisão. Visibilidade operacional.

ABSTRACT

This study investigated the impact of a Manufacturing Execution System (MES) on the operational visibility of a company in the automotive components sector. The research was applied, descriptive, and exploratory, and was conducted through a literature review and a case study. It adopted a predominantly qualitative approach, supported by quantitative data provided by the system. Seven functionalities were analyzed: Synoptic Board, Time Summary, Status Management, Loss Analysis in table and chart formats, Event History, and Production Report. The results showed that the system centralized information that had previously been recorded manually, stored in spreadsheets, and communicated across different departments. The system also enabled real-time machine monitoring, identification of the most significant production losses, access to historical data, and performance indicator monitoring. It was concluded that the implementation of the MES improved the availability, organization, and traceability of information, contributing to faster and better-informed operational decision-making. However, quantitative gains in productivity, availability, or OEE could not be demonstrated because comparable historical data from equivalent periods before and after implementation were not available.

[1] Universidade de Araraquara (UNIARA), graduando em Engenharia da Computação.
[2] Universidade de Araraquara (UNIARA), mestra, docente do curso de Engenharia da Computação.
[3] Universidade de Araraquara (UNIARA), doutora, docente do curso de Engenharia da Computação.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

KEYWORDS: *Industry 4.0. Manufacturing. Manufacturing Execution System (MES). Decision-Making. Operational Visibility.*

RESUMEN
Este artículo analiza los efectos de la implementación de un Sistema de Ejecución de Manufactura (MES) en la visibilidad operativa de una empresa del sector de componentes automotrices. La investigación se caracteriza como aplicada, descriptiva y exploratoria, con un enfoque predominantemente cualitativo, desarrollado mediante revisión bibliográfica y estudio de caso. Los datos cuantitativos proporcionados por el sistema se utilizaron de forma descriptiva para apoyar el análisis de siete funcionalidades: Cuadro Sinóptico, Resumen de Tiempo, Gestión de Estado, Análisis de Pérdidas en tabla y gráfico, Historial de Eventos e Informe de Producción. Los resultados indican que el MES centralizó información anteriormente registrada en documentos manuales, hojas de cálculo y comunicaciones entre sectores, además de permitir el monitoreo en tiempo real de las máquinas, la identificación de pérdidas, la consulta de datos históricos y el seguimiento de indicadores. Se concluye que la implementación amplió la disponibilidad, organización y trazabilidad de la información, contribuyendo a decisiones operativas más rápidas y fundamentadas. Sin embargo, no fue posible comprobar mejoras cuantitativas de productividad, disponibilidad u OEE debido a la ausencia de series históricas comparables anteriores y posteriores a la implementación.

PALABRAS CLAVE*: Industria 4.0. Manufactura. Sistema de Ejecución de Manufactura. Toma de decisiones. Visibilidad operativa.*

INTRODUÇÃO

Diante do aumento da competitividade no setor produtivo, as empresas precisam ampliar a eficiência e a agilidade de seus processos para atender às demandas do mercado. A Indústria 4.0 exige a incorporação de novas tecnologias digitais no ambiente de produção, de modo que a visibilidade dos processos de produção deve ser amplamente aumentada. O Sistema de Execução de Manufatura (*MES*) é configurado como uma ferramenta estratégica que conecta o chão de fábrica (GEMBA) aos sistemas de gestão empresarial, através do fornecimento de informações em tempo real, diferenciando-se dos relatórios padrão que normalmente fornecem dados apenas do dia anterior.

Este artigo tem como objetivo analisar os efeitos da implantação de um Sistema de Execução de Manufatura (MES) na visibilidade operacional de uma empresa do setor de componentes automotivos, considerando as funcionalidades disponibilizadas pelo sistema, seus benefícios, suas limitações e suas contribuições para a gestão da produção.

A escolha deste tema baseia-se na necessidade que as empresas têm de mudar para corresponder à demanda oscilante de seus mercados e de se tornarem mais abertas e flexíveis.

A falta de visibilidade operacional impacta a tomada de decisões e a competitividade, tornando essencial investigar como o *MES* pode superar esses obstáculos. A principal questão

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

deste estudo é: como a adoção de um sistema *MES* pode melhorar a visibilidade operacional em tempo real de uma empresa?

A hipótese proposta é que o *MES* poderá melhorar a integração da produção com as áreas administrativas para obter informações mais precisas com impacto instantâneo nas métricas de desempenho.

Para alcançar o objetivo proposto, foram realizados uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso em uma empresa do setor de componentes automotivos. A análise concentrou-se em sete funcionalidades do MES utilizadas no ambiente estudado, considerando a forma como o sistema organiza, disponibiliza e apresenta as informações operacionais. Também foram examinados os benefícios, os desafios e as limitações relacionados à aplicação do sistema no contexto industrial.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Sistema de execução de manufatura e Indústria 4.0

O Sistema de Execução de Manufatura (*MES*) integra os níveis da indústria e os aspectos operacionais e táticos. Como sugere a ISA-95, é uma camada intermediária entre sistemas corporativos como ERP, sistemas de controle de produção e dados em tempo real do chão de fábrica (ISA, 2010; IEC, 2013; KLETTI, 2007). É utilizado para o rastreamento de pedidos, gestão de recursos, eventos de produção, rastreabilidade e monitoramento de desempenho. No contexto da Indústria 4.0, o *MES* também é uma plataforma para a integração da Internet das Coisas (*IoT*), sistemas ciberfísicos*, Big Data*, inteligência artificial, computação em nuvem, entre outras tecnologias. Ele ajuda as empresas a monitorar, analisar e responder a eventos do mundo real, fornecendo-lhes sistemas de gestão digital (MONOSTORI et al., 2016; ZHOU; LIU; ZHOU, 2016).

