

OTIMIZAÇÃO DO LEAD TIME E REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO NA LOGÍSTICA INTERNA DE UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE: ESTUDO DE CASO EM UMA MINERADORA NA CIDADE DE SÃO LUÍS-MA

OPTIMIZATION OF THE LEAD TIME AND REDUCTION OF WASTE IN THE INTERNAL LOGISTICS OF A LARGE COMPANY: CASE STUDY ON A MINING MACHINE AT THE CITY OF SÃO LUÍS-MA

RODRIGUES, Ramon Luigi Santos ¹
 MARANHÃO FILHO, Éfrem de Aguiar ²
 ARANHA JUNIOR, Carlos César Correia ³
 ARAÚJO FILHO, Patrício Moreira de ⁴

Resumo: A logística interna tem chamado cada vez mais atenção das organizações na tentativa de reduzir o tempo total dos processos produtivos, visando atender cada vez melhor o cliente externo. Pensando nisto, neste trabalho se desenvolveu um estudo de caso em uma empresa multinacional analisando seu sistema de mobilidade interna visando otimizar o lead time no processo de transporte de funcionários de um posto de trabalho ao outro, bem como reduzir o desperdício dos recursos disponíveis para a atividade, com o objetivo de propor um novo sistema de logística interna para a empresa, a fim de solucionar as dores relatadas pelos usuários através de métodos quantitativos e qualitativos, para que o problema fosse validado, posteriormente solucionado e finalizado com a construção de um protótipo, gerando dados para as análises desta pesquisa. O desenvolvimento do novo sistema de mobilidade da organização resultou na diminuição do tempo médio de espera, além da flexibilidade no fluxo de informações para com os usuários, proporcionando a potencialização da produtividade média e a redução de custos operacionais.

Palavras-chave: Lead time, Mobilidade interna, Produtividade média

Abstract: Internal logistics has been calling more and more attention from organizations in an attempt to reduce the total time of production processes, aiming to better serve the external customer. Thinking about it in this work was developed a case study in a multinational company analyzing its internal mobility system aiming to optimize the lead time in the process of transporting employees from one job to the other, as well as reducing the waste of resources available for the activity, with the purpose of proposing a new internal logistics system for the company, in order to solve the pain reported by users through quantitative and qualitative methods, so that the problem could be validated, later solved and finalized with the construction of a prototype, generating data for the analyzes of this research. The development of the organization's new mobility system has resulted in a decrease in the average waiting time, as well as flexibility in the flow of information to the users, thus increasing average productivity and reducing operating costs.

Keywords: Lead time, Internal mobility, Average productivity

1. INTRODUÇÃO

O mercado empresarial evoluiu com o passar do tempo promovendo, com isso, o aumento da competitividade por fatias maiores de mercado das organizações em suas respectivas áreas. Com isso

¹ Graduado em Engenharia de Produção – Universidade Ceuma - ramonluigi@hotmail.com

² Doutor em Administração de Empresas – Universidade Ceuma - efremfilho@ceuma.br

³ Mestre em Ciências de Materiais – Universidade Ceuma – carlos.cesar@ceuma.br

⁴ Doutor em Engenharia Mecânica – Universidade Ceuma – patricio.moreira@ceuma.br

a inovação tornou-se um mecanismo fundamental relacionado à sobrevivência da empresa, não sendo mais considerado um diferencial competitivo como antigamente.

Nesse cenário acirrado de competição a logística aparece como fator importantíssimo no que diz respeito à satisfação do cliente. Redução do *lead time*, cumprimento de prazos, logística reversa, todas essas ramificações relacionadas a área de mobilidade dentro e fora das empresas são decisivas na hora atender bem o seu cliente interno e externo. Com isso surge a necessidade de um bom planejamento logístico por parte das empresas visando otimizar as entregas a serem feitas nos prazos estipulados.

Dentro desse contexto de planejar as entregas, prevendo as demandas reais de cada empresa, cresce cada vez mais a importância de dispor de um bom sistema de mobilidade interna rodando dentro do campo operacional de cada corporação. Tendo em vista que quanto menor o *lead time* nas entradas e no processamento do processo produtivo, menor será o tempo de espera final do macro processo, proporcionando saídas muito mais eficazes e entregas bem mais rápidas no que diz respeito a atendimento de prazos estipulados.

Com isso a cada dia as organizações buscam tornarem-se diferentes e obter vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes, devido as diversas e, cada vez mais frequentes, mudanças das necessidades dos clientes, cresce a importância de uma empresa dispor de estratégias logísticas para buscar melhorar seu atendimento. Por isso, o objetivo geral deste estudo é propor um sistema de mobilidade interna para reduzir o tempo de espera e otimizar o aproveitamento dos recursos logísticos disponíveis, visando facilitar o transporte dos funcionários e de materiais dentro do espaço físico da organização.

