



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Engenharia de Controle e Automação



ERIC AUGUSTO LOPES SILVA

Agilidade na Conferência de Carga: Impactos no Tempo Médio de Liberação e na Melhoria da Eficiência em Operações Logísticas

Ouro Preto
2026

ERIC AUGUSTO LOPES SILVA

Agilidade na Conferência de Carga: Impactos no Tempo Médio de Liberação e na Melhoria da Eficiência em Operações Logísticas

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientadora: Adrielle de Carvalho Santana

Ouro Preto

2026



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CONTROLE E
AUTOMACAO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Eric Augusto Lopes Silva

Agilidade na Conferência de Carga: Impactos no Tempo Médio de Liberação e na Melhoria da Eficiência em Operações Logísticas

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação

Aprovada em 22 de junho de 2026

Membros da banca

Dra. Adrielle de Carvalho Santana - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri - Convidada (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães - Convidada (Universidade Federal de Ouro Preto)

Adrielle de Carvalho Santana, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 25/06/2026



Documento assinado eletronicamente por **Adrielle de Carvalho Santana, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/06/2026, às 09:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1127514** e o código CRC **2D82C7EB**.

Agradecimentos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio, o incentivo e a contribuição de pessoas muito especiais que, de diferentes formas, fizeram parte desta trajetória acadêmica e pessoal.

Agradeço, primeiramente, à minha mãe, Eloisa Maria, pelo amor incondicional, pelo apoio constante e por ser fonte de inspiração nos momentos em que mais precisei de força e motivação.

Ao meu pai, Ailton da Silva, expresso minha profunda gratidão pelos sábios conselhos, pelos ensinamentos de vida e por sempre acreditar em meu potencial, incentivando-me a buscar meus objetivos com dedicação e perseverança.

Aos meus irmãos, Diego e Lucas, agradeço pela amizade, companheirismo e apoio ao longo de toda essa jornada, estando sempre ao meu lado nos desafios e conquistas.

À minha cunhada, Marcela, e aos meus sobrinhos, Davi, Júlia e Ravi, agradeço por proporcionarem tantos momentos de alegria e felicidade, tornando a caminhada mais leve e especial.

À minha namorada, Nívia Maria, e aos meus sogros, Murilo e Vânia, agradeço pelo carinho, incentivo e acolhimento. O apoio e a confiança de vocês foram fundamentais durante esta etapa da minha vida.

À minha querida República Birinaite, deixo meu sincero agradecimento por ter sido muito mais do que uma moradia durante os anos de graduação. Foi um verdadeiro lar, repleto de amizades, aprendizados e experiências que levarei para toda a vida.

Agradeço, ainda, à minha orientadora, Adrielle, e à minha coorientadora, Luciana, pela dedicação, orientação, disponibilidade e valiosas contribuições ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação acadêmica, profissional e pessoal, tornando possível a concretização desta importante etapa.

“Matéria é a parte accidental.” (Oliver Lodge)

Resumo

Resumo: A logística interna é vital para o desempenho operacional, especialmente em processos de expedição onde a eficiência está atrelada ao controle de tempo e à padronização. No Brasil, os altos custos logísticos reforçam a necessidade de automação como ferramenta de governança. Este estudo analisa o processo de conferência de carga em um centro de distribuição, onde a ausência de mensuração do Tempo de Conferência de Carga (TMC) gerava subjetividade e dificultava o cumprimento da meta do Tempo Médio de Liberação (TML). Sob a ótica da Teoria das Restrições (TOC), desenvolveu-se uma solução com o uso de QR Codes fixados nos veículos para delimitar marcos operacionais. A metodologia focou na decomposição do processo e na implementação de travas sistêmicas e treinamento contínuo. Os resultados demonstram que a digitalização dos marcos operacionais reduz a variabilidade, aumenta a confiabilidade da mensuração e fortalece a tomada de decisão orientada por dados, integrando automação e engenharia de processos à gestão logística.

Palavras-chave: logística interna. automação. teoria das restrições. gestão logística.

Abstract

Internal logistics is essential to operational performance, especially in shipping processes where efficiency depends on time control and process standardization. In Brazil, high logistics costs reinforce the need for automation as a governance tool. This study analyzes the cargo inspection process in a distribution center, where the lack of measurement of the Cargo Inspection Time (CIT) generated subjectivity and hindered compliance with the Average Release Time (ART) target. Based on the Theory of Constraints (TOC), a solution was developed using QR codes attached to vehicles to define operational milestones. The methodology focused on process decomposition, the implementation of system controls, and continuous training. The results demonstrate that the digitalization of operational milestones reduces process variability, increases measurement reliability, and strengthens data-driven decision-making, integrating automation and process engineering into logistics management.

Key-words: Internal Logistics. Automation. Theory of Constraints (TOC). Operational Efficiency. Average Release Time (ART).

Lista de figuras

Figura 1 – Dashboard de monitoramento do TML desenvolvido em Power BI	22
Figura 2 – Gráficos de Detratores do TML	23
Figura 3 – Planilha de Motivos	23
Figura 4 – Layout do posicionamento das equipes	24
Figura 5 – Tabela Tempo Deslocamento	25
Figura 6 – Formulário para coleta de dados	26
Figura 7 – QR Code no caminhão	27
Figura 8 – Fluxo do Check List e Conferência da Carga	27
Figura 9 – Fluxo Completo	29
Figura 10 – Análise SWOT	34
Figura 11 – Nova SWOT	40
Figura 12 – Carta Controle	46

Lista de abreviaturas e siglas

<i>CDD</i>	Centro de Distribuição
<i>CME</i>	Centro de Monitoramento
<i>IoT</i>	Internet das Coisas
<i>KPI</i>	Indicador-Chave de Desempenho
<i>OPZ</i>	Otimização de Processos
<i>OTIF</i>	On Time In Full
<i>QRCode</i>	Quick Response Code
<i>TMC</i>	Tempo Médio de Conferência
<i>TML</i>	Tempo Médio de Liberação
<i>VLC</i>	Value Logistics Cost

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contextualização	11
1.2	Objetivos	12
1.3	Relevância do estudo	13
1.4	Estrutura do trabalho	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Logística e eficiência operacional	14
2.2	Centros de Distribuição	14
2.3	Indicadores de desempenho logístico	15
2.4	Conferência de cargas	16
2.5	Automação, rastreabilidade digital e integração físico-digital nos processos logísticos	16
2.6	Teoria das Restrições (TOC) e variabilidade	17
2.7	Padronização, controle de processos e melhoria contínua	18
3	ESTUDO DE CASO E DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO	20
3.1	Caracterização da Operação Estudada	20
3.2	Contextualização do Problema Operacional	22
3.3	Estruturação Inicial do Fluxo do TMC	24
3.4	Desenvolvimento da Solução Digital	25
3.6	Procedimentos Metodológicos	30
3.6.1	Caracterização da Pesquisa	30
3.6.2	Aplicação da Metodologia K	30
3.6.3	Estruturação do Fluxo Operacional	31
3.6.4	Coleta e Tratamento dos Dados	31
3.6.5	Estruturação do TMC como Indicador de Variável Crítica	34
3.6.6	Síntese Metodológica	35
3.7	Limitações do Estudo	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	Visão Geral dos Resultados Obtidos	37
4.2	Resultados da Estruturação do TMC	39
4.3	Comparação Antes e Depois da Implementação	41
4.4	Análise da Variabilidade Operacional	43
4.5	Aplicação da Carta de Controle no Monitoramento Operacional do TMC	45
4.6	Discussão dos Resultados sob a Perspectiva da Teoria das Restrições (TOC)	47

5	CONCLUSÃO	49
	Capítulo 5 – Trabalhos Futuros	51
	Referências	52

1 Introdução

Este capítulo apresenta a contextualização do tema abordado, destacando a importância da logística interna e da eficiência operacional no ambiente dos centros de distribuição. Também são discutidos os desafios relacionados à variabilidade dos processos logísticos, à ausência de rastreabilidade operacional e à necessidade de digitalização das atividades de conferência de carga. Além disso, são apresentados o problema de pesquisa, os objetivos do trabalho, a relevância do estudo e a estrutura geral da pesquisa.

1.1 Contextualização

A logística interna desempenha papel fundamental no desempenho operacional das organizações contemporâneas, sendo determinante para a competitividade empresarial e para a busca de maiores níveis de eficiência (Wanke; Affonso, 2011). Nesse contexto, Novaes (2007) destaca que as empresas da cadeia de suprimento passaram a tratar a logística de forma estratégica, deixando de enxergá-la apenas como geradora de custos e passando a utilizá-la como ferramenta de competitividade e geração de valor.

No setor de bebidas, a avaliação do desempenho logístico é essencial para compreender os impactos internos e externos da cadeia de suprimentos. Conceição e Quintão (2004) analisaram empresas da cadeia de bebidas e observaram que a logística interna envolve custos relacionados a pedidos, estoques, armazenagem, transporte e perdas por avarias ou vencimento, enquanto a logística externa está associada ao cumprimento de prazos de entrega, devoluções e conformidade dos produtos recebidos. Essa relação evidencia que a eficiência operacional depende diretamente da integração e controle das atividades logísticas.

Belik e Cunha (2018) reforçam que a eficiência logística em operações de alimentos e bebidas depende da redução de perdas, da agilidade dos fluxos operacionais e da integração entre fornecedores e centros de distribuição, demonstrando que a logística possui papel estratégico para garantia de competitividade e qualidade operacional.

Além disso, Silva et al. (2020) demonstram que a aplicação da Internet das Coisas (IoT) em operações logísticas permite rastreamento em tempo real, redução de variabilidade operacional e maior integração de dados para suporte à tomada de decisão, aumentando a confiabilidade dos processos e reduzindo perdas durante o transporte.

Entre os principais desafios da gestão logística destaca-se a variabilidade existente em processos manuais e a ausência de indicadores específicos capazes de ampliar a visibilidade operacional. No ambiente empresarial analisado, observou-se que o processo de

conferência de carga — etapa crítica realizada pelo ajudante do motorista antes da saída do veículo — não possuía mensuração estruturada. Embora o indicador macro Tempo Médio de Liberação (TML) fosse acompanhado pela operação, a ausência de marcos claros de início e término da conferência gerava uma lacuna informacional no processo, dificultando a identificação precisa das causas responsáveis pelos atrasos operacionais.

Sob essa perspectiva, a Teoria das Restrições (TOC), proposta por Goldratt (2014), apresenta-se como importante abordagem para análise de sistemas produtivos e logísticos. Segundo a teoria, todo sistema possui ao menos uma restrição responsável por limitar seu desempenho global, sendo necessário identificar e controlar esse gargalo para promover melhorias efetivas no processo.

Este trabalho analisa a operação de conferência de carga de uma grande empresa do ramo de bebidas. Com isso, observou-se que a etapa de conferência de carga apresentava características compatíveis com uma possível restrição operacional, uma vez que sua variabilidade impactava diretamente o desempenho do TML. Entretanto, a ausência de mecanismos estruturados de mensuração dificultava a identificação precisa da influência dessa atividade sobre o desempenho logístico da operação.

Dessa forma, evidencia-se a necessidade de ampliar a rastreabilidade e a visibilidade operacional do processo de conferência de carga, permitindo maior controle sobre os eventos associados à atividade e fortalecendo a tomada de decisão orientada por dados.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e aplicar uma solução de automação para mensurar o TMC, avaliando seu impacto sobre o TML e contribuindo para a melhoria da eficiência do processo logístico interno de uma unidade de uma empresa do setor de bebidas.

Especificamente, pretende-se:

- Estudar os conceitos relacionados à logística interna e à eficiência operacional aplicados aos centros de distribuição;
- Compreender os princípios de digitalização e automação de processos logísticos, com foco na rastreabilidade operacional e aquisição digital de dados;
- Analisar a aplicação da Teoria das Restrições (TOC) na identificação e controle de gargalos operacionais;
- Mapear detalhadamente o fluxo operacional da conferência de carga, delimitando os eventos que caracterizam o início e o término da atividade;

- Estruturar a mensuração do processo por meio da decomposição em etapas operacionais mensuráveis;
- Projetar uma solução digital baseada em IoT (QR Code) para captura padronizada dos tempos operacionais;
- Implementar mecanismos automatizados de registro dos marcos operacionais do processo;
- Consolidar dados históricos que permitam análise de variabilidade, comparação entre equipes e correlação entre TMC e TML fundamentada na Teoria das Restrições (TOC);
- Avaliar os impactos da solução proposta sobre a rastreabilidade, padronização e visibilidade operacional do processo logístico;
- Integrar o indicador desenvolvido aos mecanismos de acompanhamento e gestão operacional da unidade analisada.

1.3 Relevância do estudo

A relevância deste estudo está associada à necessidade de elevar o nível de maturidade da gestão operacional por meio da mensuração objetiva e padronizada de processos críticos. A inexistência de dados estruturados compromete a identificação de causas de atraso e limita a efetividade das ações corretivas.