1.2. Integração de *MES* e ERP

O ERP é responsável pelo planejamento e gestão dos recursos corporativos, enquanto o *MES* é responsável pela execução das operações no chão de fábrica. Essa integração permite que as ordens planejadas sejam enviadas para a produção e que os resultados reais retornem ao nível de gestão. Esse fluxo reduz duplicações, erros de digitação e discrepâncias entre o que foi planejado e o que foi alcançado, aumentando a confiabilidade das informações e possibilitando o planejamento da produção e da cadeia de suprimentos (DAVENPORT, 1998; ZVEI, 2016). A ausência de integração causa retrabalho, atrasos e inconsistências, enquanto o

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

compartilhamento de dados favorece a produtividade, o cumprimento de prazos e a utilização de recursos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

1.3. Visibilidade operacional e indicadores de desempenho

A visibilidade operacional é a capacidade de monitorar as condições e os resultados do processo de produção de maneira oportuna e confiável. O *MES* ajuda a alcançar isso agregando os dados de máquinas, pedidos e eventos em indicadores que descrevem disponibilidade, desempenho, qualidade, produtividade, tempo de ciclo, tempo de configuração, refugo, retrabalho e duração de paradas. Entre esses indicadores, o OEE, produto da disponibilidade, do desempenho e da qualidade, mede a eficiência geral do equipamento (NAKAJIMA, 1988). A coleta de dados estruturada é organizada para reduzir a necessidade de documentação manual e detectar desvios e gargalos, bem como para comparar dados de períodos anteriores e reconhecer padrões (KLETTI, 2007; LEE; BAGHERI; KAO, 2015).

1.4. Rastreabilidade, qualidade e tomada de decisão

A rastreabilidade também permite o acompanhamento de materiais, pedidos, operações e produtos durante a fabricação. Ao registrar eventos do processo, o *MES* pode ser usado para detectar erros, solucionar problemas e tomar ações corretivas em áreas que necessitam de qualidade e conformidade (KLETTI, 2007). Esta ferramenta também pode envolver inspeções, testes e parâmetros de processo para reduzir refugo e retrabalho e se preparar para auditorias. Painéis, relatórios e históricos ajudam a transformar operações em informações para fins de tomada de decisão. Esta base permite uma resposta mais rápida, comparação entre recursos e tempos, e análise preditiva para identificar padrões e falhas (LEE; BAGHERI; KAO, 2015).

1.5. Benefícios, desafios e fatores críticos de sucesso

A implementação do *MES* pode melhorar a eficiência operacional, a rastreabilidade, o controle de qualidade e a capacidade de identificar perdas. A centralização dos dados também facilita a comunicação entre produção, manutenção, engenharia, qualidade e gestão. No entanto, os resultados do *MES* dependerão de fatores tecnológicos e organizacionais. Os desafios são o investimento inicial, a integração com sistemas legados, a infraestrutura de coleta de dados, a padronização de relatórios, o treinamento e a resistência à mudança. Portanto, é necessário ter objetivos e escopo claros, apoio da alta administração, envolvimento e engajamento da equipe, treinamento contínuo e critérios consistentes para o registro de eventos. A gestão de mudanças

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

é crucial para incorporar a solução nas rotinas e garantir que os dados sejam usados para melhorar os processos (KOTTER, 1996; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da pesquisa

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de caráter descritivo e exploratório, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e estudo de caso. A abordagem adotada foi predominantemente qualitativa, apoiada por dados quantitativos disponibilizados pelo MES, como produtividade, disponibilidade, desempenho, OEE, refugo, retrabalho e tempos de parada. Esses dados foram utilizados de forma descritiva para ilustrar as funcionalidades e a capacidade analítica do sistema, sem a realização de inferência estatística ou comparação longitudinal entre períodos equivalentes anteriores e posteriores à implantação. O estudo de caso é adequado à investigação de fenômenos contemporâneos em seu contexto real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o ambiente no qual ocorre não estão claramente definidos (YIN, 2015).

2.2. Caracterização do ambiente de aplicação

O estudo foi realizado em uma empresa do setor de componentes automotivos com produção em série, diferentes máquinas, recursos e produtos. Isso envolve produção, configuração, aquecimento, teste, manutenção e paradas programadas ou não programadas. Pedidos, quantidades planejadas e produzidas, refugo e retrabalho também são monitorados. Os nomes, códigos dos operadores e identificação dos produtos foram removidos ou borrados nas imagens para proteger a confidencialidade. Isso não afeta a análise das funcionalidades, indicadores e estrutura de visualização do *MES*.

2.3. Cenário anterior à utilização do *MES*

Antes da implementação do *MES*, as informações de produção eram principalmente registradas em documentos impressos, formulários e anotações manuais. Esses registros eram coletados e consolidados para formar planilhas e indicadores. Devido ao fluxo, as áreas de supervisão e gestão tinham acesso principalmente aos resultados do dia anterior, o que dificultava a identificação imediata de paradas, perdas e desvios no processo de produção.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Sem uma plataforma central, era necessário consultar uma série de documentos ou contatar diretamente os envolvidos para confirmar o status da máquina, pedido ou operação. Além do tempo gasto na coleta das informações, havia também o potencial de erros no preenchimento, interpretação e digitação. Com a implementação do *MES*, os registros passaram a ser organizados em uma única plataforma para monitoramento em tempo real da condição das máquinas, eventos de produção e indicadores-chave.

2.4. Implantação e procedimentos de coleta e análise

A implementação foi iniciada gradualmente. Primeiro, foram levantados os requisitos das áreas envolvidas e mapeados os fluxos, pontos de coleta e eventos que deveriam ser registrados. Em seguida, máquinas, pedidos, produtos, quantidades e status operacionais foram organizados no sistema. Os usuários foram treinados em telas, cores, indicadores e critérios de apontamento, e as funcionalidades foram ajustadas à medida que eram integradas à rotina. Para destacar o papel do *MES* na visibilidade operacional, sete funcionalidades foram selecionadas: Quadro Sinóptico, Resumo de Tempo, Gestão de Status, Análise de Perdas em tabela, Análise de Perdas em gráfico, Histórico de Eventos e Relatório de Produção. Em geral, as consultas permitem filtros por período, turno, equipe e recurso; algumas telas também permitem filtrar por produto, pedido ou operação. Os dados foram agrupados em cinco categorias: condições operacionais; tempos produtivos e paradas; resultados de produção; indicadores de eficiência; e indicadores de qualidade. A análise considerou o conteúdo apresentado em cada funcionalidade, o nível de detalhamento das informações, a possibilidade de consulta histórica, a rastreabilidade dos eventos, a identificação de perdas e o suporte oferecido à tomada de decisão.