Além disso, tem como objetivos específicos: analisar o sistema de mobilidade interna atual; verificar as rotas definidas; cronometrar o tempo de percurso de cada rota; avaliar o aproveitamento dos veículos disponíveis, bem como sua programação diária e analisar os efeitos atuais e futuros do novo sistema de mobilidade interna da mineradora.

Para que sejam alcançados estes objetivos fez-se necessário um estudo de caso dentro das áreas operacionais da multinacional, para observação dos gargalos de mobilidade dos usuários, sendo assim validado o problema. A partir da validação do problema encontrado, algumas hipóteses foram maturadas para compor a diretriz da solução do caso e com isso nas áreas operacionais a solução foi validada e testada a partir do Mínimo Produto Viável (MVP) apreciando os aspectos relativos ao tema e atendendo as expectativas do estudo.

Justifica-se a escolha do tema por se tratar de um assunto de grande relevância para as organizações no que diz respeito a atender bem seu cliente interno afim de proporcionar excelência no atendimento do cliente externo, bem como o impacto financeiro e de produtividade para a empresa. Observando como o tempo de espera e a ausência de planejamento logístico podem influenciar na

queda da produtividade, sendo avaliadas suas consequências para cada setor.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. LOGÍSTICA

Seja no ramo empresarial ou no ramo pessoal, a logística se tornou um mecanismo essencial, uma vez que o cronograma de bens e serviços tem que ser seguido.

Segundo o Council of Logistics Management (1996) a definição de logística engloba toda a gestão e controle de produtos e serviços, incluindo todas as suas variáveis, desde o ponto de partida até o seu destino final. Como aponta Ballou (2006, p.27) a logística é constituída de todos os componentes que facilitam a estocagem de produtos, desde a aquisição da matéria-prima até o seu consumo final, incluindo as informações necessárias para a movimentação do produto.

Desta forma podemos citar os pilares básicos da logística:

- I. **Rede Logística:** O tamanho de uma rede é diretamente proporcional a complexidade da mesma, bem como quanto maior a amplitude espacial dessas redes, maior será a facilidade de apoio as atividades logísticas em termos de localização geográfica.
- II. **Sistemas de informação:** Gestão de dados a fim de disponibilizar a informação certa no momento necessário.
- III. **Gestão dos centros de distribuição:** Planejamento e controle da movimentação de materiais, visando facilitar o fluxo do processo logístico, bem como o fluxo de informações.
- IV. **Transporte:** Trata-se do equilíbrio da velocidade no atendimento das demandas e os custos de cada operação.
- V. **Gestão de estoque:** Prima pela gestão de bens que visa o alto índice de atendimento dos clientes internos e externos a um baixo investimento.

Fluindo de maneira constante ao menor custo possível ao longo da cadeia de suprimentos a logística apresenta três objetivos estratégicos, de acordo com Dornier *et al* (2000):

- a. **Redução de custos:** Consiste em minimizar as despesas variáveis relacionadas ao transporte e armazenagem, sem alterar os níveis de qualidade dos serviços.
- b. **Redução de capital:** Está relacionada a minimização de investimentos ao sistema logístico através da implementação de estratégias de redução de custos.
- c. **Melhorias nos serviços:** Utiliza o *benchmarking* para comparar os serviços oferecidos e seus padrões de qualidade aos oferecidos pela concorrência.

2.1.1. LEAD TIME

Segundo abordagem de Ballou (2002), o *lead time* ou tempo total de ciclo de um pedido, trata-se da janela de tempo de duração da solicitação de compra do cliente até o recebimento do produto pelo mesmo. Compõe o ciclo de pedido: o tempo de solicitação do pedido, o tempo de preparação, a disponibilidade dos recursos no estoque, a duração da produção e o tempo total de entrega do pedido ao cliente.

Para Corrêa e Corrêa (2004), *lead time* é o tempo de duração de todo o processo, desde a liberação da ordem de compra ou de produção até o recurso correspondente estar apto ao uso.

Como podemos notar sob diversas perspectivas, o lead time está diretamente ligado ao tempo de espera do cliente, seja ele interno ou externo, desde o início do processo até o produto ou serviço ser entregue ao destinatário final.

2.2. ALGORITMOS GENÉTICOS

A análise de algoritmos genéticos é um campo da inteligência artificial que permite, em um âmbito evolutivo, a seleção natural através de modelos matemáticos a fim de solucionar problemas complexos, utilizando o modelo evolucionista de Darwin (HOLLAND, 1992).

Os algoritmos genéticos são fundamentados em dois processos básicos: inicialização e evolução (LUCAS, 2002). Assim, no processo de inicialização são inseridos os dados básicos que serão trabalhados no processo de evolução, onde os dados passam por etapas de otimização, seleção e mutação a fim de gerar os dados evolutivos para a resolução do algoritmo proposto.

Dentro do processo de evolução, tem-se alguns passos definidos, sendo eles:

Avaliação: onde é analisado o fitness ou aptidão, resultando no valor da qualidade do dado inserido e se essa será uma boa solução dentro do processo.