Sob a perspectiva organizacional, a criação do TMC como indicador estruturado fortalece a governança operacional ao integrar mensuração digital, rastreabilidade e tratamento formal de desvios. A transformação de uma atividade anteriormente não mensurada em um processo controlado e auditável evidencia o impacto da automação aplicada à logística interna.

Do ponto de vista técnico, o estudo contribui ao demonstrar a aplicação prática de conceitos de engenharia de processos, integração digital e padronização operacional. Ao estruturar a coleta de dados e transformar eventos operacionais em informações analisáveis, cria-se base para aplicação de ferramentas estatísticas e melhoria contínua dos processos.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, abordando conceitos de logística interna, indicadores de desempenho, automação e controle de processos; o Capítulo 3 descreve a metodologia adotada e o estudo de caso; o Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos e as análises realizadas; e o Capítulo 5 apresenta as conclusões do estudo, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica que sustenta o desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente, são abordados conceitos relacionados à logística interna, eficiência operacional e centros de distribuição. Em seguida, discutem-se os indicadores de desempenho logístico, os processos de conferência de carga, a digitalização e automação de processos logísticos por meio da IoT, bem como os conceitos da TOC e variabilidade operacional. O capítulo busca fornecer a base conceitual necessária para compreensão da solução proposta e das análises desenvolvidas nos capítulos posteriores.

2.1 Logística e eficiência operacional

A logística é um dos pilares da competitividade empresarial, pois envolve o planejamento e execução de atividades de transporte, armazenagem e distribuição. No Brasil, os custos logísticos são elevados e impactam diretamente a economia. Segundo o *Times Brasil* (2024), os custos logísticos representam 12,7% do PIB nacional, contra 8% nos Estados Unidos, evidenciando gargalos estruturais como transporte rodoviário ineficiente e armazenagem precária.

Além disso, de acordo com a análise da *iTrack Brasil* (2024) o cenário logístico nacional é um ambiente de “números pesados”, marcado por altos custos de transporte, armazenagem e gestão. O estudo ressalta que o país enfrenta um dilema entre o caos e a eficiência, exigindo investimentos em tecnologia e processos para superar gargalos.

2.2 Centros de Distribuição

Os centros de distribuição (CDs) são estruturas fundamentais para a logística moderna, pois concentram atividades de armazenagem, separação e expedição de mercadorias. Segundo Paiva e Engen (2021), “ [...] o centro de distribuição é essencial para o gerenciamento da cadeia de suprimentos, permitindo maior controle de custos e melhor nível de serviço ao cliente”.

Estudos recentes também mostram que os CDs desempenham papel estratégico na reorganização territorial e na eficiência logística. Lima (2023), em tese defendida na USP, analisou os centros de distribuição na Macrometrópole Paulista e destacou que “essas estruturas redefinem os usos do território e são fundamentais para a integração logística regional”.

2.3 Indicadores de desempenho logístico

Os indicadores de desempenho, também conhecidos como *Key Performance Indicators* (KPIs), são instrumentos essenciais para o monitoramento e controle das operações logísticas. Eles permitem mensurar a eficiência, identificar desvios e orientar a tomada de decisão baseada em dados.

De acordo com Chopra e Meindl (2016), os indicadores logísticos devem estar alinhados aos objetivos estratégicos da organização e refletir aspectos críticos do desempenho operacional, como tempo, custo e nível de serviço. Entre os indicadores mais relevantes no contexto de distribuição, destacam-se aqueles relacionados ao tempo de execução das atividades, uma vez que influenciam diretamente a produtividade e a eficiência operacional.

Além dos indicadores de tempo, os indicadores de nível de serviço são fundamentais para avaliar a qualidade da entrega ao cliente:

- **Fill Rate (Taxa de Atendimento):** mede a proporção de pedidos atendidos integralmente em relação ao total solicitado, refletindo a capacidade da empresa em manter estoques adequados e evitar rupturas;
- **On-Time e In-Full (OTIF):** avalia se os pedidos foram entregues dentro do prazo acordado e de forma completa, sendo considerado um dos principais indicadores de confiabilidade da operação logística;

O TML constitui um indicador agregado que sintetiza o desempenho de múltiplas etapas do processo logístico. Esse indicador representa o intervalo entre a realização da reunião matinal dos motoristas e a saída dos veículos do CDD. O TML é impactado por variáveis operacionais como o absenteísmo de funcionários, a indisponibilidade de produtos na carga e a ocorrência de anomalias críticas nos caminhões (OS Crítica). Estudos recentes sobre manutenção de frotas urbanas (Silva; Oliveira, 2020; Santos; Pereira, 2019; Ferreira; Lopes, 2020) demonstram que falhas mecânicas em veículos de distribuição — como problemas nos sistemas de freio, suspensão ou motor — comprometem a confiabilidade da operação e afetam diretamente indicadores de tempo e nível de serviço, reforçando a necessidade de práticas de manutenção preventiva e inspeção sistemática para garantir maior previsibilidade e eficiência operacional.

Entretanto, a efetividade de um indicador depende da existência de dados confiáveis e da capacidade de decomposição do processo em etapas mensuráveis. Segundo Parmenter (2015), indicadores agregados, quando não acompanhados de métricas intermediárias, podem dificultar a identificação das causas raiz dos problemas, limitando a eficácia das ações corretivas.

Nesse sentido, a criação de indicadores complementares torna-se fundamental para aumentar a granularidade da análise. No presente estudo, o TMC é proposto como indicador

complementar ao TML, permitindo desdobrar o desempenho do processo e identificar com maior precisão as fontes de variabilidade.

Assim, a utilização integrada de indicadores de tempo e de nível de serviço permite uma gestão mais robusta e orientada a dados, possibilitando intervenções mais assertivas e eficazes.

2.4 Conferência de cargas

A conferência de cargas é uma etapa crítica dentro do fluxo de expedição, pois garante que os produtos sejam verificados antes da saída do veículo. De acordo com Barbosa (2005) “a digitalização das etapas de conferência de cargas permite reduzir gargalos operacionais, aumentar a confiabilidade dos registros e melhorar o desempenho da logística inbound”.

Esse processo, quando não monitorado, pode se tornar um gargalo invisível, impactando indicadores como o TML. Desta forma, a proposta de mensuração estruturada do TMC surge como alternativa para reduzir variabilidade e aumentar previsibilidade, fortalecendo a gestão orientada por dados.

2.5 Automação, rastreabilidade digital e integração físico-digital nos processos logísticos

A automação de processos tem se consolidado como um dos principais vetores de transformação nas operações logísticas. Mais do que a simples substituição de atividades manuais, a automação permite estruturar processos, reduzir variabilidade operacional e ampliar a rastreabilidade das atividades executadas.

Segundo Davenport (2013), a digitalização de processos consiste na transformação de atividades operacionais em fluxos estruturados de dados, permitindo monitoramento contínuo e maior capacidade analítica. No contexto logístico, essa transformação é particularmente relevante em atividades que tradicionalmente dependem de registros manuais ou subjetivos.

A utilização de tecnologias digitais, como formulários eletrônicos, aplicativos móveis e mecanismos de identificação digital, permite capturar dados diretamente no ambiente operacional, reduzindo erros de registro e aumentando a confiabilidade das informações coletadas.

No presente estudo, foi desenvolvida uma solução de rastreabilidade digital baseada na utilização de QR Codes fixados nos veículos da operação. Embora o QR Code, isoladamente, não caracterize um dispositivo de IoT, sua aplicação neste trabalho está associada à integração entre o ativo físico da operação — o caminhão - e o ambiente digital de coleta de dados.

Nesse contexto, o veículo passa a atuar como ponto físico de interação operacional conectado ao sistema digital de registro, permitindo captura estruturada dos eventos relacionados ao processo de conferência de carga. Assim, a solução implementada aproxima-se do conceito de integração físico-digital presente nas aplicações de IoT voltadas à logística e ao monitoramento operacional.

De acordo com Ben-Daya, Hassini e Bahroun (2019), tecnologias aplicadas à cadeia de suprimentos permitem integração contínua entre ativos físicos, operadores e sistemas digitais, promovendo maior visibilidade operacional e melhoria da tomada de decisão. Os autores destacam que mecanismos de identificação digital e rastreamento automatizado contribuem para redução de variabilidade e aumento da eficiência logística.

Complementarmente, Atzori, Iera e Morabito (2010) afirmam que a Internet das Coisas promove integração entre objetos físicos e sistemas digitais por meio de tecnologias de identificação, comunicação e rastreamento de dados em tempo real. Segundo os autores, essas aplicações ampliam a capacidade de monitoramento operacional, rastreabilidade e controle dos processos.

Sob essa perspectiva, a solução proposta neste trabalho permitiu transformar eventos operacionais anteriormente não mensurados em dados estruturados, possibilitando maior rastreabilidade temporal do processo, ampliação da visibilidade operacional e suporte à tomada de decisão orientada por dados.

Dessa forma, a digitalização aplicada ao processo de conferência de carga não deve ser compreendida apenas como adoção tecnológica, mas como mecanismo de estruturação operacional capaz de fortalecer a governança logística, reduzir ambiguidades e ampliar o controle sobre atividades críticas da operação.

2.6 Teoria das Restrições (TOC) e variabilidade

A variabilidade é um dos principais desafios na gestão de processos operacionais. Em sistemas produtivos e logísticos, variações no tempo de execução das atividades podem comprometer a previsibilidade, gerar atrasos e impactar negativamente o desempenho global da operação.

Segundo Montgomery (2016), todo processo apresenta algum nível de variabilidade, sendo fundamental distinguir entre variações naturais e especiais. Complementarmente, a gestão da eficiência depende da identificação de gargalos. Conforme Goldratt (2014) em sua Teoria das Restrições (TOC), qualquer sistema é limitado por um gargalo. Se a conferência de carga não é monitorada, ela se torna a restrição invisível que impede a melhoria do TML.

O Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma das principais ferramentas utilizadas para monitorar e reduzir a variabilidade. Além disso, a padronização dos

processos desempenha papel fundamental na redução da variabilidade. No contexto logístico, a ausência de padronização na conferência de carga pode gerar variações significativas no tempo de execução.

Dessa forma, a mensuração estruturada do TMC permite analisar a variabilidade do processo sob a ótica da TOC, identificando padrões e implementando ações que estabilizem o TML e aumentem a eficiência operacional.

2.7 Padronização, controle de processos e melhoria contínua

A padronização dos processos operacionais constitui um dos principais pilares para aumento da eficiência logística e redução da variabilidade nas operações. Em ambientes de distribuição, atividades executadas sem critérios padronizados tendem a apresentar maior dispersão nos tempos operacionais, dificultando o controle do processo e comprometendo a previsibilidade da operação.

Segundo Montgomery (2016), a variabilidade está presente em qualquer processo operacional e deve ser continuamente monitorada para garantir estabilidade e desempenho. O autor destaca que a redução de variabilidade depende diretamente da definição de padrões operacionais claros, da coleta estruturada de dados e da utilização de mecanismos de controle capazes de identificar desvios no processo.

No contexto logístico, a ausência de padronização pode gerar diferenças significativas na execução das atividades entre equipes distintas, impactando diretamente indicadores relacionados ao tempo, produtividade e nível de serviço.

Além da padronização, o CEP representa importante ferramenta para monitoramento e melhoria contínua das operações. De acordo com Werkema (2012), o CEP permite identificar causas de variabilidade, monitorar estabilidade operacional e apoiar decisões baseadas em dados, contribuindo para aumento da confiabilidade dos processos.

Sob a perspectiva da TOC, proposta por Goldratt (2014), o controle das variabilidades operacionais é essencial para redução dos impactos causados por gargalos nos sistemas produtivos e logísticos. Segundo a teoria, pequenas instabilidades em etapas críticas do processo podem comprometer significativamente o desempenho global da operação.

No presente estudo, a estruturação do TMC permitiu introduzir mecanismos de padronização e controle sobre uma atividade anteriormente executada sem rastreabilidade estruturada. A definição de marcos operacionais claros, associada à captura digital dos eventos do processo, possibilitou reduzir ambiguidades operacionais e ampliar a previsibilidade da atividade de conferência de carga.

Além disso, a consolidação dos dados operacionais em *dashboards* e painéis de acompanhamento permitiu monitorar tendências, comparar desempenho entre equipes e

identificar desvios operacionais de forma mais rápida e estruturada.

Dessa forma, a padronização operacional associada à coleta estruturada de dados mostrou-se fundamental para fortalecimento da governança logística, redução de variabilidade e desenvolvimento de cultura de melhoria contínua orientada por dados.