A coleta de informações foi realizada por meio da observação das telas, da consulta aos registros disponíveis e da análise das funcionalidades selecionadas. Foram examinados dados filtrados por período, turno, equipe e recurso e, quando aplicável, por produto, pedido ou operação. Como critérios de avaliação, foram considerados a centralização das informações, a velocidade de atualização, o nível de detalhamento, a rastreabilidade, a possibilidade de comparação histórica e o suporte à identificação de perdas e à tomada de decisão. A comparação entre os cenários anterior e posterior à implantação foi qualitativa, baseada nas diferenças observadas nos processos de registro, consolidação, consulta e compartilhamento das informações.

2.5. Funções dos sistemas *MES* implementados

2.5.1. Quadro Sinóptico

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Como pode ser visto na Figura 1, o Quadro Sinóptico utiliza diferentes cores para representar as condições dos recursos. As máquinas em produção são exibidas em verde e a situação que necessita de atenção (por exemplo, equipamento precisando de manutenção ou problemas técnicos) é destacada em vermelho. Outras cores são usadas para indicar diferentes condições, incluindo teste, aquecimento, pausas programadas e paradas longas. Este sinal visual permite ao usuário saber qual máquina está funcionando e qual está parada. A tela também exibe o tempo decorrido de cada condição, permitindo que os gestores verifiquem há quanto tempo cada recurso permanece em determinado status. O registro de comentários complementa as informações sobre determinadas situações. Assim, além de saber se uma máquina está parada, o usuário final pode verificar a justificativa registrada e acionar o setor responsável. O status operacional também está relacionado aos resultados de produção, e a mesma interface mostra a quantidade planejada, quantidade produzida, refugo e produtividade de cada recurso. O Quadro Sinóptico é o primeiro nível de visibilidade operacional fornecido pelo *MES*, pois mostra o que está acontecendo no ambiente de produção no momento da consulta.

2.5.2. Sumarização de Tempo e indicadores de desempenho

A Sumarização de Tempo resume os períodos de produção e perda, mostrando produtividade, utilização, disponibilidade, desempenho e *OEE*. Também detalha os tempos fora do turno, paradas planejadas e não planejadas, variações de ritmo, refugo e retrabalho. Na Figura 2, os valores referem-se apenas ao período selecionado e têm fins ilustrativos. Os componentes do *OEE* são detalhados para determinar quais tiveram o maior impacto no resultado. A consulta histórica permite comparar dias, turnos e períodos.

2.5.3. Gestão de Status e tempos de parada

A Gestão de Status organiza eventos por condição de operação e mostra a duração, porcentagem de participação e número de ocorrências. Isso ajuda a diferenciar eventos de longa duração de eventos curtos e recorrentes, além de ajudar na priorização de eventos. Por exemplo, na Figura 3 observa-se que a produção é a parte dominante do período, enquanto a espera por manutenção, problemas elétricos e configurações são as causas de perda. A porcentagem acumulada favorece a aplicação do princípio de Pareto, e a consulta por recurso é útil para avaliar as máquinas.

2.5.4. Análise de Perdas em tabela

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A tabela de perdas na Figura 4 mostra sistematicamente os tipos de refugos, permitindo a comparação entre categorias ao longo do tempo. A classificação dos diversos tipos de peças não conformes orienta as ações de produção, manutenção, engenharia ou qualidade. A capacidade de detalhar por recurso torna a investigação mais completa e ajuda a identificar as situações que terão o maior impacto no tempo produtivo.

2.5.5. Análise de Perdas em gráfico

A representação em forma de gráfico na Figura 5 ajuda a comparar os tipos de refugo, mostrando o que mais afetou a produção. Uma vez que o usuário tenha visualizado um evento prioritário, ele pode consultar a tabela, a Gestão de Status ou o Histórico de Eventos para revisar a duração, frequência e uso de recursos. A visualização também auxilia na análise de Pareto e ajuda na comunicação dos resultados para a equipe.

2.5.6. Histórico de Eventos de Produção

O Histórico de Eventos na Figura 6 registra, em ordem cronológica, o início e o fim da produção, as configurações, pausas, falhas, esperas e retomadas. Isso permite reconstruir o comportamento de uma máquina em um determinado período e identificar a recorrência de problemas. Os registros também facilitam o rastreamento dos problemas e a comunicação entre produção, manutenção e engenharia, além de permitir investigar as interrupções e avaliar se foram resolvidas adequadamente.

2.5.7. Relatório de Produção e desempenho dos itens

O Relatório de Produção na Figura 7 indica os resultados por período, turno, produto, pedido, operação ou recurso. Os campos examinados neste relatório são quantidade produzida, refugo, retrabalho, *FTT* (qualidade), eficiência, tempo padrão, velocidade média e resultado geral. Esta informação permite comparar o desempenho real com os padrões e identificar os itens com menor eficiência ou maior perda de qualidade. As telas anteriores detalham o estado das máquinas, os tempos e os motivos das operações interrompidas, mas o presente relatório descreve o resultado do processo.