As avaliações possuem restrições (ou *constraints*) que são as regras para refinar os dados possibilitando obter um cenário mais próximo possível do real com os limites definidos, observando as variáveis controláveis e as não controláveis. Cada vez que um dado infringe uma restrição, é aplicada uma pena que decrementa de seu fitness.

2.2.1. Seleção

No processo de seleção, os dados aptos são postos à prova uns com os outros para que se selecione naturalmente quais podem gerar melhores descendentes e quais são menos aptos e para que haja a seleção, existem técnicas como segue:

a. Torneio: os indivíduos (dados) são postos uns contra os outros e os melhores são vencedores;

- b. Classificação: os indivíduos são enfileirados de modo que sejam ranqueados e posicionados em ordem dos melhores para os piores e os melhores são selecionados;
- c. Método da roleta: um valor é sorteado aleatoriamente e os indivíduos que mais se aproximam deste, são selecionados.

2.2.2. Cruzamento

A etapa de cruzamento permite mesclar os melhores atributos dos indivíduos e criar resultados melhores que os cruzamentos puros entre os indivíduos. A etapa de cruzamento permite algumas técnicas com diferentes formas de reprodução, dentre elas o cruzamento uniponto, em que se seleciona um ponto em cada indivíduo através de seleção aleatória, e a partir desse ponto, os genes são copiados para o filho gerado. O cruzamento multiponto, executa da mesma forma que o uniponto, porém com multicortes nos indivíduos geradores. O cruzamento segmentado, da mesma forma que o multiponto, porém selecionando um novo ponto de corte somente na execução do corte anterior.

2.2.3. Mutação

A etapa de mutação permite fazer otimizações nos filhos gerados pelos indivíduos. A etapa de mutação tem como objetivo, generalizar o que foi gerado e assim explorar as possibilidades de busca dos melhores novos indivíduos.

2.3. PESQUISA OPERACIONAL

A pesquisa operacional trabalha como um recurso auxiliar no que diz respeito a resolução de problemas e otimização de processos através da utilização de modelos matemáticos, desempenhando um planejamento estratégico competitivo. Sua aplicação pode ocorrer através da programação linear, que por sua vez, tem sua funcionalidade relacionada à busca por melhorias de tempos e aproveitamento de recursos visando sempre a redução de custos e potencialização de performance, considerando todas as restrições envolvidas no processo a ser melhorado. Conforme aborda Carmo et al Enomoto (2005) a solução ótima para problemas que envolvem roteirização e programação de veículos, acarreta na diminuição dos custos operacionais de transporte, conduzindo a organização a possuir uma economia bastante significativa nos seus processos internos e consequentemente reduzindo os custos para o consumidor final. A empresa tem como objetivo a otimizar seus processos gerais visando reduzir custos e potencializar sua receita, para maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis de mobilidade, mapeando os melhores percursos que possibilitem reduzir o tempo e a distância total de deslocamento, colaborando para a redução de gastos com transporte, gerando uma relação de lucratividade e desempenhando uma forte parceria com foco principal no atendimento a sua gama de clientes, por isso a importância da utilização desse mecanismo. Para uma

organização alcançar suas metas faz-se necessário a análise de fatores estratégicos internos e externos, bem como a potencialização dos resultados torna-se um fator de suma importância.

2.4. PRODUÇÃO PUXADA

O sistema de produção puxada é um modelo enxuto baseado na existência da previsão de demanda do cliente, ou seja, a produção propriamente dita ocorre, somente, a partir da configuração da solicitação de demanda. De forma a exemplificar o modelo de produção puxada temos o Kanban.

De acordo com Moura (1989), o Kanban trata-se de uma maneira de operacionalizar a produção enxuta, transformando a produção “empurrada” em “puxada.” Como aponta Monden (1984), o kanban deve se basear nos seguintes princípios para que se torne efetivo: diminuição do tempo de preparação, ter uma produção nivelada, arranjo das máquinas, padronização e aperfeiçoamento das atividades e trabalhos.

Traduzido para o inglês “*pull system*”, a produção puxada opera sem a utilização de estoques ou com estoques mínimos, controlando as operações de chão de fábrica. Neste modelo o fluxo de recursos tem grande importância, uma vez que a demanda gerada pelos clientes dão início a produção. Assim a diretriz do que produzir, quando produzir e quanto produzir será determinado pelo quantitativo de produtos em estoque. Observando as quantidades de produtos vendidos, a nova linha de produção produzirá o suficiente para repor o estoque “puxando” o processo de fabricação a partir da existência de demandas.

2.5 KANBAN

Buscando implantar melhorias no sistema de produção após a Segunda Guerra Mundial, o polo japonês buscou reduzir custos, aplicar novas tecnologias, visando atingir um maior grau de produtividade.

