



ConBRepro

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



01 a 03
de dezembro 2021

Estudo de Caso: Aplicação da Heurística Construtiva para Análise e Otimização do Tempo de Entrega um Centro de Distribuição de Alimentos

Nataniely dos Santos Cota

Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH

Bianca Grazielle Costa Medeiros

Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH

Hélder Alves de Almeida Junior

Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH

Flavio Henrique Batista de Souza

Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH

Vladimir Alexei Rodrigues Rocha

ECI – Universidade Federal de Minas Gerais

Resumo: A gestão estratégica é considerada um alicerce de uma empresa, ainda mais face às demandas de otimização de processos, seja pela competitividade ou pela subsistência frente à crise pela Pandemia causada pelo COVID-19. Assim, este trabalho demonstra um estudo de caso de uma empresa do setor alimentício com 80 anos de tradição em logística de alimentos que aplicou um processo de otimização, com bases em heurísticas construtivas Nearest Neighbor e NN*. Otimizações foram realizadas com 10 rotas, em que as entregas correspondiam a um faturamento de R\$ 86.951,10. Foi obtida uma otimização da agilidade do atendimento na média dos tempos das rotas (mínimo e máximo), em que as rotas NN* foram 30,38% mais eficientes que as rotas trabalhadas pela empresa.

Palavras-chave: Roteirização, NN*, Nearest Neighbor, Ramo Alimentício, Tempo de Entrega.

Case Study: Application of Constructive Heuristics for Analysis and Optimization of Delivery Time in a Food Distribution Center

Abstract: Strategic management is considered a foundation for a company, even more in view of the demands for process optimization, whether for competitiveness or for subsistence in the face of the crisis caused by the Pandemic caused by COVID-19. Thus, this work demonstrates a case study of a food industry company with 80 years of tradition in food logistics that applied an optimization process, based on Nearest Neighbor and NN* constructive heuristics. Optimizations were carried out, with 10 routes, in which deliveries corresponded to a turnover of R\$86,951.10. An optimization of the service agility was obtained in the average of the routes times (minimum and maximum), in which the NN* routes were 30.38% more efficient than the routes worked by the company.

Keywords: Routing, NN *, Nearest Neighbor, Food Industry, Delivery Time.

1. Introdução

O transporte e a distribuição de cargas constituem um dos processos mais relevantes dentro de uma organização e compreendem cerca de 63,5% do custo logístico total. Segundo Resende (2018), os gastos com logística chegaram a absorver, em média, 12,37% do faturamento bruto das empresas, desta forma torna-se importante a adoção de estratégias para minimizar os custos e otimizar os processos dentro das companhias, conforme ocorre a redução dos custos atenua-se também o preço final do produto. Cerca de 75,9% das cargas transportadas, segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2018), utiliza o modal rodoviário. Essa disposição faz com que se torne um processo custoso e prejudicial a eficiência dos transportes das organizações.

Sistemas logísticos eficazes e eficientes geram um melhor padrão de vida a todos e a logística empresarial tem como objetivo prover um melhor nível de serviço ao cliente, providenciando bens ou serviços corretos, no lugar certo, no tempo exato e nas condições desejadas e ao menor custo (BALLOU, 2006; BALLOU, 2008; BARRETO et al., 2017).

A roteirização de veículos, dentro da distribuição das cargas, é uma área da logística com variações de problemas e restrições, e pode ser otimizada adotando os métodos heurísticos da pesquisa operacional. É um processo que escolhe um caminho entre várias possibilidades, em que seu objetivo é alcançar a solução viável com um baixo esforço computacional (SOUZA et al., 2017; LOSQUI; SOUZA, 2019; HARADOGAN et al, 2020).

Além do cenário de otimização de gastos, que deve ser uma premissa das empresas no mercado contemporâneo, onde muitas delas adotam técnicas da literatura para gerar soluções de impacto estratégico para sua gestão, o uso de soluções vantajosas deve ser uma base explorada, uma vez que a economia mundial teve que se redimensionar para subsistir face à pandemia pelo COVID-19. Gastos devem ser sempre reavaliados para obtenção de melhores preços e serviços (SOUZA et al., 2019; SERRA; LEONEL, 2020).

Com essa premissa, o uso de algoritmos, mais precisamente heurísticas, tem sido amplamente utilizado por empresas. Um fato que merece consideração é que pequenas e médias empresas brasileira também estão se atentando para esta tipo de método, como, por exemplo, o disposto por Souza et al. (2019), onde heurísticas, baseadas em caminhos mínimos (Nearest Neighbour, NN*, e Clarke e Wright), geraram uma otimização de rotas que reduziram aproximadamente 25% dos gastos com combustível (fora manutenções e tempo de viagens) para um operador logístico do ramo alimentício na região da metropolitana de Belo Horizonte.