2.6. Síntese das contribuições do *MES* para a visibilidade operacional

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

As funcionalidades do *MES* confirmaram que a visibilidade operacional foi expandida em quatro níveis. O primeiro é a visibilidade instantânea através do Quadro Sinóptico, que pode ser usado para monitorar o estado atual das máquinas e os resultados parciais da produção. O segundo é a visibilidade analítica através dos indicadores de disponibilidade, desempenho, qualidade, produtividade e *OEE*, e a classificação e priorização das perdas. O terceiro nível é a visibilidade histórica, que corresponde ao armazenamento de informações e à comparação entre períodos, turnos, equipes e recursos. O quarto nível é a visibilidade cronológica através do Histórico de Eventos, que permite reconstruir a sequência das condições operacionais e investigar as circunstâncias de uma interrupção. Comparado ao cenário anterior, que se baseava principalmente em registros manuais, planilhas e comunicação entre os setores, o *MES* consolidou informações e reduziu o intervalo de tempo entre a ocorrência de um evento e sua detecção. A presença de uma base comum também incentivou a comunicação entre produção, manutenção, qualidade, engenharia e gestão. No nível operacional, o sistema estrutura os registros e as consultas; no nível de supervisão, permite o monitoramento de vários recursos; e no nível gerencial, apresenta os indicadores para a definição de prioridades. No entanto, a interpretação ainda depende do conhecimento do processo e de fatores como mix de produtos, volume, equipamentos e turnos. Assim, o estudo permite concluir que a informação está melhor organizada, estruturada e rastreável. No entanto, para provar ganhos quantitativos em produtividade, disponibilidade ou OEE, seria necessário comparar os mesmos períodos antes e depois da implementação.

2.7. Desafios da utilização do *MES*

Os benefícios do sistema dependem da qualidade e consistência dos dados. Diferentes classificações de eventos semelhantes podem dificultar a consolidação e comparação de indicadores, o que requer critérios padronizados e treinamento contínuo. Além disso, a resistência à mudança, falhas de comunicação, falta de disponibilidade do sistema e desafios na coleta de dados também podem afetar temporariamente o uso da informação. Ademais, a quantidade de indicadores, por si só, não garante melhor desempenho: os dados precisam ser verificados, contextualizados e convertidos em ações. Para incorporar o *MES* às rotinas e manter o engajamento dos usuários, é necessário o gerenciamento de mudanças (KOTTER, 1996).

2.8. Limitações do estudo

A pesquisa foi conduzida em um único ambiente industrial; portanto, os resultados não podem ser generalizados para empresas com processos, volumes ou tecnologias diferentes. As

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

telas analisadas referem-se a períodos diferentes e foram usadas principalmente para ilustrar a operação do sistema. Seus valores não representam, isoladamente, um resultado consolidado da implementação.

Uma série histórica com períodos semelhantes antes e depois do *MES* também não foi fornecida. Portanto, afirmações sobre maior produtividade, redução de desperdícios ou melhoria do *OEE* devem permanecer qualitativas até que essa comparação seja feita. Fatores externos como volume, mix de produtos, matérias-primas, manutenção, experiência do operador e número de turnos também podem afetar os indicadores. Algumas informações foram mantidas em sigilo por confidencialidade, sem prejuízo para a análise da visibilidade operacional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das funcionalidades do Sistema de Execução de Manufatura revelou mudanças na disponibilidade, organização e rastreabilidade das informações no processo de produção. Antes do uso do sistema, a maioria dos registros era composta por entradas manuais, planilhas, formulários e comunicação entre departamentos. Em tal cenário, a consolidação de dados era difícil e o tempo entre a ocorrência de um evento no chão de fábrica e sua identificação pelas áreas responsáveis era prolongado.

Com o sistema em funcionamento, informações relacionadas ao status das máquinas, ordens de produção, quantidades planejadas e produzidas, refugo, retrabalho, tempos operacionais, paradas e indicadores de desempenho foram coletadas em uma única plataforma. Essa centralização reduziu a necessidade de consultar diferentes fontes para compreender a situação do processo produtivo. Os resultados foram organizados em quatro dimensões de visibilidade operacional: instantânea, analítica, histórica e cronológica.

3.1. Visibilidade instantânea

A visibilidade instantânea foi principalmente observada no Quadro Sinóptico. Essa funcionalidade permitiu monitorar o estado atual dos recursos produtivos e distinguir situações como produção, configuração, aquecimento, teste, manutenção e paradas programadas ou não programadas.

O uso de cores facilitou a identificação dos recursos que estavam produzindo e daqueles que precisavam de atenção. Além do status, a tela também mostrava o tempo decorrido, a ordem de execução, a quantidade planejada, a quantidade produzida, o refugo e a produtividade. Assim,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

o sistema é utilizado para avaliar rapidamente a situação e direcionar o foco das áreas responsáveis em caso de desvios ou interrupções.

3.2. Visibilidade analítica

A visibilidade analítica foi proporcionada pelo resumo de tempo, gestão de status, análise de perdas e relatório de produção. Essas telas ajudaram na conversão dos registros do chão de fábrica em indicadores de desempenho e qualidade.

A Sumarização de Tempos detalhou os períodos de produção e de perdas, bem como a produtividade, a utilização, a disponibilidade, o desempenho e a eficiência geral do equipamento. Os componentes do *OEE* foram separados para identificar se um resultado foi determinado principalmente por perdas de disponibilidade, desempenho ou qualidade.

A Gestão de Status permitiu que a duração, frequência e participação percentual dos eventos fossem avaliadas. Esta análise mostrou-se relevante, pois eventos de longa duração podem ter um grande impacto mesmo quando ocorrem raramente, enquanto eventos curtos e recorrentes podem indicar problemas persistentes. O percentual acumulado também permitiu focar nas condições que eram responsáveis pela maior perda. As telas de Análise de Perdas complementaram essa avaliação.

As informações tabulares e gráficas sobre as categorias de refugo auxiliaram no reconhecimento das perdas mais relevantes, na priorização dos problemas e no direcionamento das ações de produção, manutenção, engenharia e qualidade.

O Relatório de Produção expandiu a análise para itens, pedidos e operações. Produtos ou processos com desempenho abaixo das expectativas foram identificados a partir de informações como quantidade produzida, eficiência, refugo, retrabalho, *FTT*, tempo padrão e velocidade média.