Diante das adversidades, funcionários da *Toyota Motor Company*, buscaram visitar as indústrias americanas no intuito de aplicar o modelo americano de produção em massa, nas fábricas japonesas. Porém o cenário japonês não permitia, naquele momento, produzir em larga escala, logo precisaram adaptar o sistema produtivo a sua realidade.

De acordo com Ghinato (1995), o proprietário do Sistema Toyota observou em um supermercado americano que um produto era repostado de acordo com a demanda e este possuía um cartão contendo todas as informações necessárias. Daí surgiu a nomenclatura “Kanban”, que do japonês significa “cartão de reposição”.

Conforme aponta Turbino (2000) a metodologia Kanban foi desenvolvida pelos engenheiros da Cia Toyota de produção, visando facilitar o controle e gerenciamento dos sistemas de produção em lotes.

Lobo (2010) aponta que os principais objetivos do Kanban são:

- a. Controlar internamente as flutuações de demanda e a escala da produção de cada posto de trabalho da organização, a fim de evitar a maximização dessas flutuações;
- b. Reduzir a produção destinada à estocagem, com o objetivo de facilitar o gerenciamento (a sua meta é o estoque zero);
- c. Descentralizar a tomada de decisão das operações de maneira a melhorar o nível de gestão, proporcionando condições para que os cargos de liderança direta estejam aptos a desempenhar um papel de gestão efetiva;
- d. Gerenciar as flutuações dos recursos armazenados entre os postos de trabalho devido a diferenças de capacidade os mesmos;
- e. Iniciar a produção somente a partir da existência de demandas.

O Kanban funciona como uma “ordem de fabricação” que circula entre os postos de trabalho acompanhando o fluxo de materiais e indicando ao setor produtivo o momento oportuno para iniciar um novo lote de produção, baseado no consumo dos materiais já produzidos, facilitando o fluxo de informações entre os setores através de cartões kanban.

Lobo (2010) cita ainda as vantagens do kanban como modelo de sistema produtivo:

- I. Maximiza a velocidade da circulação da informação entre os postos de trabalho, no caso de problemas existentes na fábrica (avarias, peças defeituosas, acidentes e etc.);
- II. Desenvolve o alinhamento dos postos de trabalho interdependentes;
- III. Promove a flexibilidade da produção em decorrência das mudanças do mercado, uma vez que a só será produzido a partir da existência de demandas;
- IV. Reduz o lead time total dos processos até a entrega ao consumidor final;
- V. As tomadas de decisão ocorrem no chão de fábrica, facilitando a gestão e evitando gargalos na produção;
- VI. Possibilita a redução de estoques.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso, no qual se refere, a uma forma distintiva de investigação empírica. Como relata Schramm (1971) a principal tendência de um estudo de caso concentra-se em esclarecer um conjunto de decisões: explicando a sua motivação, como a mesma foi implementada e quais foram suas consequências. Sendo assim esta pesquisa caracteriza-se como explanatória, proporcionando maior familiaridade com o problema em questão, a fim de torná-lo mais explícito (GIL, 2002).

A empresa em questão caracteriza-se como uma mineradora multinacional brasileira

localizada em São Luís do Maranhão, que atualmente é uma das maiores empresas de mineração do mundo, maior produtora de minério de ferro, de pelotas e de níquel e uma das maiores operadoras logísticas do país. Esta empresa atua no mercado há mais de 76 anos, buscando sempre o maior nível de eficiência na sua linha de produção e nos serviços prestados, visando assim à satisfação dos seus clientes.

A pesquisa também serve para mostrar a lacuna que existe na literatura para o desenvolvimento do trabalho. Demonstrando claramente a influência da logística interna na potencialização da produtividade média, através da diminuição do tempo de duração no deslocamento de um colaborador da empresa, de um posto de trabalho ao outro. Possibilitando a otimização da mão-de-obra dos funcionários na produção.

Para a construção do estudo de caso, foram elaboradas cinco etapas: (i) validação do problema, através de entrevistas com os usuários do sistema de mobilidade interna da organização; (ii) Sugestões de soluções, utilizando *brainstorming* para acumular o maior número de possíveis soluções para o problema; (iii) Validação das soluções, através da aplicação de questionários com os usuários, utilizando o software *TYPEFORM*, apresentando as soluções encontradas durante a tempestade de ideias. (iv) MVP (Mínimo Produto Viável), promovendo a criação de um protótipo de um novo sistema de mobilidade interna para a empresa, analisando os gargalos do processo; (v) análise dos resultados, através dos *feedbacks* recebidos na fase de prototipagem e do desempenho do novo sistema de mobilidade interna criado em relação ao antigo sistema. Tal sequência foi desenvolvida visando confirmar os objetivos da pesquisa, respondendo os questionamentos do problema deste estudo e as Referências utilizadas para validar o trabalho científico.