Neste contexto, o presente artigo aborda a logística do transporte e a roteirização das entregas realizadas por Centro de Distribuição de uma empresa do ramo alimentício, situada na cidade de Ribeirão das Neves. A empresa possui um catálogo variado e extenso de produtos alimentícios, e faz a distribuição e entregas dos itens em todo Estado de Minas Gerais, para grandes e pequenos comércios.

Desse modo, o objetivo geral consiste em promover uma otimização da rota utilizada pela empresa por meio de métodos heurísticos, buscando demonstrar como a roteirização pode contribuir para uma redução dos custos envolvidos. A minimização dos custos pode ser obtida através da redução do tempo gasto, ou da quilometragem percorrida para realização das entregas.

Dentre os objetivos específicos, tem-se: coletar informações; elaborar um fluxograma do processo atual da logística de transporte dessa empresa; propor a otimização do processo através da heurística NN*, comparando os resultados com os praticados pela empresa; por fim, avaliar os impactos financeiros obtidos.

Justifica-se este estudo pela relevância em se analisar e propor melhorias em processos já existentes dentro das organizações, buscando sempre a execução com eficiência e qualidade. Além da demanda mundial de otimização de gastos para sustento e sobrevivência de pequenas, médias e grandes empresas (SOUZA et al., 2019; SERRA; LEONEL, 2020).

2. Referencial Teórico

2.1. Logística e Distribuição

Segundo o Conselho de Profissionais de Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento (*Council Of Supply Chain Management Professionals – CSCMP*, 2016), a logística é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo e armazenamento eficiente e econômico de matérias-primas, materiais semiacabados e produtos acabados, bem como as informações a eles relativas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.

A logística existe para satisfazer às necessidades do cliente, facilitando as operações relevantes de produção e marketing. Para a logística, o sucesso na execução das atividades e o bom andamento de seus fluxos serão responsáveis pela competitividade gerada e pelo nível de serviço oferecido, principalmente na distribuição física dos produtos aos clientes.

Sobre a Distribuição, Ballou (2008) descreve como:

“A distribuição física preocupa-se principalmente com bens de acabados ou semiacabados, ou seja, com mercadorias que a companhia oferece para vender e não planeja executar processamentos posteriores. Desde o instante em que a produção é finalizada até o momento no qual o comprador toma posse dela, as mercadorias são responsabilidade da logística, que deve mantê-la no depósito da fábrica e transportá-las até depósitos locais ou diretamente aos clientes (Pág.31).”

A Logística de distribuição envolve desde o recebimento do produto acabado, ou disponibilização da produção, até a distribuição para os canais de distribuição e/ou consumidor final. Tem como principais atividades: transporte, armazenagem, gestão de estoques, informações, recebimentos de pedidos, separação de materiais, embalagem e expedição e serviço ao cliente (FERREIRA, 2016).

O objetivo da distribuição física é contribuir na geração de receita, bem como prestar os níveis de serviços desejados aos clientes. Neste contexto, é fundamental, no processo de distribuição, planejar e dimensionar os níveis estratégicos e táticos, determinando a composição da frota e zoneamento, para que os resultados de distribuição sejam atendidos satisfatoriamente (BOWERSOX; CLOSS, 2008).

Em relação ao transporte rodoviário de cargas, existem vários fatores que determinam variações nos custos ou em sua formação, são eles: quilometragem percorrida; tipo de tráfego; tipo de via-as e condições da rodovia; região; porte do veículo; desequilíbrio nos fluxos. Entretanto, o transporte rodoviário, mesmo que sobrecarregado, permite uma maior flexibilidade para as rotas percorridas durante a distribuição porta a porta. Além disso, o transporte tem um papel preponderante na qualidade dos serviços logísticos, pois impacta diretamente o tempo de entrega, a confiabilidade e a segurança dos produtos (SOUZA et al., 2019; KUMAR; ANBANANDAM, 2020).

2.2. Roteirização

Bowersox e Closs (2008), afirmam que as análises de transporte focam na roteirização para aperfeiçoar a utilização dos veículos e dos motoristas, para atender melhor às exigências dos serviços dos clientes e manter os custos operacionais e de capitais os mais baixos possíveis. Contudo, a forma de reduzir os custos das rotas, na maioria das vezes, apresenta problemas que vão desde a origem da entrega até o destino.

Segundo Laporte (2006, p.42): *“O Problema de Roteirização de Veículo (PRV), pode ser descrito como o problema do planejamento otimizado de entregas ou rotas de coleta de um ou vários armazéns para uma série de cidades ou clientes, geograficamente disperso, sujeitos a restrições adicionais”*.