3.3. Visibilidade histórica e cronológica

A capacidade de consultar períodos anteriores proporcionou visibilidade histórica ao processo. Os usuários começaram a comparar os dados por data, turno, equipe, recurso, produto, pedido ou operação usando filtros de cada funcionalidade. O Histórico de Eventos de Produção, por sua vez, proporcionou visibilidade cronológica. Essa funcionalidade permitiu reconstruir a sequência de condições em uma máquina, como o início e o fim da produção, configurações, paradas, esperas, falhas e retomadas de operação. A análise cronológica permitiu investigar a situação antes e depois de uma interrupção. Também possibilitou verificar a repetição de alguns eventos e avaliar se as ações adotadas alteraram o comportamento do

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

recurso. Além disso, registrou o estado das máquinas e preservou evidências para análises futuras.

3.4. Comparação entre os cenários anterior e posterior

A comparação apresentada nesta seção possui caráter qualitativo e descritivo. Não foram utilizados testes estatísticos nem séries históricas equivalentes para estabelecer uma relação causal entre a implantação do MES e possíveis variações nos indicadores de desempenho.

A comparação qualitativa mostrou que o cenário anterior era mais propenso à fragmentação de informações, entrada manual e subsequente consolidação de dados. Naquele cenário, algumas análises eram feitas apenas após o término do turno ou do período de produção, o que favorecia uma abordagem reativa. Os principais resultados foram: monitoramento em tempo real do status dos recursos; centralização dos dados de produção; acesso mais rápido aos indicadores de desempenho; classificação estruturada dos tempos de inatividade; análise conjunta da duração e frequência dos eventos; identificação e priorização das principais perdas; consulta de dados históricos; rastreabilidade de pedidos, operações e eventos; monitoramento da produção, refugo e retrabalho; melhor compartilhamento de informações entre setores.

A base comum incentivou a comunicação entre produção, manutenção, qualidade, engenharia e gestão. No nível operacional, o sistema organizou as entradas e consultas de pedidos. No nível de supervisão, permitiu o monitoramento simultâneo de diferentes recursos. No nível de gestão, forneceu indicadores e relatórios para detecção de perdas e prioridades. No entanto, os valores nas telas referem-se a diferentes períodos e têm um propósito demonstrativo. Por essa razão, não foi possível provar quantitativamente que a implementação aumentou a produtividade, disponibilidade ou OEE. Em geral, constatou-se que a disponibilidade, organização e rastreabilidade das informações operacionais melhoraram.

A Tabela 1 ilustra a transição de um processo manual que era baseado em papel e consolidava informações no dia seguinte para uma plataforma digital, que é sistemática e pode ser atualizada rapidamente. Com o *MES*, os dados foram centralizados, e o monitoramento de máquinas, a detecção de perdas e os indicadores passaram a estar disponíveis. Isso aumentou a disponibilidade e a rastreabilidade das informações, levando a decisões operacionais mais rápidas. No entanto, a comprovação de ganhos em produtividade, disponibilidade ou OEE exige a comparação de períodos equivalentes antes e após a implementação.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3.5. Condições necessárias para os resultados

Os resultados também mostraram que a tecnologia por si só não leva à melhoria do desempenho produtivo. A confiabilidade das análises depende da qualidade dos dados coletados e da padronização dos registros que os usuários produzem. Assim, a classificação imprecisa dos tempos de inatividade e o uso de diferentes status para o mesmo evento podem distorcer os indicadores e dificultar a comparação de períodos. Portanto, o treinamento contínuo, a definição de critérios de apontamento e o monitoramento da qualidade dos dados são essenciais para o funcionamento do sistema. A estabilidade da infraestrutura e a integração com outros sistemas e a colaboração entre a equipe também devem ser levadas em consideração. O sistema oferece informações para ajudar na tomada de decisões; no entanto, a interpretação dos resultados ainda depende do conhecimento do processo e da análise de fatores como volume de produção, mix de produtos, disponibilidade de equipamentos, matérias-primas e diferenças entre turnos.

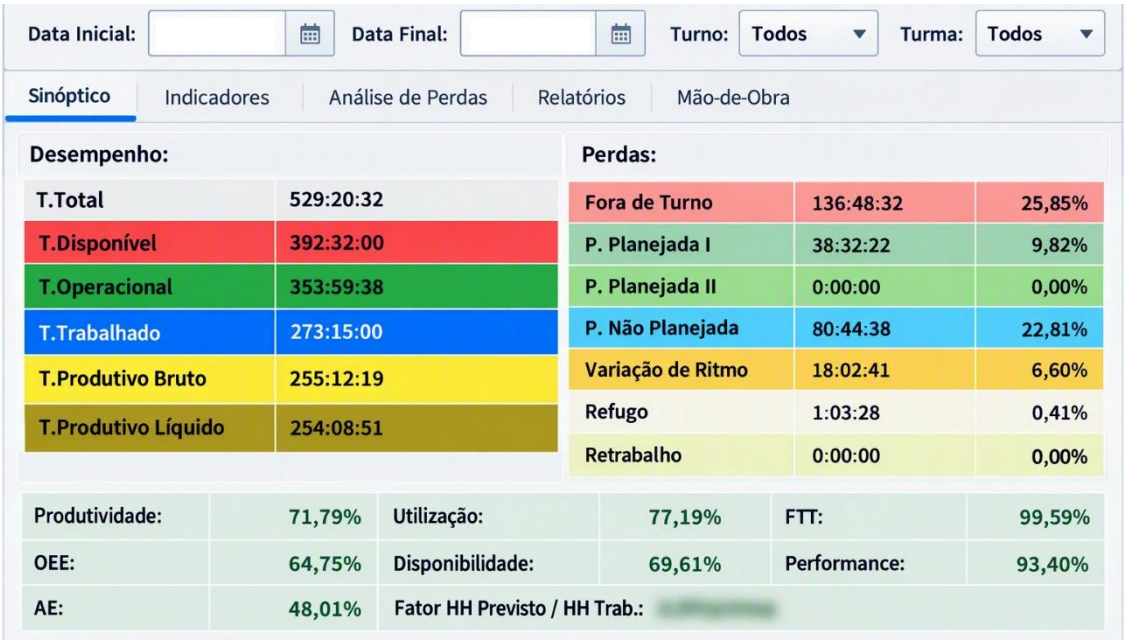
Figura 1. Quadro sinóptico para monitoramento em tempo real do status das máquinas