3 Estudo de caso e Desenvolvimento da solução

Este capítulo apresenta o contexto operacional da unidade analisada, o problema identificado no processo logístico e o desenvolvimento da solução proposta para mensuração do TMC. Também são descritos os procedimentos metodológicos adotados, a estruturação do fluxo operacional, a implementação da solução digital baseada em QR Code e a integração da coleta de dados aos mecanismos de monitoramento operacional. Por fim, são discutidas as limitações do estudo e as contribuições da solução para a rastreabilidade e controle do processo logístico. Neste contexto, o capítulo busca:

- Mapear detalhadamente o fluxo operacional, delimitando os eventos que caracterizam o início e o término da conferência de carga;
- Estruturar a mensuração do processo por meio da decomposição das atividades em etapas operacionais mensuráveis;
- Projetar uma solução digital baseada em Internet das Coisas (IoT), utilizando QR Code para captura padronizada dos tempos operacionais;
- Implementar mecanismos de registro automatizado dos marcos de início e término da atividade, incluindo a utilização de trava sistêmica no faturamento;
- Consolidar dados históricos que possibilitem análise de variabilidade operacional, comparação entre equipes e correlação entre os indicadores TMC e TML sob a perspectiva da Teoria das Restrições (TOC);
- Integrar o indicador desenvolvido aos mecanismos formais de monitoramento e gestão operacional da unidade analisada.

3.1 Caracterização da Operação Estudada

O estudo foi desenvolvido em um centro de distribuição de bebidas, responsável pela operação logística de produtos alcoólicos e NAB (*Non-Alcoholic Beverages*), categoria utilizada para representar bebidas não alcoólicas, como refrigerantes, energéticos, águas e sucos comercializados pela companhia.

A unidade analisada está localizada no estado de Minas Gerais e representa uma das maiores operações da empresa em volume de entregas na região, atendendo ampla área geográfica de distribuição e elevada complexidade operacional.

A operação possui, em média, um fluxo diário de aproximadamente 60 caminhões em rota, pertencentes à denominada Frota Fixa da operação. Essa frota é composta por três diferentes modais de veículos, classificados conforme sua capacidade operacional:

- veículos de 6 baías;
- veículos de 8 baías;
- veículos de 10 baías.

Cada caminhão da Frota Fixa opera com uma equipe dedicada, composta por um motorista e um ajudante, responsáveis pela execução das atividades de carregamento, conferência e distribuição das mercadorias.

Além da Frota Fixa, a operação também utiliza veículos autônomos, denominados freteiros, acionados de forma complementar para absorver demandas adicionais de entrega e atender rotas consideradas críticas operacionalmente. Essas entregas geralmente apresentam maior potencial de restrição logística, seja por características geográficas, complexidade de acesso, tempo elevado de descarga ou maior impacto no tempo total de rota.

Diferentemente da Frota Fixa, a utilização de ajudante nos veículos autônomos ocorre conforme decisão do próprio prestador de serviço, variando de acordo com as características da entrega e da estratégia operacional adotada pelo transportador.

No processo de planejamento logístico diário, os veículos da Frota Fixa são priorizados na roteirização das entregas do dia seguinte, em função do menor custo operacional associado a esse modelo de transporte. Após a consolidação da ocupação da Frota Fixa, as entregas remanescentes são direcionadas aos veículos autônomos, complementando a capacidade operacional necessária para atendimento integral da demanda diária.

A operação apresenta média aproximada de 1.200 entregas por dia, evidenciando elevado nível de complexidade logística, forte dependência de sincronização operacional e necessidade de controle rigoroso dos indicadores de desempenho relacionados ao processo de distribuição.

Nesse contexto, o TML assume papel estratégico para a operação, uma vez que impacta diretamente o horário de saída dos veículos, a produtividade das equipes e a capacidade de atendimento da malha logística da unidade.

3.2 Contextualização do Problema Operacional

A operação analisada apresentava evolução no indicador de TML, resultado de uma reestruturação recente da equipe de liderança ocorrida no mês de janeiro. A partir de fevereiro, com a recomposição do time, observou-se tendência de melhoria no desempenho do indicador. No entanto, os resultados ainda se mantinham abaixo da meta estabelecida, oscilando entre 40% e 50% de alcance, conforme evidenciado na Figura 1, que apresenta a evolução histórica do indicador no período analisado.

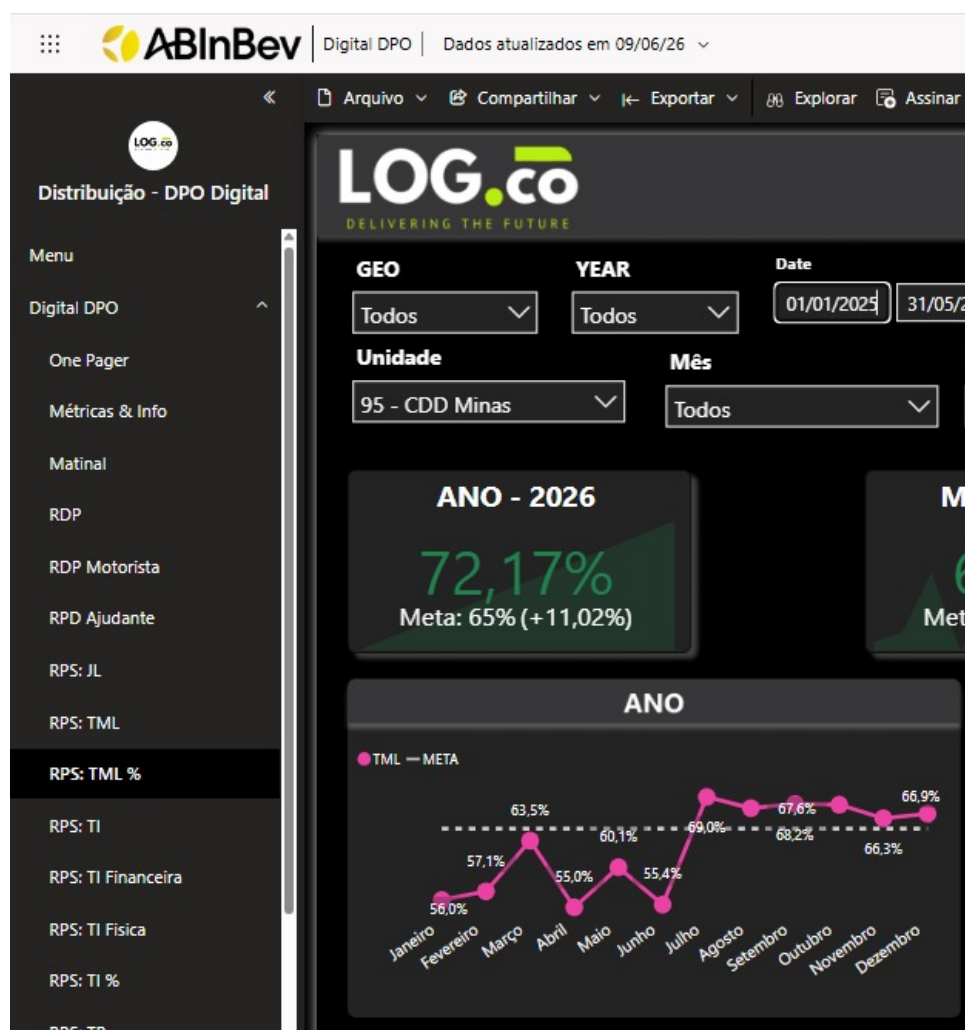


Figura 1 – Dashboard de monitoramento do TML desenvolvido em Power BI

Fonte: Próprio Autor.

Compreendia-se que esse avanço fazia parte de um processo gradual de adaptação, uma vez que a operação envolvia uma frota terceirizada, cujos colaboradores necessitavam assimilar e incorporar as novas diretrizes operacionais definidas pela liderança. Dessa forma, reconhecia-se que a consolidação dos resultados demandaria tempo, disciplina operacional e padronização das atividades.

Nesse contexto, durante uma das reuniões diárias de acompanhamento, foi promo-

vido debate sobre os principais fatores que impactavam o desempenho do TML. A análise dos dados operacionais evidenciou que a etapa de conferência de carga representava o principal fator detrator do indicador, seguida por ocorrências relacionadas à indisponibilidade de produtos ou falhas no processo de carregamento. Essa relação é apresentada na Figura 2, que consolida os principais motivos de atraso, e na Tabela 1, que detalha a frequência e o impacto de cada causa identificada.

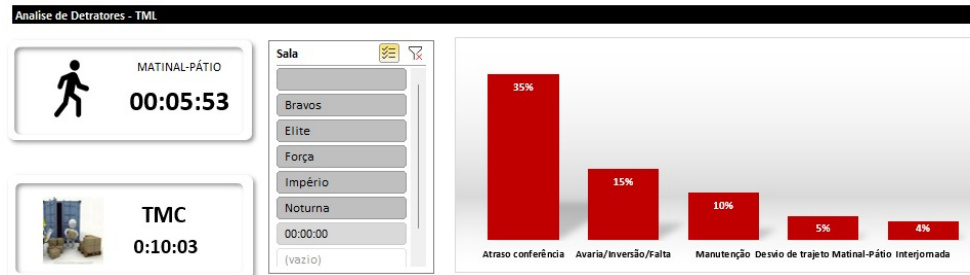


Figura 2 – Gráficos de Detratores do TML

Fonte: Próprio Autor.

Diante desse cenário, surgiu a necessidade de identificar alternativas que permitissem acelerar o processo de liberação dos veículos sem comprometer a qualidade da conferência de carga. Como proposta, foi sugerido o desenvolvimento de um mecanismo capaz de mensurar, de forma objetiva e padronizada, o tempo efetivamente gasto pelos ajudantes na realização da conferência. A ausência dessa mensuração pode ser evidenciada pela inexistência de dados estruturados, conforme demonstrado na Figura 3, que ilustra a lacuna de informação no processo.

	CDC	Data	Mapa	NOME	SAL	PLACA	Matrão	Recurso	Pontos		JUSTIFICATIVA	OBSERVAÇÃO
147	DISTRIBUIÇÃO	14/02/2023	227330	Jackson Junio Gonçalves Figueira	Imperio	DSV5C13	02:53:00	00:02:00	00:20		CONFÉRENCIA	
148	DISTRIBUIÇÃO	17/02/2023	227350	Osma Pereira Dos Santos	Bravos	RPOV022	07:00:00	00:06:00	00:06		CONFÉRENCIA	
149	DISTRIBUIÇÃO	17/02/2023	227350	Alexandre Moreira Gomes	Bravos	RPOV022	07:00:00	00:06:00	00:06		CONFÉRENCIA	
152	DISTRIBUIÇÃO	17/02/2023	227612	Renilson Fernandes Dos Santos	Bravos	PWD2G39	07:00:00	00:06:00	00:06		CONFÉRENCIA	AVALIAÇÃO INVERSA EM ALTA
153	DISTRIBUIÇÃO	17/02/2023	227519	Alves Alex Costa	Elite	DAX2660	07:10:00	00:06:00	00:08		CONFÉRENCIA	1 ca de original 473
154	DISTRIBUIÇÃO	17/02/2023	227572	Sidreus Soares Nunes	Elite	DC30A32	07:10:00	00:06:00	00:06		CONFÉRENCIA	
155	DISTRIBUIÇÃO	19/02/2023	227578	Micael Lima De Oliveira	Elite	GHL2660	07:10:00	00:04:00	00:10		CONFÉRENCIA	
156	DISTRIBUIÇÃO	19/02/2023	227582	Alairio Vieira Silva	Elite	CUM3070	07:10:00	00:05:00	00:18		CONFÉRENCIA	
157	DISTRIBUIÇÃO	19/02/2023	227598	Luiz Gastão De Souza Vieira	Elite	DSX5657	07:10:00	00:05:00	00:09		CONFÉRENCIA	
158	DISTRIBUIÇÃO	19/02/2023	227601	Jose Braulio De Oliveira Guima	Elite	8SX0539	07:10:00	00:05:00	00:06		CONFÉRENCIA	

Onde:

- TF representa o horário de encerramento da atividade registrado via QR Code;
- TI representa o horário inicial correspondente à abertura do checklist operacional.

3.3 Estruturação Inicial do Fluxo do TMC

O primeiro passo para a estruturação do fluxo do TMC consistiu na definição e controle do momento inicial do processo operacional, imediatamente após a realização da reunião matinal.

Observou-se que, após o encerramento da matinal, havia dispersão das equipes no deslocamento até o pátio, o que resultava em perda de foco operacional e atraso no início da conferência de carga.

Esse comportamento comprometia diretamente o desempenho do processo, uma vez que o tempo disponível para a execução das atividades — participação na matinal, deslocamento até o veículo, conferência da carga e saída do centro de distribuição - estava limitado a aproximadamente 30 minutos. Assim, qualquer desvio ou atraso no deslocamento impactava negativamente o TML.

Diante disso, foi estabelecida como primeira intervenção a padronização do deslocamento das equipes, garantindo que os colaboradores seguissem diretamente da matinal para seus respectivos veículos, sem interrupções intermediárias. A lógica desse fluxo inicial é apresentada na Figura 4, que ilustra o comportamento esperado no processo após a padronização.