Novaes (2007) comenta que as características básicas de um problema de roteirização são tratados da seguinte forma: uma região geográfica é dividida em zonas, um veículo é alocado para cada zona, um roteiro é designado para cada veículo, o serviço deve ser realizado dentro de um tempo de ciclo predeterminado, e os veículos são despachados de um armazém central ou centro de distribuição. O autor exemplifica os fatores fundamentais da roteirização, como sendo, decisões, objetivos e restrições. As decisões se referem ao destino de cada cliente, os quais devem ser visitados e, seguidamente, serão entregues as mercadorias através dos motoristas e ajudantes. O objetivo é que, a partir do processo de roteirização, a empresa possa fornecer um alto nível de serviço para seus clientes a um menor custo operacional possível. As restrições são os recursos disponíveis que a empresa possui, tendo em vista o tempo, a distância a ser percorrida, capacidade de carga do veículo, as condições de velocidade, tempo médio de cada entrega (carga e descarga).

Tais premissas ainda atuam como orientações de pesquisa em diversos setores da indústria, desde a roteirização de caminhões para transporte de minério até o transporte de alimentos (SOUZA et al, 2017; SOUZA et al., 2019)

2.3. Setor Alimentício

Com a expansão do mercado consumidor, a demanda por alimentos cresce cada vez mais e impulsiona o desenvolvimento dos setores da agroindústria no Brasil. O setor brasileiro de alimentos registrou um crescimento de 2,08% em faturamento no ano de 2018, atingindo R\$ 656 bilhões, somadas exportação e vendas para o mercado interno, o que representa 9,6% do PIB, segundo a pesquisa conjuntural da ABIA – Associação Brasileira da Indústria de Alimentos, realizada no ano de 2019.

As indústrias de alimentos são as que mais geram empregos no país, as 35,7 mil empresas que compõem o setor, são responsáveis por 1,61 milhão de empregos diretos, além disso, investem cerca de 3% do faturamento anual em Pesquisa e Desenvolvimento (ABIA, 2019).

As empresas do setor alimentício precisam se adequar a diversas normas de qualidade e segurança, que garantem as certificações exigidas pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Segundo a ANVISA (2019), as empresas de alimentos precisam estar com todas as regularizações de autorização de funcionamento; certificado de boas práticas de fabricação; licença de funcionamento; boas práticas de fabricação; e certidão de venda livre. Além das certificações para o ambiente de fabricação e armazenagem das empresas, também existem certificações para o transporte dos alimentos.

A Secretaria Municipal de Governo (SMG) atribuiu uma resolução ao transporte de ingredientes, matérias-primas e embalagens alimentícias, e de alimentos industrializados, manipulados, prontos ou não para o consumo. A Resolução SMG 604/2002, considera que o trânsito de alimentos em condições seguras pressupõe a preservação da saúde e do meio ambiente e ainda a necessidade de normatização e da uniformização das ações de fiscalização dos veículos que transportam alimentos, existindo a necessidade de uma

proteção eficaz dos alimentos transportados por veículos minimizando os riscos de contaminação. Todas essas regulamentações e certificações são obrigações das empresas do setor alimentício e também são fontes de despesas, deste modo, garantir a eficiência dos processos e propor otimizações dentro deles, são ações capazes de reduzir os custos e conseqüentemente aumentar a receita das empresas.

2.4. Heurísticas

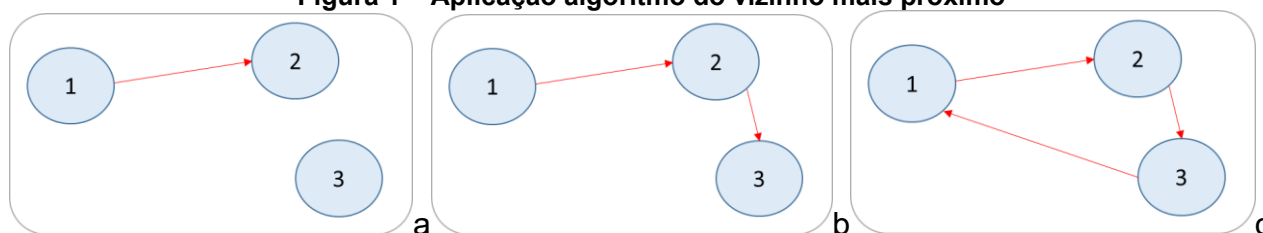
O termo "Heurística" é descrito nos dicionários da Língua Portuguesa como uma hipótese que, numa pesquisa, leva a uma descoberta científica, ou seja, um método analítico para a descoberta de verdades científicas. O método heurístico é qualquer processo que seja apoiado por meios computacionais ou racionais, onde se tenha que escolher uma alternativa entre várias, para assim alcançar a melhor solução viável de um problema, mas não necessariamente tendo de ser a solução ótima. Sendo assim, quando se trata de heurística construtiva, a busca pela solução viável é feita em etapa por etapa (COVER; HART, 1967; LUCENA; PONTES, 2007; LOSQUI; SOUZA, 2019).