4. ESTUDO DE CASO

As organizações estão cada vez mais empenhadas em buscar vantagens competitivas para manter sua gama de clientes e direcionar a expansão do negócio proporcionando as condições necessárias para o crescimento do número de adeptos dos produtos e serviços oferecidos. Tais condições podem ser capacitadas a partir da potencialização dos objetivos de desempenho: confiabilidade, flexibilidade, custo, qualidade e velocidade. Dentro deste cenário de estratégia empresarial, a logística se apresenta como um diferencial competitivo no que diz respeito ao atendimento do cliente, seja ele interno ou externo. Em relação ao sistema de suporte aos clientes internos, o resultado final da efetividade, da eficácia e da eficiência está diretamente ligado com a qualidade do fluxo dos componentes envolvidos desde as entradas das matérias-primas (do inglês: *inputs*), o processamento dos recursos e informações, até resultarem nas saídas (do inglês: *outputs*) do processo produtivo.

4.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA LOGÍSTICO DA EMPRESA

A empresa dispõe de dez ônibus circulares para realizar o deslocamento dos funcionários dentro do seu ambiente interno, sendo que desse quantitativo, seis veículos permanecem em atividade durante 24 horas. A organização da distribuição do quantitativo total funciona da seguinte forma: quatro veículos disponibilizados para atender a zona portuária da empresa, três veículos para atender as áreas de ferrovia e dois veículos responsáveis pelo transporte de usuários da área administrativa. Nas Figuras 1 e 2 mostram a distribuição dos veículos por zonas e as rotas traçadas, respectivamente.

Figura 1 - Quadro de Rotas

SISTEMA DE CIRCULAR SITE SÃO LUÍS								
Modalidade	EXPRESSA		INTER ÁREAS					
Atendimento	SITE		PORTO			OFICINA		
Linhas	VERDE CLARO	AZUL	LILÁS	LARANJA	VERDE VALE	AMARELA	CINZA	VERMELHA
	DILN	RODOVIÁRIA OFICINA	DILN	CANTEIRO	BOLO DE NOIVA	PIER IV	ESTAÇÃO DE CARGA	CASA BLANCA
	VALER	ANJO DA GUARDA	SUPRIMENTOS	PELOTIZAÇÃO	PATIO I	QUEIROZ GALVÃO	CMD	MÁQUINA DE LINHA
	NÚCLEO	NÚCLEO	RPM	VIRADOR	CCE	PIER I e III	CTMR	ESTALEIRO
	5 km	7,52 km	VALER	MIRANTE	VALER	ALFANDEGA	PIAL	RODOVIÁRIA OFICINA
			1,73 km	NÚCLEO	1,74 km	VALER	RODOVIÁRIA OFICINA	5,35 km
				4,1 km		5,95 km	5,58 km	2 km

Fonte: Próprio Autor

Figura 2 - Rotas do sistema de mobilidade interna da organização, totalizando 9 rotas e 38,97 km de percurso



Fonte: Google satélite.

Cada linha (rota) possui um ônibus circular responsável pelo transporte de funcionários. Os veículos circulam pelas rotas traçadas periodicamente sem intervalos de forma programada fazendo

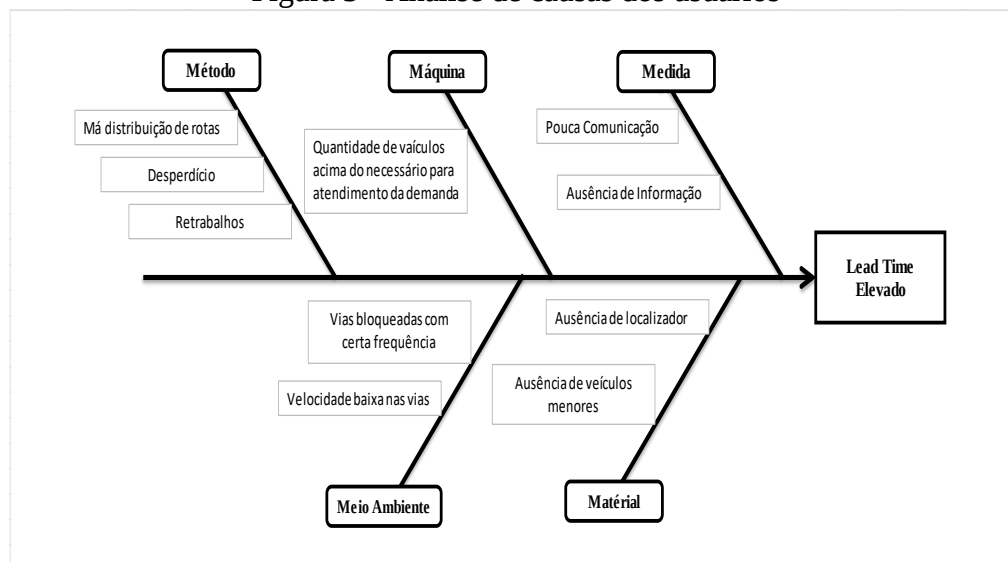
o percurso de uma extremidade à outra nas linhas. Somado aos ônibus/micro-ônibus circulares, cada gerência (posto de trabalho) possui um carro de apoio que obedece a uma programação diária planejada.