Cód. Ord.	Cód. Produto	Perf.	Nome Status Rec.	Usuário de Status	Cód. Ord. Prod.	Qtd. Prod.	Nome Operação	Tempo Trabalhado
I-1611-A		114.73	Produção		3774807	2.616.00	02 INJETAR	4:19:37
I-1613		96.55	Produção		3773905	1.252.00	02 INJETAR	6:32:58
I-1620		49.05	Produção		3774050	2.100.00	02 INJETAR	6:06:56
I-1641		103.66	Produção		3772816	8.762.00	02 INJETAR	6:22:40
I-1641-A		94.92	Troca Setup		3773949	4.880.00	177 INJETAR/REBARBAR	4:21:53
I-1641-B		98.28	Produção		3774000	1.872.00	02 INJETAR	6:42:23
I-1645		83.42	Limpeza de Ferramental		3774008	13.568.00	02 INJETAR	6:42:45
I-1659		90.20	Produção		3774018	4.536.00	02 INJETAR	6:31:07
I-1660		92.25	Produção		3774010	5.568.00	02 INJETAR	6:25:29
I-1663		103.42	Produção		3774821	1.636.00	02 INJETAR	6:29:39
I-1725		82.42	Produção		3774796	1.182.00	02 INJETAR	5:03:57
I-1744		95.92	Produção		3772712	19.364.00	02 INJETAR	3:08:55
I-1746		0	Análise		3773976	0	02 INJETAR	-
I-1775		86.39	Produção		3774039	2.960.00	02 INJETAR	6:21:58
I-1799		97.31	Produção		3773999	5.200.00	02 INJETAR	6:34:01
I-1800		92.61	Produção		3774760	2.944.00	02 INJETAR	3:53:14
I-1816		116.86	Produção		3773979	7.096.00	02 INJETAR	6:41:02

Fonte: Sistema *MES* da empresa estudada (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 2. Tela de resumo de tempo e indicadores de desempenho



Fonte: Sistema *MES* da empresa estudada (2026).

Figura 3. Tela de gerenciamento para monitoramento de status e tempos de inatividade dos recursos produtivos

Status de Recurso	Tempo	%Tempo	Ocorrên...	T.Acum.	Grupo de Status	%Tempo Acum.	Recurso
[0001] Produção	5:37:49	1,43%	11	243:59:11	[0001] Operacional	61,88%	I-1725
[0301] Limpeza de Ferramental	4:57:24	1,26%	1	248:56:35	[0300] Limpezas Diversas	63,14%	I-881
[0707] Movimentação entre Processos	4:38:09	1,18%	6	253:34:44	[0700] Produtivo	64,32%	I-287-C
[0407] Problema Mecânico	4:38:08	1,18%	1	258:12:52	[0400] Manutenção Corretiva	65,49%	I-1868
[0001] Produção	4:35:09	1,16%	5	262:48:01	[0001] Operacional	66,65%	I-571
[0001] Produção	4:34:33	1,16%	4	267:22:34	[0001] Operacional	67,82%	I-1867
[0001] Produção	4:33:18	1,16%	1	271:55:52	[0401] Operacional	68,97%	I-1825
[0001] Produção	4:30:55	1,15%	5	276:26:47	[0001] Operacional	70,12%	I-1493
[0001] Produção	4:21:53	1,11%	2	280:48:40	[0001] Operacional	71,22%	I-1641-A
[0414] Aguardando Manut.Maq.Parada	4:17:25	1,09%	1	285:06:05	[0400] Manutenção Corretiva	72,31%	I-493-C

Fonte: Sistema *MES* da empresa estudada (2026).

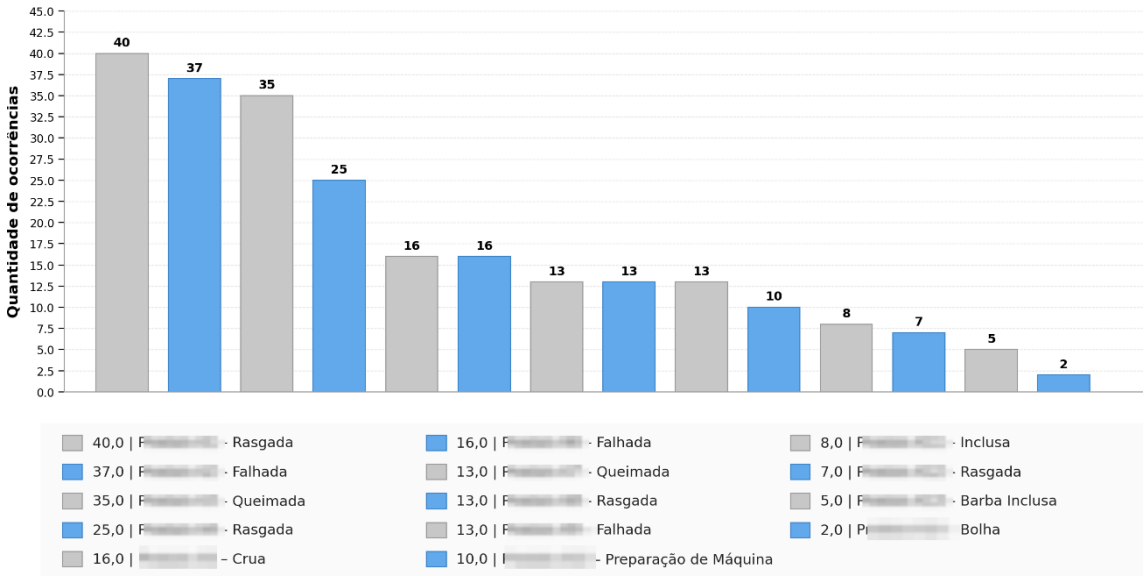
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 4. Análise tabular das perdas registradas no processo de produção