2.4.1. Algoritmo Nearest Neighbor

O algoritmo de Nearest Neighbor (NN), também conhecido como algoritmo do vizinho mais próximo, é utilizado quando se quer encontrar um ponto mais próximo do último encontrado. Essa heurística foi desenvolvida por Cover e Hart (1967). Solomon (1987) apresenta o algoritmo NN utilizando uma matriz, tendo como objetivo indicar a distância entre os pontos. Dessa forma, a rota é criada utilizando como base as distâncias, considerando como o segundo nó próximo a origem aquele que estiver mais próximo, e os demais são adicionados em seguida, sem que haja modificação de posicionamento após definido.

A Figura 1 ilustra a aplicação da heurística, o ponto 1 representa o início da rota, os pontos 2 e 3, são os pontos que devem ser percorridos. Na Figura 1 (a) é selecionado o ponto mais próximo do ponto 1, na Figura 1 (b) foi adicionado à rota o ponto mais próximo partindo do último visitado, e na Figura 1 (c), ilustra a rota finalizada.

Figura 1 – Aplicação algoritmo do vizinho mais próximo



Fonte: Autores (2021)

2.4.2. Algoritmo NN*

O algoritmo NN* desenvolvido por Souza et.al. (2017) é uma heurística construtiva, que visa não ficar preso em um ótimo local. Variando o algoritmo de Nearest Neighbor (NN), o algoritmo NN* adiciona um grau de aleatoriedade na escolha do segundo momento, isto é, na escolha do segundo nó a ser visitado. Resultados relevantes no uso do algoritmo NN* foram encontrados por Souza et. al. (2019), onde apresentou o resultado aproximadamente 25% mais econômico que as rotas utilizadas pela empresa analisada.

Losqui & Souza (2019) demonstraram a robustez do NN* com avaliações de 15 bases da literatura, em um processo experimental com aproximadamente 57 mil avaliações para comparação de qualidade de respostas e tempo de processamento.

Referenciando o algoritmo, na equação 1, V^* representa o conjunto de vértices não visitados, o nó inicial é preenchido por nó 0 e arranjado através dos nós, $\{0, i_1, \dots, i_j\}$, onde:

$$i_j = \arg(\min \{c_{i_{j-1}k} \mid k: k \in V^*\}) \quad (1)$$

No qual $u \geq di_1 + di_2 + \dots + di_j$, e qualquer outro nó $s \in V^*$ é tal que $u < di_1 + di_2 + \dots + di_j + di_s$. Esse processo será repetido até que ocorra a visitação de todos os nós, buscando melhorias nos valores obtidos do caminho ótimo, de acordo com Souza et. Al. (2017).

2.4.3. Distância de Haversine

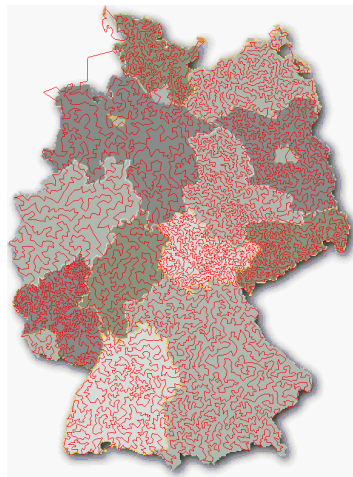
A distância de Haversine é uma equação utilizada em navegação, em que se determina a distância entre 2 pontos de uma esfera, a partir de suas latitudes e longitudes (SOUZA et al., 2017). Como disposto na equação 2, onde dois pontos de uma esfera de raio R (que foi utilizado o raio da Terra, em metros) com latitudes φ_1 e φ_2 , que geram uma separação de latitudes $\Delta\varphi$, onde $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$, e com longitudes λ_1 e λ_2 com a separação $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$, que apresentam os seus ângulos em radianos.

$$d = 2R \sin^{-1} \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) + \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right) \quad (2)$$

2.5. Problema do Caixeiro Viajante

Traveling Salesman Problem (TSP), podendo ser traduzido para a língua portuguesa como problema do caixeiro viajante, visa encontrar o caminho mais curto visitando todas as cidades, ou nós, retornando ao ponto de partida sem repetir nenhum nó. Alguns dos algoritmos de pesquisa heurística que são criados para executar de forma rápida e retornar uma solução viável para determinado problema tiveram influências do TSP, mesmo que não corresponda diretamente ao TSP, que solicita o melhor caminho possível (APPLEGATE et al., 2011). A Figura 2 demonstra o grafo que representa um processo de visitação do TSP, criado por Applegate, Bixby, Chvátal e Cook em 2001, que encontraram o passeio ideal por 15.112 cidades na Alemanha.