4.2. DIAGNÓSTICO

Para locomover-se dentro do site da empresa os funcionários usufruíam de um sistema de mobilidade interna composto por 10 (dez) veículos circulares (ônibus/micro-ônibus), distribuídos em 09 (nove) rotas diferentes que atendiam as áreas: portuária, de ferrovia e administrativa. Dentro deste modelo o *lead time* médio era 28 minutos até que o usuário conseguisse ter acesso ao veículo responsável pelo transporte de passageiros da rota onde se encontrava. Somado a este vetor outros sintomas foram identificados: o usuário não tinha informações sobre a localização do veículo responsável pelo transporte de passageiros da linha e por vezes os veículos circulavam sem passageiros, caracterizando gargalos no tempo total das operações e mau aproveitamento dos recursos, respectivamente.

O modelo de sistema de mobilidade interna da empresa em questão gerava custos operacionais passivos de melhorias, pensando nisso foram analisadas as possíveis causas da principal dor dos usuários: o elevado tempo de espera. Utilizando o diagrama de Ishikawa, a Figura 3 aborda as possíveis causas do problema:

Figura 3 - Análise de causas dos usuários



Fonte: Próprio Autor

A partir do diagrama de Ishikawa: análise de causa e efeito foi citada as causas do problema principal, identificando os sintomas apresentados nos usuários do sistema de mobilidade interna da organização, conforme Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Causas do problema principal

CAUSAS
a) Ineficiência da programação das rotas / ponto de parada; b) Falta de comunicação para interdição das vias. c) Restrição de velocidade; d) Falta de atualização / informação dos horários dos circulares; e) Falta de informação sobre a localização dos circulares; f) Indisponibilidade dos recursos (Ausência de veículos menores); Veículos circulam sem passageiros.

Fonte: Próprio Autor

Tabela 2 – Sintomas apresentados nos usuários do sistema

SINTOMAS
a) Atraso; b) Estresse; c) Retrabalho; d) Demora no atendimento; e) Baixa produtividade.

Fonte: Próprio Autor

5. RESULTADOS E DISCURSÕES

5.1. PROPOSTA DE NOVO SISTEMA DE MOBILIDADE INTERNA

A solução proposta inicia-se na otimização das rotas existentes com a finalidade de reduzir a quantidade de rotas e/ou o percurso percorrido pelos veículos do sistema de mobilidade interna da empresa. Foram utilizados Algoritmos Genéticos como solução tecnológica para encontrar rotas ótimas, uma vez que tal tecnologia utiliza recombinações das rotas existentes através de mecanismos de interpolação (mutação e *crossing-over*) semelhantes aos mecanismos evolutivos naturais encontrados na genética.

Além disso, construiu-se um Aplicativo Mobile com o objetivo de modificar o sistema circular (modelo atual do sistema de mobilidade) para o sistema de produção puxada, que disponibiliza veículos para as rotas a partir da existência de demanda.

Para isso o aplicativo oferece aos usuários um mecanismo de solicitação de veículos para atendimento de demandas de locomoção, bem como apresenta a localização atual dos veículos que estão em atividade naquela rota.

Espera-se que utilizando o sistema de produção puxada a taxa de desocupação seja reduzida, melhorando o aproveitamento de recursos destinados ao sistema de mobilidade interno da organização.

5.2. OTIMIZAÇÃO DE ROTAS

A fim de otimizar as rotas existentes do sistema de mobilidade interna da organização, realizou-se a análise de dados através de uma extensão do editor de planilhas EXCEL chamada SOLVER, que permite fazer análise de dados complexos através de planilhas. Através desta extensão alimentou-se uma planilha com dados sobre as distâncias entre os pontos pertencentes ao sítio da empresa, mostrado anteriormente na Figura 1, e através da execução do Algoritmo Genético obteve rotas otimizadas a partir das recombinações (mutação e *crossing-over*) das rotas atuais.

Com isso obtivemos as novas rotas que foram definidas através da implementação do algoritmo genético, totalizando 5 (cinco) rotas e 36,78 km de percurso, representando uma redução de 4 rotas e 2,19 km do percurso atual, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Novas rotas definidas



Fonte: Google satélite.

O resultado do processo de otimização foi uma redução na quantidade de rotas de 9 (nove) para 5 (cinco), bem como uma redução do percurso das rotas de 38,97 km para 36,78 km. Na Tabela 3 é mostrado em detalhes os resultados obtidos através da otimização feita usando algoritmos genéticos.

Tabela 3 - Detalhes da otimização das rotas.