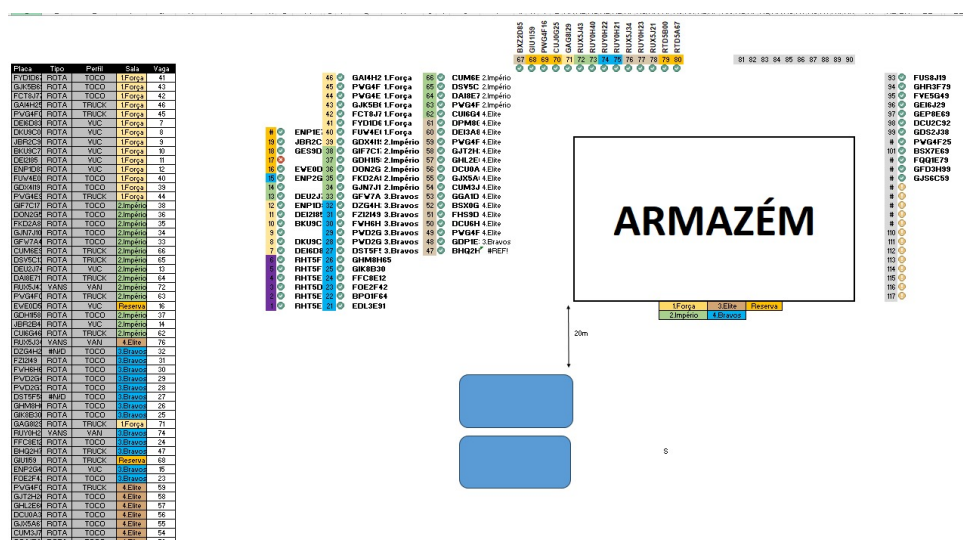


Figura 4 – Layout do posicionamento das equipes

Fonte: Próprio Autor.

Nas primeiras semanas de implementação, foram realizadas medições utilizando cronômetro digital, com o objetivo de mapear o tempo efetivamente gasto no deslocamento entre a sala de reunião e o pátio. Essa etapa permitiu avaliar se a distância física representava fator relevante de impacto no tempo total do processo.

Os resultados dessas medições estão apresentados na Figura 5, que consolida os tempos observados em diferentes amostras (dias).

	Data	06:30:00	06:50:00	07:10:00	07:00:00	12:00:00
segunda-feira	10/02/2025	00:05:42	00:05:07	00:06:15	00:04:17	00:05:21
terça-feira	11/02/2025	00:05:17	00:04:03	00:05:58	00:06:24	00:04:52
quarta-feira	12/02/2025	00:06:35	00:06:26	00:05:13	00:04:17	00:05:43
quinta-feira	13/02/2025	00:05:26	00:04:19	00:04:36	00:05:04	00:04:00
sexta-feira	14/02/2025	00:06:00	00:05:58	00:04:32	00:05:27	00:04:52
sábado	15/02/2025	00:05:13	00:05:40	00:06:19	00:04:34	00:04:11
domingo	16/02/2025					

Figura 5 – Tabela Tempo Deslocamento

Fonte: Próprio Autor.

A análise evidenciou que o *layout* do pátio não representava fator crítico de variabilidade, uma vez que sua configuração retangular e a proximidade em relação às salas de reunião resultavam em baixa variação no tempo de deslocamento entre os veículos.

Com base nesses achados, concluiu-se que o principal fator de impacto não estava relacionado à infraestrutura física, mas sim ao comportamento operacional das equipes. Dessa forma, a intervenção foi direcionada à padronização da conduta dos colaboradores, estabelecendo como regra a saída imediata da matinal com destino direto ao caminhão.

Sob a perspectiva da Engenharia de Controle e Automação, essa etapa representou o primeiro processo de redução de variabilidade operacional, buscando aumentar a previsibilidade do fluxo logístico e garantir maior estabilidade temporal na execução das atividades.

Assim, consolidou-se o primeiro passo do fluxo do TMC: garantir o deslocamento direto e contínuo das equipes até o veículo, bem como a mensuração do tempo associado a essa etapa, estabelecendo base inicial para a estruturação do processo e para a redução de variabilidade operacional.

3.4 Desenvolvimento da Solução Digital

Dando continuidade à estruturação do indicador de TMC, após a mensuração do tempo de deslocamento entre a reunião matinal e o caminhão, avançou-se para a etapa central do processo: a conferência de carga e o registro do tempo por meio de solução digital.

Inicialmente, foi selecionado um grupo piloto de equipes, definido pela liderança operacional, com o objetivo de conduzir a fase inicial de testes e validação da metodologia. Essa etapa teve como foco garantir controle sobre as variáveis do processo e permitir ajustes antes da expansão para toda a operação.

Para viabilizar a mensuração do tempo de conferência, foi desenvolvida uma solução baseada em QR Code, impresso em formato de adesivo e fixado no painel interno dos caminhões, em posição de fácil acesso ao motorista. A padronização da localização do QR Code é apresentada na Figura 6, que ilustra o posicionamento do dispositivo no veículo.

MOTIVOS BEES	DESCRIÇÃO
CLIENTE DE RISCO/ SINISTRO	Risco de segurança
DIFÍCIL ACESSO	Perfil do caminhão feito local para esta rampa fora do padrão
POV FECHADO	POV fechado para o cliente
SEM DINHEIRO	Cliente sem dinheiro
TEMPO INSUFICIENTE	Não teve tempo suficiente para realizar a visita dentro
ENDEREÇO NÃO ENCONTRADO	Endereço da nota não ao endereço de entrega
NÃO FEZ PEDIDO	Cliente alega que não fez pedido
PEDIDO ENVIADO/ DUPLICADO	Cliente pediu errado o produto, foi o pedido recebido nesse dia
CAMINHÃO QUEBRADO	Caminhão quebrado e não conseguiu chegar ao endereço
SEM VASILHAME	Cliente não tem todos os vasilhames necessários para receber o produto
DATA DE ENTREGA	Cliente esperava o pedido em outra data
ERRO DE CARREGAMENTO	Faltou, inventário produto ou carregamento errado
QUALIDADE DO PRODUTO	Produto com líquido para com odor, textura ou cor não adequada
HORÁRIO DE ENTREGA	Cliente não conseguiu receber o produto no horário que o carro chegou
FORMA DE PAGAMENTO	Cliente não conseguiu pagar o produto no momento da entrega
ERRO DE CARREGAMENTO	Produto com data próxima ao vencimento menor que 30 dias
PREÇO ERRADO	Preço diferente do NF do que foi enviado no POV
ERRO DE CARREGAMENTO	Troca carregado em quantidade menor

Figura 6 – Formulário para coleta de dados

Fonte: Próprio Autor.

Além disso, foi estruturado formulário digital com foco em simplicidade e rapidez de preenchimento, evitando ambiguidades e garantindo objetividade na coleta das informações.

O modelo do formulário utilizado está representado na Figura 7, destacando os campos essenciais para registros do processos.

Registro do Tempo Médio de Conferência - TMC

Com o objetivo de aprimorar nossa conferência, este formulário foi criado para registrar o tempo médio gasto pelos ajudantes na verificação das cargas, identificando dificuldades e oportunidades de melhoria.

Seção 1

1. Digite sua matrícula da portaria/Promax. *

O valor deve ser um número

Seção 2

2. O Ajudante finalizou a conferência?

☐ Sim

☐ Não

Seção 3

3. Qual o motivo da não conferência? - Relate em texto o motivo.

Insira sua resposta

Figura 7 – QR Code no caminhão

Fonte: Próprio Autor.

No fluxo operacional definido, ao chegar ao caminhão, motorista e ajudante iniciavam o *checklist* do veículo por meio do aplicativo corporativo G Info, utilizado para verificar as condições operacionais do caminhão. Esse momento foi definido como o marco inicial estruturado do processo, garantindo padronização no início da atividade. A sequência operacional dessa etapa é apresentada na Figura 8, que descreve o fluxo desde o *checklist* até o início da conferência de carga.



Figura 8 – Fluxo do Check List e Conferência da Carga

Fonte: Próprio Autor.

Após a conclusão do *checklist*, o ajudante iniciava a conferência da carga. A partir

desse momento, estabeleceu-se a mensuração efetiva do tempo de execução da atividade.

A atividade de conferência de carga consistia na validação física dos produtos carregados no veículo em comparação com as informações contidas no romaneio de entrega, documento que relaciona os itens e respectivas quantidades previstas para a rota. Durante essa etapa, o ajudante realizava uma inspeção visual da carga, verificando a correspondência entre os produtos efetivamente presentes no caminhão e aqueles descritos no romaneio, bem como possíveis divergências de quantidade, posicionamento inadequado das mercadorias ou indícios de avarias. Somente após a confirmação da conformidade da carga a equipe considerava a atividade concluída, garantindo que o veículo estivesse apto para iniciar a distribuição.

É importante destacar que os colaboradores foram orientados a manter o padrão de qualidade na conferência, evitando a realização da atividade com foco exclusivo em redução de tempo. O objetivo da mensuração era compreender o tempo real necessário para a execução adequada do processo, e não induzir comportamentos que pudessem comprometer a qualidade.

Como estratégia metodológica, optou-se por realizar testes em condições mais críticas, utilizando veículos de maior capacidade e com níveis elevados de ocupação de carga. Essa abordagem permitiu capturar o tempo máximo esperado para a atividade, garantindo maior robustez na análise dos dados.

Ao término da conferência, o ajudante comunicava ao motorista a conclusão da atividade. Nesse momento, o motorista realizava a leitura do QR Code fixado no caminhão, acessava o formulário digital e registrava o término do processo. Esse registro configurava o marco final do TMC, garantindo a delimitação completa do intervalo de tempo analisado.

A lógica completa do processo, desde o início da conferência até o registro final via QR Code, está representada na Figura 9, evidenciando a integração entre atividade operacional e captura digital de dados.

3.5 Avaliação Comparativa de Soluções Operacionais

Complementarmente ao desenvolvimento da solução proposta, foram realizadas trocas de informações e levantamentos comparativos com equipes de outras unidades operacionais da companhia, com o objetivo de ampliar o entendimento sobre práticas utilizadas no tratamento de problemas semelhantes relacionados ao TML e ao controle do processo de conferência de carga.

Embora o presente estudo tenha sido conduzido presencialmente exclusivamente na unidade analisada, a busca por referências operacionais em outros CDDs permitiu ampliar a visão sobre diferentes abordagens utilizadas para mensuração e controle das atividades logísticas.

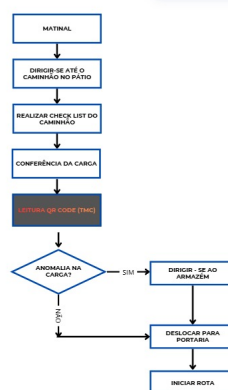


Figura 9 – Fluxo Completo

Fonte: Próprio Autor.

Durante esse processo, identificou-se a existência de uma unidade que desenvolvia iniciativa semelhante para controle do tempo de conferência, utilizando um aplicativo instalado diretamente no aparelho celular do motorista como ferramenta principal para registro das atividades.

Entretanto, após análise operacional e avaliação das características da unidade estudada, optou-se por não implementar essa abordagem no contexto da presente pesquisa. Essa decisão foi fundamentada no entendimento de que a utilização contínua do aparelho celular durante a conferência poderia aumentar o tempo operacional da atividade, gerando impacto negativo no desempenho do indicador TML, cuja meta operacional consistia na liberação dos veículos em até 30 minutos após o encerramento da reunião matinal.

Além disso, considerou-se que a necessidade de interação frequente com o dispositivo móvel poderia introduzir novas variabilidades ao processo, comprometendo a fluidez operacional e reduzindo a praticidade da execução da atividade no ambiente do pátio logístico.

Dessa forma, optou-se pela adoção de solução mais simplificada e de menor interferência operacional, baseada na utilização de QR Code fixado diretamente no veículo, permitindo que o registro digital ocorresse apenas no encerramento da atividade de conferência. Essa estratégia buscou equilibrar rastreabilidade operacional, simplicidade de execução e redução do impacto sobre o tempo total do processo.

A escolha da solução implementada foi, portanto, orientada não apenas pela viabilidade tecnológica, mas principalmente pela adequação às restrições operacionais da unidade estudada e pela necessidade de preservação da meta crítica de desempenho do TML.

3.6 Procedimentos Metodológicos

À abordagem prática descrita nas etapas anteriores, a condução deste trabalho foi estruturada sob base metodológica formal, visando garantir rigor analítico, confiabilidade dos dados e rastreabilidade das informações coletadas ao longo da implementação da solução proposta.

3.6.1 Caracterização da Pesquisa

Este estudo caracteriza-se como pesquisa de natureza aplicada, uma vez que possui como finalidade propor e implementar solução para problema real identificado no contexto operacional de um centro de distribuição.

Quanto à abordagem, trata-se de pesquisa quantitativa, pois envolve coleta, mensuração e análise de dados relacionados ao tempo de execução das atividades logísticas, permitindo avaliar o comportamento do processo e sua relação com o desempenho do indicador TML.

Em relação aos procedimentos técnicos, o trabalho configura-se como estudo de caso, considerando análise aprofundada de processo específico dentro de uma organização, respeitando suas particularidades operacionais e contexto logístico.