Recurso	Qtd	Perda	Ocorrências	Nível de Su...	Cód. Unida...	Nome Unid...
[illegible]	40,00	[041] Rasgada	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	37,00	[021] Falhada	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	35,00	[040] Queimada	2	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	25,00	[041] Rasgada	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	16,00	[008] Crua	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	16,00	[021] Falhada	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	13,00	[040] Queimada	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	13,00	[041] Rasgada	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	13,00	[041] Rasgada	6	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	10,00	[021] Falhada	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	8,00	[038] Preparação de Máquina	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	7,00	[041] Rasgada	4	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	5,00	[042] Rebarba Inclusa	1	[illegible]	PC	Peca
[illegible]	2,00	[005] Bolha	1	[illegible]	PC	Peca

Fonte: Sistema *MES* da empresa estudada (2026).

Figura 5. Representação gráfica das perdas no processo de produção



Fonte: Sistema MES da empresa estudada (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 6. Histórico de eventos registrados durante a produção

Data de Pr...	Resp.Inic...	Resp.Final	Turno	Recurso	OP	Cód.Produto	Tempo Pa...	Qtd.Produ...	Unidade	Refugo	Retrabalho	T.Fora de ...	T.Parada Pl...	T.Parada Pl...	T.Parada N...	T.Trabalha...	T.Prod. Liq...
18/10/2026			1	I-1641-A	3773949/1...		1,8667 [Un/...	464,00	[PC]	0,00	0,00	0:00:15	2:28:59	0:00:00	0:51:15	4:21:53	4:08:34
18/10/2026			1	I-1836	3774071/1...		0,8667 [Un/...	60,00	[PC]	0,00	0,00	0:00:00	6:27:13	0:00:00	0:00:00	1:14:22	1:09:14
18/10/2026			1	I-1406-B	3774046/1...		6,1335 [Un/...	1968,00	[PC]	0,00	0,00	1:09:54	0:00:47	0:00:00	0:00:00	4:59:05	5:20:52
18/10/2026			1	I-1190	3774727/1...		19,2012 [Un...	8640,00	[PC]	0,00	0,00	1:11:00	0:18:48	0:00:00	0:13:11	6:02:08	7:29:58
18/10/2026			1	I-1835	3772856/1...		4,2666 [Un/...	1488,00	[PC]	0,00	0,00	0:00:27	0:13:27	0:00:00	0:00:00	6:15:50	5:48:45
18/10/2026			1	I-1406-B	3774046/1...		6,1335 [Un/...	640,00	[PC]	0,00	0,00	0:00:00	0:07:03	0:00:00	0:00:00	1:31:16	1:44:21
18/10/2026			1	I-1406	3774037/1...		4,2666 [Un/...	1488,00	[PC]	0,00	0,00	0:00:00	0:09:03	0:00:00	0:22:04	5:56:58	5:48:45
18/10/2026			1	I-1744	3772712/1...		4,1333 [Un/...	728,00	[PC]	13,00	0,00	0:16:50	0:00:00	0:00:00	0:00:00	3:05:32	2:56:08

Fonte: Sistema *MES* da empresa estudada (2026).

Figura 7. Relatório de produção com indicadores de eficiência e qualidade

Relatório de Produção

Período: **Turno:** [Todos]

Seleção: Planta: - Nível de Supervisão 1: - Moldados

Ordem / Operação	Produto	Qtd.Prod. Parada	Retrabalhado	Refugo	FTT	Perda de Qual.	Efic.	T.Padrão	Vel.Média	Real Total
Data										
Turno	1									
3773905/10.33842		900,00 [PC]	0,00 [PC]	28,00 [PC]	96,98%	3,02%	95,26%	2,2667 [Un/min]	2,1593 [Un/min]	2,2265 [Un/min]
3773910/10.42567		396,00 [PC]	0,00 [PC]	0,00 [PC]	100,00%	0,00%	80,96%	1,1333 [Un/min]	0,9175 [Un/min]	0,9175 [Un/min]
3773915/10.50787		496,00 [PC]	0,00 [PC]	0,00 [PC]	100,00%	0,00%	108,08%	3,2000 [Un/min]	3,4585 [Un/min]	3,4585 [Un/min]
3772712/10.53113		744,00 [PC]	0,00 [PC]	13,00 [PC]	98,28%	1,72%	93,91%	4,1333 [Un/min]	3,8817 [Un/min]	3,9496 [Un/min]
3773928/10.76229		2.352,00 [PC]	0,00 [PC]	16,00 [PC]	99,33%	0,67%	98,49%	5,6000 [Un/min]	5,5155 [Un/min]	5,5530 [Un/min]
3774712/10.84813		180,00 [PC]	0,00 [PC]	0,00 [PC]	100,00%	0,00%	110,97%	1,7000 [Un/min]	1,8865 [Un/min]	1,8865 [Un/min]

Fonte: Sistema *MES* da empresa estudada (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tabela 1. Comparação qualitativa dos cenários anterior e posterior à implantação

Aspecto	Antes do *MES*	Depois do *MES*
Registro	Papéis e formulários manuais	Plataforma digital
Disponibilidade	Informações do dia anterior	Informações em tempo real
Centralização	Dados dispersos	Dados centralizados
Atualização	Consolidação manual	Atualização sistemática
Monitoramento	Consultas manuais	Acompanhamento em tempo real
Status das máquinas	Verificação com os responsáveis	Visualização em uma única tela
Paradas	Registros pouco estruturados	Classificação por tipo e duração
Identificação de desvios	Após o fechamento do período	Durante a operação
Análise de perdas	Difícil consolidação	Visualização em tabelas e gráficos
Indicadores	Calculados posteriormente	Disponíveis no sistema
Dados históricos	Papéis e planilhas arquivados	Consulta digital por período
Histórico de eventos	Informações fragmentadas	Sequência cronológica registrada
Rastreabilidade	Registros dispersos	Dados vinculados às ordens e recursos
Confiabilidade	Maior risco de erros manuais	Maior padronização dos registros
Comunicação	Informações por diferentes meios	Base comum entre os setores
Tomada de decisão	Predominantemente reativa	Mais rápida e fundamentada
Detalhamento	Dependente dos registros disponíveis	Por máquina, turno, ordem ou produto
Armazenamento	Documentos físicos e planilhas	Armazenamento digital