Figura 2 – 15112 Cidades na Alemanha



Fonte: Traveling Salesman Problem (2006)

3. Metodologia

Foi desenvolvido um estudo de caso (YIN, 2015), com análise experimental de rotas otimizadas. Foram realizadas duas etapas, a definição e alinhamento sobre a empresa a ser estudada e depois uma definição do processo experimental a ser realizado.

3.1 Definição da empresa foco

Iniciou-se conhecendo a empresa, sua missão e filosofia de trabalho, para que a pesquisa seja uma contribuição processual e conceitual em sua forma de atuar no mercado.

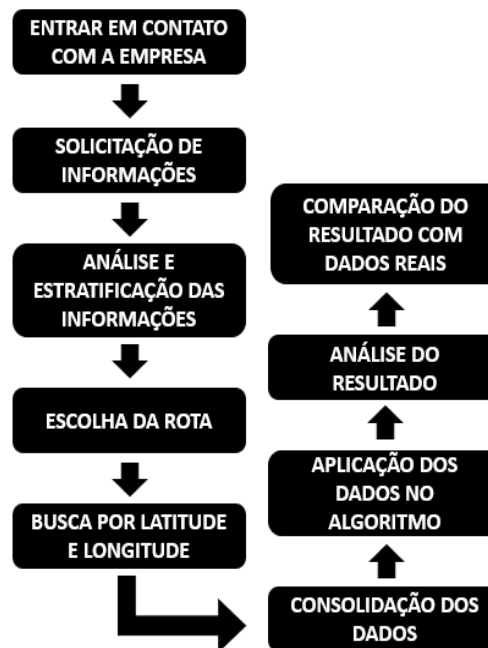
A empresa acredita em um futuro melhor, que vai demandar alimentos de qualidade, desta forma possui processos bem determinados com a sua cultura organizacional, sempre guiada pelos compromissos: Segurança, Integridade e Qualidade. Torna-se importante avaliar todos os seus processos, e otimizá-los, garantindo alimentos de qualidade aos seus consumidores. A companhia está no setor alimentício a 80 anos, produzindo um portfólio extenso de produtos e com marcas consolidadas no mercado.

A distribuição dos produtos é feita em todo território de MG, com ponto de partida na região metropolitana de Belo Horizonte, onde localiza-se um dos centros de distribuição da companhia. Desta forma, torna-se importante implementar/avaliar o sistema de roteirização utilizado pela companhia e assim garantir seu sucesso empresarial.

3.2 Processo de Pesquisa

Os dados do estudo foram coletados a partir da análise de documentos com informações primárias fornecidas pela empresa. Foram analisados documentos que contribuíram para compreender o histórico da empresa, bem como entender como é realizado o processo de roteirização dos veículos, e quais os problemas envolvidos. O fluxo utilizado para desenvolvimento da metodologia é descrito na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma de desenvolvimento da metodologia do estudo de caso



Fonte: Autores (2021)

Para realização do estudo foram utilizadas informações de entregas feitas no mês de janeiro/2020. Baseado no endereço das entregas, coletou-se a Latitude e Longitude dos clientes atendidos. Os dados foram aplicados em uma planilha e no algoritmo NN* proposto por Souza et. al (2017) afim de verificar quais seriam as melhores rotas.

Posteriormente, realizou-se um processo de comparação de quilometragem e tempo dos resultados obtidos com os das rotas atuais da empresa, desta forma, pode-se verificar, ou não, o processo de otimização na roteirização da companhia.

4. Resultados

4.1. Fluxo do Processo

A empresa possui um fluxo do processo definido, e segmentado em diversas etapas que foram descritas de forma breve na Figura 4. O processo se inicia com a negociação do vendedor com o cliente, e em seguida é realizada a emissão do pedido. Quando o pedido é processado, uma equipe fica responsável por avaliar o tipo de transporte e a data ideal para realização das entregas, com isso definido, é realizado o mapa de roteirização. Com o mapa disponível, a equipe da logística separa, confere e carrega o transporte de acordo com as entregas. Feito isso, o transporte é liberado para distribuição dos produtos. Por se tratar de uma empresa de alimentos, todo o processo é executado de forma dinâmica, para que o produto chegue ao consumidor com a qualidade garantida.