3.6.2 Aplicação da Metodologia K

A estruturação metodológica foi orientada por conceitos de engenharia de processos, com destaque para a aplicação da Metodologia K, utilizada como base para decompor o processo de conferência de carga em etapas claramente definidas e mensuráveis.

A Metodologia K consiste em uma abordagem voltada à decomposição e estruturação de processos operacionais, permitindo a divisão de atividades complexas em etapas menores, controláveis e mensuráveis. Sua aplicação busca ampliar a visibilidade sobre o fluxo operacional, reduzir variabilidades e facilitar a identificação de pontos críticos do processo. Tal abordagem apresenta fundamentos alinhados à filosofia Kaizen de melhoria contínua, que, segundo Vivan, Ortiz e Sellitto (2016), é baseada na realização de melhorias incrementais e sistemáticas nos processos organizacionais, com foco na eliminação de desperdícios, aumento da eficiência operacional e padronização das atividades.

No contexto deste trabalho, a utilização da Metodologia K ocorreu devido à necessidade de compreender detalhadamente o processo de conferência de carga, que até então era executado sem rastreabilidade estruturada, sem eventos operacionais definidos e sem mecanismos formais de mensuração temporal.

A aplicação da metodologia permitiu decompor o fluxo operacional em etapas distintas, contemplando desde o encerramento da reunião matinal até o registro final da conferência por meio do QR Code. A partir dessa decomposição, tornou-se possível

identificar os principais eventos operacionais do processo, estruturar pontos de controle e estabelecer marcos digitais de início e término da atividade.

Além disso, a metodologia contribuiu para redução de variabilidades operacionais, uma vez que possibilitou maior padronização das atividades executadas pelas equipes de campo, reduzindo comportamentos divergentes durante o fluxo operacional.

Sob a perspectiva da Engenharia de Controle e Automação, a aplicação da Metodologia K permitiu estruturar a lógica de monitoramento baseada em eventos operacionais, aquisição digital de dados e rastreabilidade temporal do processo, aproximando o fluxo logístico de um modelo de supervisão operacional orientado por dados.

Dessa forma, a metodologia foi fundamental para transformar uma atividade anteriormente tratada de maneira subjetiva em um processo estruturado, mensurável, rastreável e passível de monitoramento contínuo.

3.6.3 Estruturação do Fluxo Operacional

O fluxo operacional foi analisado em dois momentos distintos: antes e após a implementação da solução proposta.

No cenário inicial, observava-se ausência de pontos de controle definidos, caracterizando lacuna de informação no processo de conferência de carga, o que dificultava a mensuração do tempo e a identificação de causas de variabilidade.

Após a implementação, foram introduzidos marcos operacionais estruturados, com definição clara dos eventos de início e término da atividade, possibilitando captura digital dos dados e reduzindo ambiguidades operacionais.

A aplicação da Metodologia K permitiu a identificação do processo crítico a ser analisado, a delimitação dos marcos operacionais de início e término da atividade, a estruturação da coleta de dados por meio de eventos digitais e a padronização da execução do processo.

3.6.4 Coleta e Tratamento dos Dados

No que se refere à coleta de dados, esta foi realizada por meio da solução digital implementada, considerando como marco inicial a abertura do *checklist* obrigatório no aplicativo corporativo G Info e como marco final a leitura do código QR fixado no veículo, que direciona o colaborador para o registro digital do encerramento da atividade.

Essa escolha técnica, baseada no uso de *QR CODE*, caracteriza a aplicação de Internet das Coisas (IoT), garantindo que o registro ocorra no ponto exato da operação e assegurando confiabilidade da coleta de dados.

Conforme apresentado anteriormente na Figura 9.

Os dados foram coletados ao longo de período de 30 dias, contemplando diferentes equipes e condições operacionais. Posteriormente, as informações foram organizadas em base estruturada, permitindo a realização de análises estatísticas, comparações entre grupos e avaliação da relação entre os indicadores TMC e TML.

Os dados operacionais coletados por meio do formulário digital eram automaticamente armazenados em ambiente *online* utilizando Microsoft Forms. A cada encerramento do processo de conferência de carga, o motorista realizava a leitura no *Qr Code*, que levava a preencher o formulário correspondente ao encerramento da atividade.

Após o envio do formulário, as informações eram registradas automaticamente em uma planilha online integrada ao sistema, permitindo consolidação contínua dos eventos operacionais capturados durante a execução do processo.

Entre os principais dados coletados estavam:

- identificação do colaborador por meio da matrícula operacional;
- confirmação da realização da conferência de carga;
- registro de ocorrência de anomalias operacionais;
- data da execução da atividade;
- horário de encerramento do processo;

A estruturação dessa base permitiu criar rastreabilidade temporal das atividades executadas, possibilitando acompanhamento digital do fluxo operacional e maior controle sobre a execução do processo.

Posteriormente, os dados eram consolidados em uma segunda base eletrônica, utilizada especificamente para tratamento e validação das informações coletadas. Nessa etapa, eram identificadas inconsistências operacionais, registros incorretos e execuções realizadas fora do padrão esperado, como encerramentos prematuros do formulário antes da finalização efetiva da conferência de carga.

Após o tratamento e validação dos dados, as informações consolidadas eram exportadas para o *Power BI*, ferramenta utilizada na empresa para desenvolvimento de dashboards e painéis de monitoramento operacional.

Os *dashboards* desenvolvidos permitiram acompanhar a evolução dos indicadores, monitorar o desempenho das equipes e ampliar a visibilidade sobre o comportamento operacional do processo de conferência de carga.

Sob a perspectiva da Engenharia de Controle e Automação, essa estrutura permitiu implementar fluxo contínuo de aquisição, tratamento, consolidação e monitoramento de

dados operacionais, aproximando o processo logístico de uma lógica de supervisão digital orientada por dados.

3.6.5 Estruturação do TMC como Indicador de Variável Crítica

A matriz *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) é uma ferramenta amplamente utilizada na gestão estratégica para análise de cenários organizacionais. Sua aplicação permite identificar fatores internos, representados pelas forças e fraquezas da organização, bem como fatores externos relacionados às oportunidades e ameaças presentes no ambiente de negócios. Dessa forma, a ferramenta auxilia na compreensão dos desafios enfrentados pela organização, contribuindo para a definição de prioridades e para o direcionamento de ações de melhoria.

No contexto da operação estudada, a análise *SWOT* era utilizada pela gestão como instrumento de acompanhamento dos processos logísticos e de identificação dos principais fatores que impactavam o desempenho operacional. Por meio dessa ferramenta, observou-se que a atividade de conferência de carga era percebida como uma fraqueza operacional, em razão da ausência de dados estruturados, da limitada rastreabilidade e da dificuldade de mensurar sua influência sobre o indicador TML. Essa constatação motivou a investigação mais aprofundada do processo e a busca por alternativas que possibilitassem ampliar sua visibilidade, controle e capacidade de monitoramento.

Adicionalmente, no contexto das rotinas de gestão operacional, a conferência de carga foi inicialmente classificada como fraqueza na análise *SWOT* da operação, evidenciando a ausência de controle estruturado e necessidade de intervenção. Como mostrado na Figura 10.

TOP 5			
2025			
1. Fatores internos			
1.1 Top 5 Forças	475	1.2 Top 5 Fraquezas	264
Gestão da produtividade Armazém (PPS)	125	Gestão de ocorrência de Erros com Clientes (WH, DU)	125
Conhecimento Liderança	100	Processo de Contratação e Integração (DU, WH)	125
Sinergia Transportadora x Ambey	100	Gestão da Devolução	125
Processo de Carregamento (FF, SPOT)	75	Processo de Execução e Acuracidade do Checklist	80
Gestão de Projetos (Warecloud, Zumpy)	75	Processo de conferência Liberação (DU)	64
2. Fatores externos			
2.1 Top 5 Oportunidades	460	2.2 Top 5 Ameaças	560
Bees Deliver	125	Xadrez de Equipamento	125
Tech - WMS Módulos (FULL)	100	Previsibilidade Volume	125
Flexible Delivery	100	Concorrência do Mercado de Trabalho	125
Fidelização Equipe de Entrega	75	Abastecimento energia concessionária (CEMIG)	125
Capacidade Online	60	Xadrez Roadshow	60

Figura 10 – Análise SWOT

Fonte: Próprio Autor.

Diante disso, o TMC foi definido como Indicador de Variável Crítica (IV Crítico), direcionando os esforços de melhoria e orientando o desenvolvimento da solução proposta.

No contexto da gestão operacional da companhia, um IV Crítico corresponde a

um indicador auxiliar estruturado com o objetivo de atuar diretamente sobre um KPI principal que apresenta recorrentes desvios de desempenho ou ultrapassagens de seus gatilhos operacionais.

Os gatilhos operacionais representam limites percentuais previamente estabelecidos para os indicadores estratégicos da operação. Quando esses limites são frequentemente ultrapassados, entende-se que o processo associado apresenta criticidade elevada e necessidade de acompanhamento mais detalhado.

Nesse contexto, durante os ciclos de auditoria operacional da companhia, torna-se necessário estruturar indicadores complementares capazes de atuar diretamente sobre os fatores que influenciam o desempenho dos principais KPIs da operação.

Diante disso, o TMC foi definido como IV Crítico do TML, uma vez que a conferência de carga havia sido identificada como principal fator detratores do desempenho operacional relacionado ao tempo de saída dos veículos.

A escolha do TMC como variável crítica ocorreu devido à elevada influência da etapa de conferência sobre o desempenho global do TML e, principalmente, pelo fato de essa atividade estar diretamente sob controle operacional das equipes de campo, compostas por motoristas e ajudantes.

Dessa forma, a estruturação do TMC permitiu ampliar a autonomia operacional das equipes, proporcionando maior visibilidade sobre o tempo efetivamente gasto na conferência de carga e permitindo que os próprios operadores compreendessem o impacto dessa atividade sobre o desempenho geral do processo logístico.

Sob a perspectiva gerencial, a criação do IV Crítico possibilitou transformar um problema anteriormente tratado apenas de forma reativa em um processo monitorado, mensurável e orientado por dados, permitindo atuação mais precisa sobre as causas operacionais que impactavam o TML.

3.6.6 Síntese Metodológica

Com a implementação das ações estruturadas, observou-se a evolução na maturidade do processo, permitindo que a conferência de carga deixasse de ser tratada como fraqueza operacional, passando a ser processo controlado, mensurado e integrado à governança da operação.

A estruturação do TMC permitiu transformar atividade anteriormente baseada apenas em percepção operacional em processo mensurável, rastreável e orientado por dados, criando maior visibilidade sobre o desempenho da operação e subsidiando futuras análises voltadas à melhoria contínua dos processos logísticos.

Além disso, a solução implementada permitiu aplicar conceitos de digitalização,

monitoramento operacional, aquisição automatizada de dados e rastreabilidade em ambiente logístico real, aproximando práticas de Engenharia de Controle e Automação da gestão de processos de distribuição.

3.7 Limitações do Estudo

O presente estudo foi realizado presencialmente em única unidade operacional da companhia, respeitando as características específicas do centro de distribuição analisado. Embora tenham sido realizadas trocas de informações e levantamentos comparativos com outras unidades operacionais da empresa, a implementação prática da solução ocorreu exclusivamente na unidade estudada.

Além disso, fatores relacionados ao comportamento humano, adesão operacional das equipes, variações de volume diário, sazonalidade logística e particularidades das rotas podem influenciar diretamente os resultados obtidos.

Outra limitação relevante refere-se ao período de coleta de dados, realizado ao longo de 30 dias operacionais, podendo existir variações adicionais em períodos distintos do ano.

Apesar dessas limitações, a metodologia aplicada permitiu estruturar processo confiável de aquisição de dados operacionais, proporcionando maior rastreabilidade, visibilidade e controle sobre a atividade de conferência de carga.

4 Resultados e Discussões

Inicialmente, são discutidos o cenário operacional antes da implementação da solução e os principais desafios identificados no processo de conferência de carga. Em seguida, são apresentados os resultados obtidos após a estruturação do TMC, contemplando análises comparativas, redução de variabilidade operacional, impactos sobre a gestão da operação e aplicação de mecanismos de monitoramento e controle.

Por fim, os resultados são discutidos sob a perspectiva da TOC, buscando relacionar os ganhos operacionais obtidos com os conceitos de rastreabilidade, padronização e melhoria contínua aplicados ao ambiente logístico.

4.1 Visão Geral dos Resultados Obtidos

A implementação do indicador TMC possibilitou ampliar muito a visibilidade operacional sobre o processo de liberação de veículos da unidade estudada, permitindo transformar uma atividade anteriormente tratada de maneira subjetiva em um processo estruturado, rastreável e orientado por dados.

Antes do desenvolvimento da solução proposta, a operação apresentava histórico de aproximadamente 15 meses consecutivos sem conseguir atingir de forma consistente a meta do indicador TML. Além do baixo desempenho operacional, observava-se elevada oscilação nos resultados mensais, evidenciando ausência de estabilidade no processo e dificuldade de controle sobre os fatores que impactavam o desempenho da operação.