Nota Rota	KM	Rota(s) substituídas	KM
Amarela	5,95 km	Amarela	5,95 km
Verde	4,15 km	Laranja + Verde	4,1 km + 5 km
Laranja	3,47 km	Azul + Lilás + Verde Vale	7,52 km + 1,73 km + 1,74 km
Vermelho	12,25 km	Branca + Cinza + Azul	5,35 km + 5,58 km + 7,52 km
Azul	10,96 km	Azul + Vermelha	7,52 km + 2 km
Total (km)	36,78 km	Total (km)	38,97 km

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 4 é mostrada as rotas otimizadas geradas através do Algoritmo Genético.

Tabela 4 - Novas rotas geradas pelo Algoritmo Genético

Amarela	Laranja	Vermelha	Verde	Azul
Valer	Valer	Oficina	Núcleo	Rodoviária
Alfandega	CCE	CMD	Virador de vagões	Carro de passageiros
Pier IV	Pátio I	CTMR	Mirante	Pial
Inspetoria	RPN	Estaleiro de solda	Pelotização	Núcleo
Pier I	Suprimentos	Casa Blanca	Canteiro	
Pier II	DILN	Estação de carga	Bolo de noiva	
Embarque	CCO	Máquina de linha		
	Bolo de noiva			
5,95 KM	3,47 KM	12,25 KM	4,15 KM	10,96 KM

Fonte: Próprio Autor

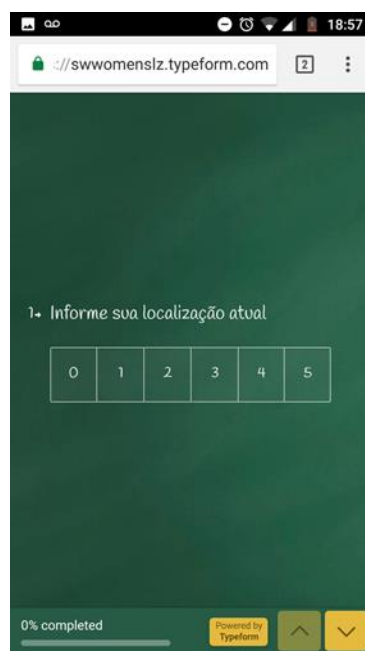
5.3 SISTEMA DE MOBILIDADE INTERNA

O sistema desenvolvido foi construído utilizando a ferramenta de coleta de dados do Google: o TYPEFORM. Com o foco direcionado ao colaborador/cliente do sistema de mobilidade interna, visando permitir que o mesmo solicite um veículo para atendimento de sua necessidade de locomoção, bem como acompanhar em tempo real a localização dos veículos que atendem às rotas. As Figuras 5 e 6 são apresentadas as interfaces gráficas do usuário inicial do sistema de solução construído.

Figura 5 - Interface inicial do aplicativo. Figura 6 - Interface secundária do aplicativo.



Fonte: Autor Próprio



Fonte: Autor Próprio

O botão de ação "**Yes**" inicia o processo de solicitação de veículo para locomoção dentro do sítio da empresa. A Figura 5 apresenta a primeira interface do fluxo de solicitação de veículo baseado em produção puxada. O objetivo desta interface é identificar onde o usuário deseja embarcar no veículo que fará sua locomoção, uma vez que no primeiro layout constam todos os postos de trabalho (pontos de partida possíveis dentro daquela rota) da área demarcada.

A segunda interface aborda a identificação do ponto de partida do usuário dentro de todos os postos de trabalho possíveis da rota em questão, enviando ao Sistema a primeira informação de localização do usuário.

Após informar o local dentro de uma rota onde deseja embarcar no veículo, o usuário deve informar o seu destino final, posteriormente será encaminhado para uma interface onde será solicitada a quantidade de passageiros que irão realizar o percurso. A importância do conhecimento dessa informação está diretamente ligada a capacidade de cada veículo, uma vez que foram pré-estabelecidos que solicitações de viagens com até 04 (quatro) passageiros, o veículo responsável pelo transporte dos usuários será o carro de apoio disponível para o posto de trabalho em questão (ponto de partida).

Já para solicitações com mais de 4 (quatro) passageiros será enviado o ônibus/micro-ônibus responsável por aquela rota. Após o fornecimento de todas estas informações o aplicativo apresentará a localização do veículo responsável por atender esta demanda. Nas Figuras 7, 8 e 9, mostram as interfaces apresentadas ao usuário de acordo com o sequenciamento das fases troca de informação.

Figura 7 - Destino final.

The screenshot shows a mobile app interface with a dark green background. At the top, the URL '://swwomenslz.typeform.com' is visible in the browser bar. The main content area displays the text '2. Informe sua localização de destino' (2. Inform your destination location). Below this text is a horizontal row of seven white square buttons with black numbers: 0, 1, 2, 3, 4, 5. At the bottom of the screen, there is a status bar showing '0% completed', a 'Powered by Typeform' logo, and two yellow arrow buttons (up and down).

Fonte: Autor Próprio

Figura 8 - Nº de usuários.