Figura 4 – Fluxograma do processo comercial e logístico da empresa



Fonte: Autores (2021)

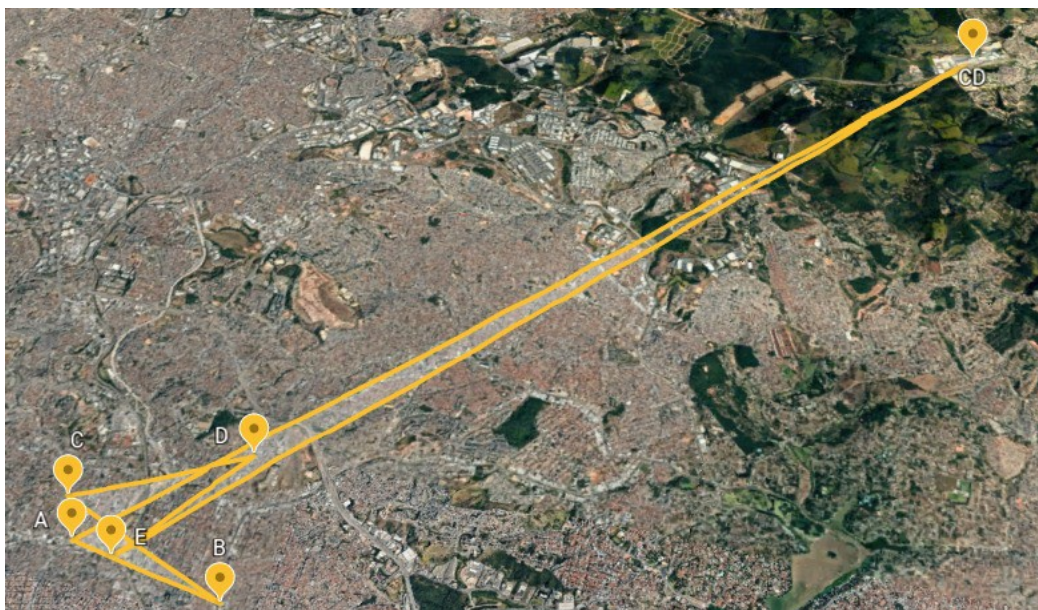
4.2. Coleta de Dados

De acordo com os dados informados, a empresa realiza em um dia, cerca de 160 entregas para clientes em todo o Estado, utilizando caminhões do tipo *truck*, com capacidade de 10 a 14 toneladas. Para efetivação deste estudo caso, foram selecionadas 10 rotas com um maior número de entregas, em um dia do mês de janeiro/2020. As informações envolvem o endereço dos clientes e a sequência das entregas realizadas.

4.3 Experimentos de Roteirização e Comparação Dos Resultados

Com base no endereço das entregas foram coletadas a latitude e Longitude de todos os pontos. Posteriormente, aplicamos os dados no Algoritmo NN* proposto por Souza et al (2017), e assim foram geradas as rotas NN*, calculadas pelo algoritmo utilizando como premissa a distância de Haversine, conforme Tabela 1. Para compilação do algoritmo foi utilizado o software “Scilab”, e foram necessárias 200 rodadas para obtenção dos resultados aplicados na ferramenta Google Earth® para demonstrar as rotas (exemplo na Figura 5).

Figura 5 – Demonstração da rota 4 atual



Fonte: Autores (2021)

Com as rotas NN* determinadas, os dados de localização foram inseridos no Google Maps® e assim obteve-se os resultados de quilometragem e tempo por rota, conforme Tabela 2 a Tabela 5.

Tabela 1 – Pontos Atendidos por Rota

Rotas	Pontos da Rota Atual	Pontos da Rota NN*
Rota 1	CD-A-B-C-D-CD	CD-D-C-B-A-CD
Rota 2	CD-A-B-C-D-E-F-CD	CD-E-C-F-A-D-B-CD
Rota 3	CD-A-B-C-D-CD	CD-B-D-C-A-CD
Rota 4	CD-A-B-C-D-E-CD	CD-B-C-A-E-D-CD
Rota 5	CD-A-B-C-D-E-F-CD	CD-A-F-B-C-E-D-CD
Rota 6	CD-A-B-C-D-E-F-CD	CD-B-C-D-E-F-A-CD
Rota 7	CD-A-B-C-D-E-F-CD	CD-F-D-E-A-C-B-CD
Rota 8	CD-A-B-C-D-CD	CD-A-C-B-D-CD
Rota 9	CD-A-B-C-D-CD	CD-B-A-C-D-CD
Rota 10	CD-A-B-C-D-E-CD	CD-E-C-D-A-B-CD

Fonte: Autores (2021)

Tabela 2 – Quilometragem por Rota

Rotas	Rota Atual (Km)	Rota NN* (Km)	Ganho
Rota 1	581,1	580,8	0,05%
Rota 2	139,2	105,2	24,43%
Rota 3	72,3	63,8	11,76%
Rota 4	57,9	53	8,46%
Rota 5	161,7	176	-8,84%
Rota 6	130,9	135,6	-3,59%
Rota 7	44,8	56,1	-25,22%
Rota 8	484,55	484,95	-0,08%
Rota 9	1093,2	1090,1	0,28%
Rota 10	109,4	107	2,19%

Fonte: Autores (2021)

A Tabela 2 mostra os dados de quilometragem das rotas, na segunda coluna é possível visualizar a quilometragem (Km) das rotas atuais. Já na terceira coluna, tem-se a quilometragem (Km) das rotas propostas pelo Algoritmo NN*, e na quarta coluna o valor em percentual do ganho, comparando ambas as rotas. Sendo assim, considerando as 10 rotas, obteve-se uma otimização de 9,43% na quilometragem percorrida.