Nesse contexto, a justificativa predominante utilizada nas reuniões operacionais estava associada à demora durante a conferência de carga realizada pelas equipes de entrega. Entretanto, apesar da recorrência dessa percepção, não existiam mecanismos estruturados capazes de mensurar individualmente o tempo gasto por cada equipe na execução da atividade, impossibilitando identificar com precisão as causas operacionais responsáveis pelos desvios do indicador.

A partir da vivência operacional na unidade e da análise das rotinas logísticas desenvolvidas ao longo dos primeiros meses de acompanhamento da operação, identificou-se a existência de uma lacuna informacional no processo de conferência de carga. Observou-se que o indicador macro TML era monitorado continuamente pela operação, porém sem decomposição estruturada dos eventos operacionais responsáveis pelos atrasos identificados.

Diante desse cenário, iniciou-se o desenvolvimento do projeto TMC com o objetivo de mensurar, de forma padronizada e rastreável, o tempo efetivamente gasto pelas equipes durante a conferência do caminhão antes da saída para as entregas.

A implementação do TMC permitiu ampliar significativamente a capacidade

analítica da operação, proporcionando maior visibilidade sobre o comportamento das equipes e possibilitando identificar diferentes fatores operacionais que impactavam o desempenho do TML.

Entre os principais fatores identificados, destacaram-se:

- incompatibilidade operacional entre motorista e ajudante;
- falhas no carregamento realizado pelo armazém;
- problemas mecânicos nos veículos;
- excesso de tempo gasto em correções operacionais antes da saída do caminhão;
- diferenças de comportamento entre equipes durante a conferência.

Além disso, a estruturação do indicador permitiu compreender que parte relevante dos atrasos anteriormente atribuídos exclusivamente à conferência estava, na realidade, relacionada a variáveis externas ao ajudante e ao motorista, ampliando a precisão da análise operacional.

Outro resultado relevante observado após a implementação do projeto foi o fortalecimento da atuação gerencial da liderança operacional. Com a disponibilização contínua dos dados de conferência, os supervisores passaram a possuir maior capacidade de identificação das equipes com dificuldade operacional, permitindo atuação mais direcionada durante o período crítico de liberação dos veículos.

Durante a janela operacional do TML, o time de monitoramento passou a utilizar um painel de acompanhamento desenvolvido em Excel, denominado operacionalmente como “farol”, responsável por informar periodicamente as placas dos veículos que ainda permaneciam dentro do centro de distribuição. Esse acompanhamento ocorria em intervalos de aproximadamente 10 minutos, permitindo que os supervisores fossem direcionados rapidamente às equipes com maior risco de atraso operacional.

A utilização dessa lógica de monitoramento ampliou a capacidade de intervenção em tempo real durante o processo de liberação, reduzindo o tempo de resposta da liderança e aumentando a previsibilidade operacional.

Além dos impactos diretamente relacionados ao TML, observou-se também influência indireta sobre outros indicadores da operação, especialmente o indicador denominado fidelização. O indicador de fidelização mede a frequência com que determinada equipe opera utilizando o mesmo caminhão ao longo do mês, buscando fortalecer o vínculo operacional entre motorista, ajudante e veículo. A operação compreende que essa estabilidade operacional contribui tanto para aspectos técnicos quanto comportamentais, uma

vez que o maior conhecimento do caminhão tende a aumentar a familiaridade da equipe com o veículo e reduzir dificuldades durante as entregas.

Como consequência da estruturação do TMC e da ampliação da visibilidade operacional, iniciou-se também movimento de reorganização do layout do pátio logístico. Os veículos passaram a possuir posições padronizadas dentro da operação, com definição fixa de localização para cada placa no pátio, facilitando a identificação visual dos caminhões e reduzindo o tempo de deslocamento dos supervisores durante o acompanhamento operacional.

Adicionalmente, observou-se que a melhoria gradual do indicador TML passou a gerar impactos positivos também sobre o indicador “Jornada”, responsável por monitorar o tempo total utilizado pelas equipes para realização das entregas diárias.

Na operação estudada, o indicador Jornada estabelece como meta que motorista e ajudante concluam todas as entregas dentro do intervalo máximo de 9 horas e 20 minutos. Com a redução do tempo de permanência no centro de distribuição e a antecipação da saída dos veículos, as equipes passaram a alcançar mais cedo os primeiros pontos de venda (PDVs), reduzindo impactos relacionados ao trânsito e aumentando a probabilidade de retorno dentro da jornada operacional estabelecida. Como consequência, observou-se melhoria nas condições operacionais das equipes, maior tempo disponível para descanso entre jornadas e fortalecimento da sustentabilidade operacional da distribuição.

Dessa forma, os resultados obtidos demonstram que a implementação do TMC ultrapassou a simples mensuração do tempo de conferência, promovendo impactos sobre rastreabilidade operacional, governança logística, capacidade analítica, gestão das equipes e controle dos indicadores estratégicos da operação.

4.2 Resultados da Estruturação do TMC

Conforme apresentado na Figura 11, a atualização da análise *SWOT* evidenciou uma alteração significativa no posicionamento da atividade de conferência de carga dentro da operação. Anteriormente classificada como uma fraqueza operacional devido à ausência de mensuração estruturada, à baixa rastreabilidade e à limitada visibilidade de seu impacto sobre o TML, a atividade passou a apresentar características associadas a uma fortaleza operacional. Essa mudança foi possibilitada pela estruturação do indicador TMC, pela ampliação da rastreabilidade dos processos e pelas demais ações de padronização e gestão implementadas ao longo do período analisado. Como resultado, observou-se melhoria no desempenho do TML, aumento da visibilidade operacional e fortalecimento da tomada de decisão baseada em dados, demonstrando a contribuição das iniciativas adotadas para o aprimoramento da eficiência logística da operação.

TOP 5			
2026			
1. Fatores internos			
1.1 Top 5 Forças	475	1.2 Top 5 Fraquezas	264
Processo de conferência Liberação (DU)	75	Gestão de ocorrência de Erros com Clientes (WM, DU)	125
Gestão da produtividade Armazen (PPM)	125	Processo de Contratação e Integração (DU, WM)	125
Conhecimento Liberação	100	Gestão da Devolução	125
Sinergia Transportadora e Amborg	100	Processo de Execução e Acuracidade do Checklist	80
Processo de Carregamento (PP, SPOF)	75	Quadros Roadshow	64
2. Fatores externos			
2.1 Top 5 Oportunidades	460	2.2 Top 5 Ameaças	560
Bees Deliver	125	Quadros de Equipamento	125
Tech - WMS Módulos (FMS)	100	Previsibilidade Volume	125
Flexível Delivery	100	Concorrência do Mercado de Trabalho	125
Fidelização Equipe de Entrega	75	Abandono energia concessionária (CEMIG)	125
Capacidade Online	60	Quadros Roadshow	60

Figura 11 – Nova SWOT

Durante a fase inicial de implementação do TMC, observou-se resistência operacional tanto por parte da liderança quanto das equipes de campo envolvidas no processo de liberação dos veículos. Parte dos supervisores demonstrava preocupação quanto à inclusão de uma nova atividade durante o período crítico de liberação dos caminhões, receando que qualquer procedimento adicional pudesse aumentar o tempo total do processo e impactar negativamente o indicador TML. De forma semelhante, motoristas e ajudantes percebiam inicialmente o TMC como mais uma obrigação operacional em uma rotina já caracterizada por elevada intensidade de trabalho.

Essa percepção estava associada ao histórico de dificuldades da operação no atingimento da meta do TML, fazendo com que a introdução de novos procedimentos gerasse incertezas quanto aos possíveis impactos sobre o desempenho operacional. Entretanto, diante da ausência de dados estruturados sobre o processo de conferência de carga e da necessidade de compreender com maior profundidade os fatores responsáveis pelos atrasos observados, optou-se pela realização de um período de implementação gradual e controlada.

A proposta consistia em utilizar o TMC como ferramenta de diagnóstico operacional, permitindo identificar equipes com maiores tempos de conferência, compreender as causas da variabilidade existente e desenvolver ações direcionadas à melhoria da eficiência do processo. Sob essa perspectiva, compreendia-se que a redução gradual dos tempos de conferência poderia contribuir diretamente para a melhoria do desempenho do TML.

A implementação da solução foi conduzida ao longo de três meses, estruturada em etapas sucessivas de observação, validação e expansão operacional, com o objetivo de garantir a aderência das equipes e a confiabilidade dos dados coletados.

No primeiro mês, foi realizada uma etapa de acompanhamento intensivo das operações diárias. Durante esse período, a equipe responsável participou ativamente das

reuniões matinais e acompanhou as equipes em campo, realizando medições com cronômetro para mapear os tempos e movimentos envolvidos no processo. O acompanhamento contemplou o intervalo compreendido entre o encerramento da reunião matinal, o deslocamento até o veículo e a execução da conferência de carga. Essa fase permitiu compreender o comportamento real da operação, identificar fontes de variabilidade e estabelecer uma referência inicial para os tempos de execução da atividade.

No segundo mês, iniciou-se a fase piloto da solução. Foram selecionadas duas equipes de cada reunião matinal para participação nos testes operacionais do TMC. Ao longo desse período, as equipes realizaram a atividade de forma contínua, permitindo avaliar a aplicabilidade da metodologia no ambiente real de operação. Paralelamente, foram coletados feedbacks dos colaboradores envolvidos, possibilitando a realização de ajustes no formulário, na forma de registro e nos procedimentos operacionais, buscando tornar a execução da atividade mais simples, prática e aderente à rotina das equipes.

No terceiro mês, a utilização do TMC foi expandida para todas as equipes da operação. Nas primeiras semanas dessa etapa, o foco esteve na consolidação da rotina e no acompanhamento da aderência ao processo. Os casos de não realização da atividade eram identificados diariamente e apresentados nas reuniões realizadas após a liberação dos veículos, permitindo que os supervisores atuassem diretamente junto às equipes para reforçar a importância do procedimento e esclarecer eventuais dúvidas.

À medida que a ferramenta passou a fazer parte da rotina operacional, os esforços foram direcionados para a gestão de desempenho. Os dados coletados passaram a ser utilizados para identificar oportunidades de melhoria, direcionar treinamentos, promover ajustes operacionais e acompanhar equipes com maiores dificuldades na execução da atividade. Essas ações contribuíram para a redução da variabilidade do processo, para o aumento da aderência ao TMC e para a melhoria gradual do desempenho do indicador TML.

Essa experiência evidenciou que a implementação de soluções digitais em ambientes logísticos depende não apenas da viabilidade técnica da ferramenta, mas também da adaptação comportamental dos operadores e da integração da solução às rotinas operacionais já existentes. Ao longo do período de implementação, observou-se evolução progressiva na adesão das equipes ao processo, permitindo consolidar o TMC como ferramenta de monitoramento, rastreabilidade e apoio à tomada de decisão na operação logística.

4.3 Comparação Antes e Depois da Implementação

A análise comparativa entre os períodos anteriores e posteriores à implementação do TMC evidenciou evolução significativa no desempenho operacional da unidade estudada, principalmente em relação ao controle do processo de liberação dos veículos e à estabilidade do indicador TML.

Antes da implementação da solução proposta, a operação apresentava elevada oscilação no desempenho do TML, mantendo histórico aproximado de 15 meses consecutivos sem atingir de forma consistente a meta operacional estabelecida pela companhia.

Nesse período, observava-se ausência de rastreabilidade estruturada sobre o processo de conferência de carga, impossibilitando identificar de maneira precisa quais equipes apresentavam maiores dificuldades operacionais e quais fatores efetivamente impactavam o tempo total de liberação dos veículos.

Além disso, o indicador era acompanhado apenas sob perspectiva macro, sem decomposição dos eventos operacionais responsáveis pelos atrasos, fazendo com que grande parte das justificativas relacionadas às perdas do TML estivesse associada genericamente à conferência de carga.

Os dados operacionais demonstravam que o Tempo Médio de Liberação permanecia, em média, entre 35 e 36 minutos, valor consideravelmente acima da meta operacional estabelecida de 30 minutos.

Sob a perspectiva percentual, o desempenho da operação também apresentava baixo nível de estabilidade, mantendo o indicador TML na faixa aproximada entre 50% e 60% de cumprimento, abaixo da meta corporativa de 65% das equipes liberadas dentro do tempo estipulado.

Após a implementação do TMC e da estruturação do processo de rastreabilidade operacional, observou-se mudança gradual no comportamento da operação. Ao longo dos três primeiros meses de utilização da solução, iniciou-se processo de estabilização dos tempos operacionais relacionados à conferência de carga. A partir da utilização contínua dos dados coletados, tornou-se possível identificar equipes com maior variabilidade operacional, direcionar tratativas específicas e implementar ajustes relacionados à composição das equipes e à condução das atividades de conferência.

Como resultado, observou-se redução gradual do tempo médio de conferência e maior previsibilidade operacional durante o processo de liberação dos veículos.