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, estudamos os efeitos da implementação de um Sistema de Execução de Manufatura na visibilidade operacional de uma empresa do setor de componentes automotivos. A partir da revisão da literatura e da análise das funcionalidades utilizadas no nível industrial, foi possível verificar como o sistema organiza os dados do chão de fábrica e os disponibiliza para diferentes níveis da organização.

A questão de pesquisa foi entender como a adoção de um sistema *MES* pode aumentar a visibilidade operacional em tempo real de uma empresa. Os resultados permitem responder que essa melhoria ocorre através da centralização, atualização e estruturação das informações relacionadas a máquinas, pedidos, quantidades, tempos, paradas, perdas e indicadores de desempenho. Isso minimiza o tempo entre a ocorrência de um evento e sua identificação e dá aos operadores, supervisores e gerentes a capacidade de ver a situação da produção mais rapidamente. As diferentes funcionalidades foram utilizadas para avaliar a visibilidade operacional. O Quadro Sinóptico mostrou a situação instantânea dos recursos; a Sumarização de Tempos resumiu os períodos produtivos, perdas e indicadores; a Gestão de Status apresentou a duração e a frequência dos eventos; as telas de Análise de Perdas permitiram selecionar os refugos mais representativos; o Histórico de Eventos forneceu a ordem cronológica dos eventos; e o Relatório de Produção tratou do desempenho de itens, pedidos e operações.

Comparado ao cenário anterior, em que algumas das informações eram armazenadas em registros manuais, planilhas e comunicação entre setores, o *MES* proporcionou muito mais disponibilidade de informações, organização de dados e rastreabilidade. Uma plataforma comum também possibilitou o alinhamento da produção, manutenção, qualidade, engenharia e gestão e menor dependência de fontes isoladas.

A principal vantagem foi a capacidade de transformar registros operacionais em informações úteis para o monitoramento de processos e tomada de decisões. O treinamento dos usuários, a padronização dos status, a qualidade dos registros, a integração tecnológica e a adaptação da equipe constituíram pontos de atenção durante a utilização do sistema. O sistema sozinho não garante a melhoria dos indicadores, pois os resultados dependem da confiabilidade dos dados e de seu uso efetivo pelas áreas envolvidas.

Os resultados qualitativos apoiam a hipótese de que o MES favorece a integração das informações de produção com os níveis administrativos e amplia a disponibilidade de dados para o monitoramento dos indicadores. No entanto, não foi possível provar quantitativamente um

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

aumento na produtividade, disponibilidade ou OEE, pois não foram disponibilizadas séries históricas de períodos equivalentes antes e depois da implementação.

Como aplicação prática, recomenda-se o uso das informações do *MES* em reuniões periódicas de desempenho, análises de Pareto, ações de manutenção, projetos de melhoria contínua e monitoramento da qualidade. Também é recomendado manter critérios padronizados para o registro de eventos e realizar treinamentos periódicos com os usuários.

Para pesquisas futuras, recomenda-se realizar uma comparação quantitativa entre períodos equivalentes anteriores e posteriores à implantação, considerando o mix de produtos, o volume de produção, o número de turnos e as condições dos equipamentos. Também se recomenda investigar o impacto do MES no tempo de resposta às paradas, na redução de refugo e retrabalho, no desempenho das equipes e na integração com ERP, sensores industriais e ferramentas de análise preditiva.

Portanto, conclui-se que o *MES* pode ser uma ferramenta valiosa para aumentar a visibilidade operacional e apoiar a gestão da produção. A principal contribuição do MES identificada neste estudo consiste na transformação de dados dispersos em informações centralizadas, rastreáveis e acessíveis, favorecendo a compreensão do processo produtivo e oferecendo suporte à tomada de decisão operacional.

REFERÊNCIAS

DAVENPORT, Thomas H. Putting the enterprise into the enterprise system. **Harvard Business Review**, Boston, v. 76, n. 4, p. 121-131, jul./ago. 1998.

IEC - INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 62264-1:2013**: enterprise-control system integration: part 1: models and terminology. 2. ed. Geneva: IEC, 2013. Disponível em: https://webstore.iec.ch/en/publication/6675. Acesso em: 21 set. 2026.

ISA - INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION. **ANSI/ISA-95.00.01-2010**: enterprise-control system integration: part 1: models and terminology. Research Triangle Park: ISA, 2010.

KLETTI, Jürgen (org.). **Manufacturing execution systems - MES**. Berlin: Springer, 2007. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-49744-8.

KOTTER, John P. **Leading change**. Boston: Harvard Business School Press, 1996.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18-23, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

MONOSTORI, László et al. Cyber-physical systems in manufacturing. **CIRP Annals**: Manufacturing Technology, v. 65, n. 2, p. 621-641, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM**: total productive maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1988.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

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

ZHOU, Keliang; LIU, Taigang; ZHOU, Lifeng. Industry 4.0: towards future industrial opportunities and challenges. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS AND KNOWLEDGE DISCOVERY, 12., 2015, Zhangjiajie. **Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2016. p. 2147-2152. DOI: https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284.

ZVEI - ZENTRALVERBAND ELEKTROTECHNIK- UND ELEKTRONIKINDUSTRIE. **Implementation strategy Industrie 4.0**: report on the results of the Industrie 4.0 Platform. Frankfurt: ZVEI, 2016.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.