The screenshot shows a mobile app interface with a dark green background. At the top, the URL '://swwomenslz.typeform.com' is visible in the browser bar. The main content area displays the text '3. Quantas pessoas vão com você?' (3. How many people are going with you?). Below this text is a horizontal row of eleven white square buttons with black numbers: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. At the bottom of the screen, there is a status bar showing '0% completed', a 'Powered by Typeform' logo, and two yellow arrow buttons (up and down).

Fonte: Autor Próprio

Figura 9 - Localização do veículo.



Fonte: Autor Próprio

De forma incremental ao sistema de transporte desenvolvido, visando reduzir desperdícios e veículos ociosos, foram implementados conceitos de compartilhamento de recursos, tendo sua funcionalidade atribuída da seguinte forma: Se o fluxo de demanda encontrar-se maior em uma das rotas, caracterizando picos de solicitações de veículos e na rota vizinha houver um baixo fluxo de demanda, o veículo da rota ociosa pode ser cedido para atender as solicitações da rota com maior fluxo de viagens.

6. CONCLUSÃO

Este estudo procurou demonstrar a otimização do *lead time* e a redução do desperdício na logística interna de uma empresa de grande porte em São Luís do Maranhão, assim como também a importância da otimização de processos internos na potencialização da produtividade média. As empresas incorporadas no atual cenário do mercado competitivo se veem obrigadas à implementar a inovação e a melhoria contínua em seus processos e produtos a fim de se manter competitiva: reduzindo falhas operacionais, eliminando gargalos de produção, otimizando processos e oferecendo produtos e serviços cada vez mais qualificados e confiáveis.

De acordo com os resultados obtidos foi possível perceber ao longo de toda pesquisa que o tempo de espera no atendimento do cliente interno influencia diretamente na eficiência, eficácia e efetividade dos processos produtivos, bem como na qualidade do atendimento do cliente externo. No que se refere ao aproveitamento de recursos logísticos pôde-se notar que a existência de um planejamento dos recursos e dos métodos de mobilidade interna de uma empresa de grande porte é

fundamental para a redução dos custos operacionais dos recursos utilizados, além de proporcionar uma melhor performance do sistema de transporte da organização, resultando na redução dos gargalos e no aumento do grau de satisfação dos colaboradores.

A partir da análise do Sistema de mobilidade interna da mineradora foi possível perceber a existência de vetores passivos de melhorias, tais como: o elevado *lead time* no transporte de funcionários de um posto de trabalho ao outro, a ausência de um método de solicitação de veículos para locomoção dentro do sítio da empresa, bem como a ausência de informação sobre a localização do veículo responsável pela locomoção dos passageiros, má distribuição das rotas traçadas e a ausência de planejamento dos recursos disponíveis para locomoção dos colaboradores.

Visando atender as necessidades relatadas pelos funcionários da organização, foi construído um diagnóstico listando as possíveis causas do problema principal: o elevado tempo de espera. A partir dos levantamentos destes dados foi desenvolvido um novo Sistema de mobilidade interna para a empresa, no qual se diminuiu o *lead time* médio de 28 minutos para 7 minutos, proporcionando ao usuário a flexibilidade de acompanhar o deslocamento do veículo responsável pelo transporte do mesmo. Potencializando assim os resultados iniciais, utilizando um modelo de produção puxada, onde os veículos circulariam somente a partir da existência de demanda, tendo sua funcionalidade disposta de um mecanismo de solicitação mobile.

Para consolidar a inovação do novo Sistema de transporte de passageiros proposto, foram geradas novas rotas oriundas de algoritmos genéticos, desenvolvido da ferramenta de extensão do excel: o Solver, no qual foram reduzidos 2,19 km de percurso, transformando as 9 (nove) rotas iniciais em 5 (cinco) novas rotas proporcionando um novo modelo inovador e sustentável para empresa em questão, reduzindo custos operacionais, número de viagens, otimizando o aproveitamento dos recursos disponíveis e diminuindo o tempo de espera dos usuários para locomover-se no sítio da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento, organização e logística empresarial**. 4ª Edição. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.

BOWERSOX, D.J., CLOSS D.J. **Logistical Management: The integrated supply chain process**, McGraw-Hill, EUA, 1996.

CORRÊA, HENRIQUE L. **Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**/ Henrique L. Corrêa, Carlos A. Corrêa – 4ª Ed. São Paulo: Atlas 2017.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-In-Time**. Revista Produção, V.5, N.2, Belo Horizonte, Brasil, 1995.

HOLLAND, J. H. **Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence**. 1st MIT Press ed ed. Cambridge, Mass: MIT Press. 1992.

LOBO, R.N. **Gestão da Qualidade**. 1ª Edição. São Paulo: Érica, 2010.

Lucas, D. C. **Algoritmos Genéticos: Uma Introdução**. Apostila referente a disciplina de Inteligência Computacional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2002.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAM, 1984.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2000.
Manual de Metodologia Científica. 2ª Edição. Iles/Ulbra Itumbiara, 2010.