Os dados consolidados demonstraram redução do tempo médio operacional da conferência de aproximadamente 36,7 minutos para 30,3 minutos, representando uma diminuição de cerca de 17,5 no tempo de execução da atividade.

Além da redução do tempo médio operacional da conferência, os resultados demonstraram impacto positivo no indicador TML. Historicamente, o percentual de equipes liberadas dentro da janela operacional variava entre **45% e 55%**, desempenho inferior à meta corporativa de **65%**. Com a implementação da solução proposta e a utilização do TMC como indicador de gestão, observou-se uma evolução consistente do desempenho operacional, permitindo que a operação passasse a alcançar de forma recorrente a meta estabelecida pela organização.

Outro resultado relevante observado foi a redução da variabilidade operacional do processo. Mesmo nos períodos em que o indicador em minutos não era atingido integralmente, as perdas passaram a ocorrer de maneira muito mais controlada, frequentemente relacionadas a diferenças de poucos segundos em relação à meta operacional.

Essa mudança demonstrou aumento da estabilidade do processo e maior previsibilidade operacional da atividade de conferência e liberação dos veículos.

Além disso, observou-se fortalecimento da cultura de acompanhamento operacional orientada por dados. Os supervisores passaram a atuar de forma mais direcionada durante a janela de TML, utilizando os dados gerados pelo TMC para identificar rapidamente equipes com maior risco de atraso e realizar intervenções operacionais em tempo real.

Como consequência da consolidação do processo, a operação alcançou importante resultado de continuidade operacional, permanecendo aproximadamente 10 meses consecutivos atingindo a meta percentual do TML após a implementação do TMC.

Esse resultado evidencia não apenas melhoria pontual do indicador, mas principalmente aumento da maturidade operacional da unidade, fortalecimento da governança logística e consolidação de um processo mais estável, controlado e previsível.

4.4 Análise da Variabilidade Operacional

A partir da consolidação do TMC como indicador estruturado da operação, tornou-se possível ampliar significativamente a capacidade de análise sobre a variabilidade operacional existente entre as equipes responsáveis pela conferência de carga.

Antes da implementação do TMC, a operação possuía apenas percepção subjetiva sobre quais equipes apresentavam maior lentidão durante o processo de conferência. Entretanto, a ausência de dados estruturados impossibilitava identificar com precisão os fatores responsáveis pelas diferenças de desempenho observadas entre os operadores.

Com a coleta contínua dos dados operacionais, observou-se que um dos principais fatores responsáveis pela maior eficiência das equipes estava diretamente relacionado ao nível de conhecimento operacional dos colaboradores. As equipes com melhores desempenhos apresentavam maior domínio sobre o portfólio de produtos da companhia, conseguindo identificar com mais rapidez os itens carregados, seus respectivos códigos e a lógica operacional utilizada na montagem da carga.

Além disso, verificou-se que operadores mais experientes possuíam maior familiaridade com a distribuição física dos produtos dentro do caminhão, compreendendo que produtos mais pesados tendiam a permanecer posicionados nas partes inferiores da carga, enquanto itens mais leves eram organizados nas regiões superiores. Essa experiência prática permitia aumentar a velocidade da conferência, reduzir movimentações desnecessárias durante a validação da carga e ampliar a assertividade do processo operacional.

Outro aspecto relevante identificado relacionava-se ao conhecimento acumulado pelos motoristas em relação à lógica de montagem da carga realizada pelo armazém. Algumas equipes apresentavam maior facilidade para identificar padrões de organização dos produtos, permitindo antecipar verificações e otimizar o fluxo da conferência.

A partir dessas observações, iniciou-se processo estruturado de treinamento operacional voltado às equipes com maior variabilidade ou menor desempenho durante a conferência de carga. Foram desenvolvidos materiais de apoio em formato de apresentações e documentos digitais, posteriormente disponibilizados aos colaboradores em formato PDF, com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre:

- Identificação dos produtos;
- Códigos operacionais;
- Organização da carga;
- Padrões de montagem;
- Boas práticas durante a conferência.

Essa padronização contribuiu para reduzir diferenças operacionais entre equipes e aumentar a estabilidade do processo.

Além do conhecimento técnico, observou-se que fatores comportamentais também exerciam forte influência sobre o desempenho operacional das equipes. Em diversas situações, a falta de atenção durante a conferência resultava em aumento do tempo operacional, retrabalho ou necessidade de novas verificações da carga.

Entretanto, a análise da variabilidade demonstrou que parte dos atrasos não estava necessariamente relacionada ao comportamento das equipes, mas sim a fatores externos associados às condições operacionais dos veículos. Entre os principais problemas identificados, destacaram-se falhas mecânicas relacionadas ao sistema de mecanização das baias dos caminhões. Em determinadas situações, observou-se travamento do mecanismo responsável pela elevação das baias, impedindo sua abertura adequada durante a conferência.

Também foram identificados casos em que o sistema elevava parcialmente a baia, porém sem conseguir mantê-la estabilizada na altura necessária para a realização segura da conferência.

Além disso, em algumas ocorrências, a própria carga deslocava-se internamente durante o transporte ou carregamento, provocando deformações na estrutura da baia e dificultando sua abertura. Nessas situações, tornava-se necessário acionar o time de manutenção para realização de correções mecânicas antes da continuidade do processo operacional.

Esses achados demonstraram que parte relevante da variabilidade operacional observada anteriormente no TML não estava associada exclusivamente ao desempenho dos ajudantes ou motoristas, mas também à influência de fatores estruturais, mecânicos e organizacionais presentes no ambiente operacional.

Além disso, a utilização contínua dos dados operacionais contribuiu para redução gradual da variabilidade do processo, aumento da previsibilidade operacional e fortalecimento das ações de melhoria contínua implementadas pela liderança da unidade.

4.5 Aplicação da Carta de Controle no Monitoramento Operacional do TMC

Com a consolidação do TMC como indicador operacional estruturado, observou-se a necessidade de desenvolver mecanismos visuais que permitissem ampliar a capacidade de monitoramento em tempo real durante a janela crítica do TML.

Nesse contexto, foi desenvolvida uma carta de controle operacional com o objetivo de acompanhar o comportamento das equipes durante o processo de conferência de carga e apoiar a tomada de decisão da liderança operacional ao longo da liberação dos veículos.

A operação estudada apresenta elevada complexidade logística, envolvendo diariamente mais de 60 caminhões em rota e mais de 100 colaboradores atuando simultaneamente no pátio operacional entre motoristas, ajudantes, supervisores e equipes de monitoramento.

Diante desse cenário, a utilização de mecanismos tradicionais de acompanhamento tornava-se limitada, principalmente devido à necessidade de rápida identificação das equipes com maior risco de atraso operacional.

A carta de controle foi elaborada por meio do *software Microsoft Excel*, sendo estruturada em formato gráfico para possibilitar o acompanhamento temporal do processo durante toda a janela operacional de liberação dos veículos. Essa ferramenta permitiu a visualização do comportamento do indicador ao longo do tempo, auxiliando na identificação de variações e oportunidades de melhoria.

No eixo vertical do gráfico foram representados os tempos operacionais em escala de 5 minutos, enquanto o eixo horizontal foi estruturado com os horários da operação, iniciando às 6h40 - correspondente a aproximadamente 10 minutos após o encerramento da primeira reunião matinal — até 8h20, utilizando intervalos de 10 minutos entre os pontos de acompanhamento.

A partir da análise histórica dos dados coletados durante o período de implementação do TMC, foram estabelecidas três regiões operacionais distintas para monitoramento da conferência de carga, gerando uma carta de controle.

- **Região Verde:** monitoramento pelo CME;

- **Região Amarela:** atuação da equipe de Distribuição no pátio;
- **Região Vermelha:** atuação imediata da equipe do CME no pátio;

A região verde correspondia aos veículos com até 25 minutos de conferência. Nessa faixa, o comportamento operacional era considerado dentro do padrão esperado da operação, exigindo apenas acompanhamento preventivo do time de monitoramento.

A região amarela compreendia os veículos com tempo de conferência entre 25 e 35 minutos. Nessa situação, o processo passava a exigir atuação mais próxima da liderança operacional, envolvendo supervisores de frota, coordenadores de distribuição e analistas operacionais no acompanhamento das equipes presentes no pátio.

Já a região vermelha representava a faixa mais crítica do processo operacional, contemplando veículos com tempos entre 35 e 50 minutos de conferência. Nessa condição, além do deslocamento integral da supervisão operacional para o pátio, o próprio time de monitoramento também passava a atuar diretamente junto à distribuição, auxiliando no acompanhamento das equipes e na identificação rápida das causas responsáveis pelo atraso operacional. A figura 12 ilustra a carta controle obtida.

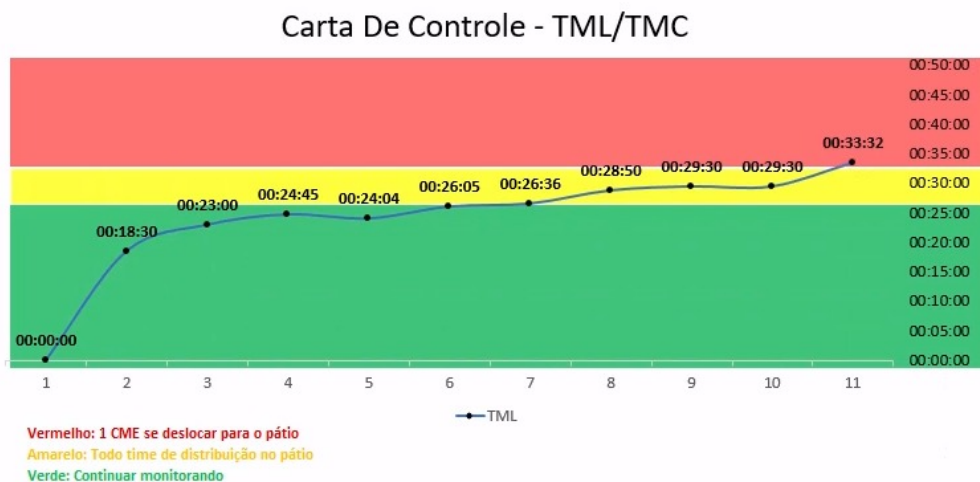


Figura 12 – Carta Controle

Fonte: Próprio Autor.

A utilização da carta de controle permitiu estruturar a lógica de escalonamento operacional baseada no nível de criticidade do processo, aumentando significativamente a capacidade de resposta da operação durante a janela do TML.

Além disso, a ferramenta possibilitou ampliar a previsibilidade operacional, permitindo que a liderança identificasse antecipadamente equipes com maior probabilidade de ultrapassar os limites operacionais definidos pela companhia.

A utilização das regiões de criticidade permitiu reduzir o tempo de resposta da liderança, melhorar a alocação dos recursos operacionais durante a liberação dos veículos e fortalecer o processo de tomada de decisão orientado por dados.

Além disso, a carta de controle contribuiu para transformar o acompanhamento operacional do TML em processo mais estruturado e previsível, reduzindo subjetividades e aumentando a capacidade analítica da operação sobre o comportamento das equipes durante a conferência de carga.

4.6 Discussão dos Resultados sob a Perspectiva da Teoria das Restrições (TOC)

A análise dos resultados obtidos neste estudo pode ser compreendida sob a perspectiva da TOC, proposta por Goldratt (2014), segundo a qual todo sistema produtivo ou logístico possui ao menos uma restrição responsável por limitar o desempenho global da operação.

No contexto da unidade analisada, observou-se que o processo de conferência de carga apresentava características compatíveis com uma restrição operacional, uma vez que impactava diretamente o TML, indicador estratégico da operação logística.

Entretanto, antes da implementação do TMC, essa restrição não possuía rastreabilidade estruturada nem mecanismos formais de mensuração. Como consequência, a operação possuía apenas percepção subjetiva sobre os fatores responsáveis pelos atrasos, dificultando a identificação precisa das causas operacionais que comprometiam o desempenho do indicador.

Sob a ótica da TOC, essa ausência de visibilidade impedia que a operação identificasse claramente o gargalo do processo, fazendo com que a restrição permanecesse “invisível” dentro do fluxo operacional.

A partir da estruturação do TMC, tornou-se possível decompor o indicador macro TML em etapas operacionais menores e mensuráveis, permitindo ampliar a capacidade analítica sobre o processo de liberação dos veículos.

A digitalização dos eventos operacionais possibilitou identificar que parte relevante dos atrasos anteriormente atribuídos genericamente à conferência de carga estava, na realidade, relacionada a diferentes fatores operacionais. Dessa forma, o TMC permitiu transformar a conferência de carga em variável operacional rastreável, possibilitando identificar quais fatores efetivamente atuavam como restrição do sistema logístico.

Outro ponto relevante observado sob a perspectiva da TOC foi a redução gradual da variabilidade operacional após a implementação da solução proposta. Segundo Goldratt (2014), a estabilidade do fluxo operacional depende diretamente do controle das restrições e da redução de interrupções que afetam o desempenho do sistema. Nesse contexto, a criação de mecanismos de acompanhamento contínuo, associada à atuação direcionada da supervisão durante a janela operacional do TML, contribuiu para reduzir perdas

operacionais e aumentar a previsibilidade do processo.