Tabela 3 – Tempo Mínimo por Rota

Rotas	Rota Atual (Min)	Rota NN* (Min)	Ganho
Rota 1	456	475	-4,17%
Rota 2	173	140	19,08%
Rota 3	85	81	4,71%
Rota 4	84	72	14,29%
Rota 5	198	191	3,54%
Rota 6	174	168	3,45%
Rota 7	78	85	-8,97%
Rota 8	337	340	-0,89%
Rota 9	787	792	-0,64%
Rota 10	95	93	2,11%

Fonte: Autores (2021)

Tabela 4 – Tempo Máximo por Rota

Rotas	Rota Atual (Min)	Rota NN* (Min)	Ganho
Rota 1	705	713	-1,13%
Rota 2	355	277	21,97%
Rota 3	150	157	-4,67%
Rota 4	157	132	15,92%
Rota 5	316	306	3,16%
Rota 6	305	302	0,98%
Rota 7	142	161	-13,38%
Rota 8	517	518	-0,19%
Rota 9	1076	1078	-0,19%
Rota 10	161	150	6,83%

Fonte: Autores (2021)

Na Tabela 3, o tempo mínimo (Min) para percorrer as rotas atuais e rotas NN* é descrito. A quarta coluna tem-se o valor em percentual do ganho em tempo, comparando ambas as rotas. A partir desses dados é possível observar o tempo das rotas propostas pelo Algoritmo NN*, foram 32,49% abaixo das rotas atuais.

Na Tabela 4 os resultados do tempo máximo (Min) para percorrer as rotas atuais e rotas NN* são retratados. Na quarta coluna tem-se o valor em percentual do ganho em tempo, comparando ambas as rotas. Desta forma pode-se observar que o tempo máximo das rotas NN* foram reduzidos em 29,31%, comparados as rotas atuais da empresa.

Tabela 5 – Média dos Tempos por Rota

Rotas	Rota Atual (Min)	Rota NN* (Min)	Ganho
Rota 1	580,5	594	-2,33%
Rota 2	264	208,5	21,02%
Rota 3	117,5	119	-1,28%
Rota 4	120,5	102	15,35%
Rota 5	257	248,5	3,31%
Rota 6	239,5	235	1,88%
Rota 7	110	123	-11,82%
Rota 8	427	429	-0,47%
Rota 9	931,5	935	-0,38%
Rota 10	128	121,5	5,08%

Fonte: Autores (2021)

Por fim, a Tabela 5, mostra a média dos tempos (Mínimo e Máximo) das rotas, em que as rotas NN* foram 30,38% mais eficientes que as rotas atuais.

Com isso, a presente análise de dados valida o objetivo geral do estudo, ou seja, a otimização de rotas através do método heurístico além de logisticamente eficaz, é capaz de reduzir os custos envolvidos na roteirização do transporte.

4.4. Projeção Financeira

Segundo levantamento da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) realizado em 2020, o valor médio do Diesel S-10 é de R\$ 3,437.

Para realização da rota atual o motorista segue da origem CD para os clientes retornando ao final para o CD. Considerando o conjunto de 10 rotas, são percorridos aproximadamente 2875 quilômetros diários. O caminhão truck utilizado pela empresa percorre o equivalente a 2,5 quilômetros por litro de diesel. Realizando uma projeção para mês de janeiro de 2020, considerando 22 dias úteis, o custo para atender as entregas é de R\$ 86.951,10.

Realizando a projeção para o conjunto de 10 rotas obtidas com o uso do algoritmo NN*, onde são percorridos aproximadamente 2852 quilômetros diários, o custo para atender as entregas seria de R\$ 86.260,45.

5. Conclusão

Por meio do desenvolvimento do presente estudo de caso, obteve-se resultados onde é possível avaliar e identificar a rota atual da empresa, bem como os tempos atuais para percorrê-la. A minimização dos custos foi obtida através da redução da quilometragem e do tempo gasto para realizar as entregas por meio do uso do algoritmo NN*. Além disso, é possível inferir que com o uso desse algoritmo viabiliza a substituição da licença de utilização de programas sofisticados, bem como reduzir a manutenção dos veículos e o gasto com combustível que em uma projeção anual seria aproximadamente R\$ 8.287,80, que são recursos que aumentam o custo logístico. Porém, como principal resultado temos a otimização dos tempos mínimos e máximos, que foram de 7.920 minutos e 23.760 minutos, respectivamente, realizando uma projeção anual das 10 rotas utilizadas.