Além disso, observou-se que a utilização do TMC fortaleceu o processo de melhoria contínua dentro da operação. A identificação das equipes com maior variabilidade permitiu implementar ações específicas voltadas ao aumento da eficiência operacional, como reorganização das equipes, acompanhamento mais próximo dos supervisores e correção de falhas relacionadas ao carregamento e às condições dos veículos. Sob essa perspectiva, a restrição deixou de ser tratada apenas de forma reativa e passou a ser monitorada continuamente por meio de dados operacionais estruturados.

Outro aspecto importante relacionado à TOC refere-se ao impacto sistêmico gerado pela melhoria do TML sobre outros indicadores da operação. A redução do tempo de permanência dos veículos dentro do centro de distribuição permitiu antecipar o início das rotas de entrega, contribuindo para melhoria do indicador Jornada e aumento da previsibilidade das entregas realizadas pelas equipes.

Esse comportamento reforça um dos princípios centrais da TOC, segundo o qual a melhoria de uma restrição crítica pode gerar impactos positivos em todo o desempenho global do sistema.

Assim, os resultados obtidos demonstram que a implementação do TMC permitiu não apenas ampliar a capacidade de mensuração da operação, mas também estruturar mecanismo contínuo de identificação, monitoramento e tratamento das restrições operacionais associadas ao processo de liberação dos veículos.

5 Conclusão

Observava-se que a ausência de rastreabilidade estruturada sobre o processo de conferência de carga dificultava a identificação precisa das causas responsáveis pelas perdas do indicador. O acompanhamento do TML ocorria de forma predominantemente subjetiva, sem mecanismos capazes de mensurar detalhadamente o comportamento operacional das equipes durante a conferência dos caminhões.

Sob a perspectiva da TOC, observou-se que a conferência de carga apresentava características compatíveis com uma restrição operacional da unidade, uma vez que impactava diretamente o desempenho do TML. Entretanto, a ausência de visibilidade operacional impedia que a operação identificasse de forma precisa os gargalos presentes no processo.

Diante desse cenário, foi desenvolvido o indicador TMC, com o objetivo de ampliar a visibilidade operacional sobre a atividade de conferência de carga, permitindo identificar falhas, variabilidades e gargalos presentes no processo de liberação dos veículos.

A partir da implementação da solução proposta, observou-se que os objetivos do trabalho foram alcançados de forma satisfatória. O desenvolvimento do TMC possibilitou estruturar a mensuração da atividade de conferência de carga, promovendo maior rastreabilidade operacional, previsibilidade do processo e fortalecimento da tomada de decisão baseada em dados.

Além disso, o fluxo operacional da conferência foi mapeado e decomposto em eventos operacionais mensuráveis, permitindo a definição estruturada dos marcos de início e término da atividade. A utilização do QR Code como ferramenta de integração físico-digital possibilitou digitalizar a coleta dos dados operacionais, transformando informações anteriormente subjetivas em registros estruturados e rastreáveis.

Os dados coletados passaram a ser tratados e consolidados em dashboards e painéis de monitoramento operacional, permitindo identificar padrões de comportamento, diferenças de desempenho entre equipes e principais fatores responsáveis pelas perdas operacionais relacionadas ao TML.

A partir dessas análises, tornou-se possível direcionar de forma mais assertiva as ações de melhoria contínua, promovendo treinamentos operacionais, reorganização das equipes e acompanhamento mais próximo das atividades com maior variabilidade operacional.

Um dos principais resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto foi a capacidade de mensurar, de forma real e estruturada, o tempo efetivamente gasto pelas

equipes durante a conferência de carga. Antes da implementação do TMC, essa análise era realizada apenas de maneira indireta, utilizando estimativas associadas ao horário inicial e final do TML, sem detalhamento específico sobre o comportamento operacional da conferência.

Com a estruturação do indicador, foi possível ampliar significativamente a capacidade analítica da operação, permitindo comprovar, por meio de dados operacionais, os impactos da conferência de carga sobre o desempenho do TML e fortalecer o direcionamento das tratativas operacionais junto às equipes com maior necessidade de desenvolvimento.

Além da melhoria do indicador TML, observou-se redução da variabilidade operacional do processo de conferência de carga, aumentando a previsibilidade das atividades e fortalecendo a estabilidade operacional da unidade. A identificação estruturada das variabilidades permitiu diferenciar fatores relacionados ao comportamento das equipes de problemas mecânicos, falhas de carregamento e demais fatores externos que impactavam o processo logístico.

Outro aspecto relevante observado foi o fortalecimento da cultura de tomada de decisão orientada por dados dentro da operação. A consolidação do TMC permitiu que supervisores e lideranças passassem a atuar de maneira mais assertiva sobre os desvios operacionais identificados durante a janela crítica do TML, reduzindo subjetividades e ampliando a capacidade de intervenção em tempo real.

Sob a perspectiva da TOC, a implementação do TMC permitiu transformar uma restrição operacional anteriormente tratada de forma subjetiva em uma variável monitorada, mensurável e controlável, possibilitando atuação mais precisa sobre os gargalos que impactavam o desempenho do TML.

Além disso, a utilização de conceitos relacionados à IoT, digitalização operacional e rastreabilidade de dados contribuiu para aumentar a maturidade operacional da solução implementada, fortalecendo sua aplicabilidade no ambiente logístico da unidade estudada.

Sob a perspectiva da Engenharia de Controle e Automação, o trabalho demonstrou a aplicação prática de conceitos relacionados à aquisição digital de dados, rastreabilidade operacional, supervisão de processos e monitoramento contínuo em ambiente logístico real. A integração entre ambiente físico e sistema digital permitiu estruturar um fluxo operacional mais controlado, previsível e orientado por dados.

Outro aspecto relevante observado durante a implementação foi a baixa necessidade de investimentos financeiros para viabilização da solução proposta. Como a metodologia foi desenvolvida utilizando recursos já disponíveis na operação, tais como formulários digitais, sistemas corporativos e dispositivos móveis existentes, não houve necessidade de aquisição de softwares especializados ou infraestrutura adicional. O principal custo identificado esteve relacionado à substituição de alguns aparelhos celulares corporativos

que apresentavam limitações na leitura dos QR Codes em razão de problemas na câmera ou incompatibilidades técnicas.

Dessa forma, a implementação do TMC demonstrou elevada viabilidade econômica, evidenciando que melhorias significativas em rastreabilidade, controle operacional e desempenho logístico podem ser obtidas por meio da adequada utilização dos recursos já existentes na organização.

Adicionalmente, observou-se que os benefícios decorrentes da melhoria do TML extrapolaram os limites da operação interna, refletindo positivamente no atendimento ao cliente. Com a maior aderência à meta de liberação dos veículos, tornou-se possível antecipar o início das rotas de distribuição, permitindo que os motoristas chegassem aos primeiros pontos de entrega em horários mais favoráveis e com menor incidência de filas para recebimento de mercadorias. Como consequência, verificou-se aumento da fluidez operacional, redução do tempo total de atendimento e maior rapidez na disponibilização dos produtos aos clientes. Tais resultados reforçam que iniciativas voltadas à automação, rastreabilidade e controle de processos internos podem contribuir não apenas para a eficiência operacional, mas também para a elevação do nível de serviço logístico, aspecto cada vez mais valorizado em mercados caracterizados por elevada competitividade e crescente exigência por entregas rápidas e confiáveis.

Como resultado final, observou-se evolução consistente do indicador TML, permitindo que a operação voltasse a atingir de forma recorrente as metas estabelecidas pela companhia. Esse resultado demonstra que a estruturação do TMC contribuiu não apenas para melhoria do indicador operacional, mas também para fortalecimento da governança logística, aumento da previsibilidade operacional e desenvolvimento de uma cultura orientada por dados dentro da operação.

Capítulo 5 – Trabalhos Futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de soluções integradas a tecnologias mais avançadas de rastreamento operacional, como RFID, telemetria e sistemas automatizados de monitoramento em tempo real, bem como a aplicação da metodologia desenvolvida em outros centros de distribuição e etapas da cadeia logística.

Dessa forma, conclui-se que a digitalização dos eventos operacionais associada à estruturação de indicadores logísticos mensuráveis mostrou-se capaz de fortalecer a governança operacional, ampliar a eficiência logística e aumentar a capacidade analítica da operação, evidenciando o potencial da integração entre automação e engenharia de processos aplicada à logística interna.

Referências

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*, Elsevier BV, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. DOI: [10.1016/j.comnet.2010.05.010](https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010). Citado 1 vez na página 53.

BELIK, Walter; CUNHA, Altivo R. A. de Almeida. Equipamentos públicos de abastecimento alimentar no Brasil: trajetória e desafios. In: PEREZ-CASSARINO, J. *et al.* (ed.). *Abastecimento alimentar: redes alternativas e mercados institucionais*. Chapecó: Editora UFFS; UNICV, 2018. p. 59–75. DOI: [10.7476/9788564905726.0005](https://doi.org/10.7476/9788564905726.0005). Citado 1 vez na página 53.

BEN-DAYA, Mohamed; HASSINI, Elkafi; BAHROUN, Zied. Internet of Things and Supply Chain Management: A Literature Review. *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, v. 57, n. 15–16, p. 4719–4742, 2019. DOI: [10.1080/00207543.2017.1402140](https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140). Citado 1 vez na página 53.

BREGINSKI, Rodrigo Bonfim. *Balanceamento e Sequenciamento de Linhas de Montagem de Modelo Misto: Um Estudo de Caso da Indústria Automotiva no Brasil*. 2013. Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal do Paraná. Citado 1 vez na página 53.

CONCEIÇÃO, Samuel Vieira; QUINTÃO, Ronan Torres. Avaliação do Desempenho Logístico da Cadeia Brasileira de Suprimentos de Refrigerantes. *Gestão Produção*, v. 11, n. 3, p. 361–374, 2004. Citado 1 vez na página 53.

GOLDRATT, Eliyahu M. *Theory of Constraints*. Great Barrington: North River Press, 1990. Citado 1 vez na página 53.

ITRACK BRASIL. *O Futuro da Logística Brasileira: Entre o Caos e a Eficiência*. iTrack Brasil. 2024. Disponível em: <https://itrackbrasil.com.br/o-futuro-da-logistica-brasileira-entre-o-caos-e-a-eficiencia>. Acesso em: 15 mar. 2026. Citado 1 vez na página 53.

LIMA, Fernanda Laize Silva de. *Distribuição de Mercadorias, Logística e Meio Técnico-Científico-Informacional: Os Centros de Distribuição na Macrometrópole Paulista*. 2023. Doutorado em Geografia Humana – Universidade de São Paulo. Citado 1 vez na página 53.

NOVAES, Antônio Galvão. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. Citado 1 vez na página 53.

PARMENTER, David. *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. 3. ed. Hoboken: John Wiley Sons, 2015. Citado 1 vez na página 53.

SANCHES, Alexandre Leme. *Sequenciamento de Linhas de Montagem Múltiplas em Ambiente de Produção Enxuta Utilizando Simulação*. 2010. Doutorado em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista. Citado 1 vez na página 53.

SCIENTIFIC RESEARCH PUBLISHING. *Key Performance Indicators in Supply Chain Management: Fill Rate, OTIF and Order Accuracy*. Scientific Research Publishing. 2024. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=143174>. Acesso em: 31 mar. 2026. Citado 1 vez na página 53.

SILVA, J. R.; OLIVEIRA, A. P. Gestão da Manutenção de Frotas Urbanas de Caminhões: Impactos na Confiabilidade da Distribuição. *Revista Produção Online*, v. 20, n. 2, 2020. Citado 1 vez na página 53.

VIVAN, A. L.; ORTIZ, F. A. H.; SELLITTO, M. A. Modelo para o Desenvolvimento de Projetos Kaizen. *Gestão Produção*, v. 23, n. 4, p. 737–748, 2016. Citado 1 vez na página 53.

WANKE, Peter Fernandes; AFFONSO, Camila Rodrigues. Determinantes da Eficiência de Escala no Setor Brasileiro de Operadores Logísticos. *Produção*, v. 21, n. 1, p. 53–63, 2011. Citado 1 vez na página 53.

ZHANG, Y.; LI, X. Key Performance Indicators in Supply Chain Management: Fill Rate, OTIF and Order Accuracy. *American Journal of Industrial and Business Management*, v. 12, n. 5, 2022. Citado 1 vez na página 53.

;

Atzori, Iera e Morabito (2010); Belik e Cunha (2018); Ben-Daya, Hassini e Bahroun (2019); Breginski (2013); Conceição e Quintão (2004); Goldratt (1990); iTrack Brasil (2024); Lima (2023); Novaes (2007); Parmenter (2015); Sanches (2010); Scientific Research Publishing (2024); Silva e Oliveira (2020); Vivan, Ortiz e Sellitto (2016); Wanke e Affonso (2011); Zhang e Li (2022);