Dessa forma, para uma rota ser otimizada é preciso levar em consideração o tempo e a quilometragem para percorrê-la, além dos recursos financeiros empregados para o seu desenvolvimento. A partir disso, o presente trabalho buscou aperfeiçoar a roteirização levando em consideração essas duas variáveis, obtendo-se assim, êxito em reduzir a quilometragem e o tempo do conjunto de 10 rotas por meio da aplicação do Algoritmo NN*. Logo, conclui-se que o método heurístico aplicado abrange e satisfaz esses dois requisitos, realizando uma trajetória eficiente e mais econômica.

Referências

ABIA: **Indústria de alimentos cresce 6,7% em 2019**. Disponível em: < https://www.abia.org.br/vsn/tmp_2.aspx?id=422 > Acesso em: 15 de abril de 2020

APPLEGATE, D. L., BIXBY, R. E., CHVÁTAL, V., COOK, W. J. **The traveling salesman problem: a computational study**. Princeton university press, 2011.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ Logística empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição e distribuição física**. São Paulo. Atlas, 2008.

BARRETO, Luis; AMARAL, Antonio; PEREIRA, Teresa. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1245-1252, 2017.

BOWERSOX, D.J; CLOSS, D.J.; COOPER, M.B. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística**. 2.ed. São Paulo: Campos, 2008.

COVER, T. M.; HART, P. E. Nearest Neighbor Pattern Classification. **Ieee Transactions On Information Theory**, Vol. It-1s, No. 1, 1967.

- FERREIRA, L. **Processos Logísticos**. 256 p. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.
- HARADONGAN, Fedrickson; DARMADJI, Widyoko; ARBIE, A. Study of Planning and Management of Good Transport in Rural Areas. In: **International Conference on Regional Development**. 2020. p. 88-91.
- KUMAR, Aalok; ANBANANDAM, Ramesh. Analyzing interrelationships and prioritising the factors influencing sustainable intermodal freight transport system: A grey-DANP approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119769, 2020.
- LAPORTE, G. Solving a dynamic and stochastic vehicle routing problem with a sample scenario hedging heuristic. **Transportation Science**, v. 40, n. 4, p. 421-438, 2006.
- LOPES, H.. **Logística e Distribuição Física**. Curitiba: Editora InterSaberes, 2017. ISBN 978-85-5972-457-8
- LOSQUI, H. V. F.; DE SOUZA, F. H. B.. Análise de pontos de aleatoriedade como estratégia para melhoria de ótimos locais em uma heurística construtiva. **Revista Produção Online**, v. 19, n. 3, p. 923-951, 2019.
- LUCENA, A.; PONTES, R. **Aviação comercial controlada por máquinas inteligentes**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: e-papers, 2007. 132 p. ISBN 978-85-765-0110-7.
- NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. 6 reimp. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 400 p.
- RESENDE, P. **Economia: Gastos com logística consomem faturamento**. 2018. Disponível em: < <https://veja.abril.com.br/economia/gastos-com-logistica-consomem-1237-do-faturamento-das-empresas/> > Acesso em: 12 de abril de 2020
- SERRA, Allan Carlo Viégas; LEONEL, Antônio Carlos Bezerra. Perspectivas Da Política Econômica Brasileira Em Tempos De Pandemia Do Covid-19. **Boletim Economia Empírica**, v. 1, n. 4, 2020.
- SOLOMON, M. Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problem with time Window Constraints. **Operations Research**, 35, 254-265, 1987.
- SOUZA, F. H. B.; LISBOA, A. C.; MAIA, C. A.; SALDANHA, R. R. Randomization Control in Heuristics and Metaheuristics Applied to the Optimal Path Search in Open Pit Mines. **Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. Santa Catarina, 2017.
- SOUZA, F. H. B.; MARCOS, N.C.F.; SOUZA, P.H.G.; MELLIM, R.D.; ROCHA, V.A.R. Análise e Aplicação de Heurísticas para Definição de Rotas com Solução Otimizada Aplicado em uma Indústria do Ramo Alimentício. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, 2019.
- TRAVELING SALESMAN PROBLEM. **15112 Cities in Germany**. 2001. Disponível em: < <http://www.math.uwaterloo.ca/tsp/history/pictorial/d15112.html> > Acesso em: 23 abril de 2020.
- VENTURA, M. M. **O estudo de caso como modalidade de pesquisa**. Rev SOCERJ. 2007.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 271 p. Poro Alegre: Bookmam Editora LTDA, 2015.