

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DA VARREDURA PARA
APLICAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UMA APLICAÇÃO NO
LABLOG
ÁREA TEMÁTICA 13 – CASOS DE ENSINO**

Resumo: Neste estudo, são apresentados os resultados do uso do jogo sério LabLog como ferramenta de ensino em logística, com foco na roteirização de veículos elétricos. O LabLog é um jogo educativo que inclui cartas, peças e um tabuleiro, permitindo a criação de cenários detalhados que simulam a distribuição de produtos para diversos clientes, possibilitando a aplicação de várias técnicas de gestão logística. O caso de ensino desenvolvido neste artigo envolve 10 clientes, 1 produto e 1 fornecedor, destacando o uso de veículos elétricos para o transporte de carga e a roteirização de produtos logísticos entre cidades. O jogo desafia os participantes a planejar e executar um sistema logístico para a distribuição de produtos. Os resultados demonstram a aplicação do método de roteirização de varredura na escolha das rotas, além de outro método que considera fatores adicionais no transporte.

Palavras-chave: Logística Empresarial, Jogos Sérios de Tabuleiro, Roteirização de Veículos Elétricos, Lablog.

Abstract: In this study, the results of using the serious game LabLog as a teaching tool in logistics are presented, with a focus on the routing of electric vehicles. LabLog is an educational game that includes cards, pieces and a board, allowing the creation of detailed scenarios that simulate the distribution of products to different customers, enabling the application of various logistics management techniques. The teaching case developed in this article involves 10 customers, 1 product and 1 supplier, highlighting the use of electric vehicles for freight transport and the routing of logistics products between cities. The game challenges participants to plan and execute a logistics system for distributing products. The results demonstrate the application of the sweep routing method in choosing routes, as well as another method that considers additional factors in transportation.

Keywords: Business Logistics, Serious Board Games, Electric Vehicle Routing, Lablog.

1. INTRODUÇÃO

O transporte de carga está diretamente ligado ao crescimento econômico de um país. Com o aumento da produção e do consumo, busca-se continuamente formas mais eficientes de fazer os produtos saírem da fábrica e chegarem aos clientes. O setor de transportes, além de gerar empregos, melhora a distribuição de renda e diminui a distância entre zonas rurais e urbanas, proporcionando melhor qualidade de vida. No entanto, com o rápido crescimento dos centros urbanos e o aumento do acesso a novos produtos e formas de compra, as empresas de transporte de carga enfrentam desafios significativos, especialmente relacionados a custos de transporte, problemas de trânsito e questões ambientais, como a emissão de poluentes (CNT, 2018).

O aumento da temperatura global, as mudanças climáticas e o aumento nas emissões de gás carbônico (CO₂) no último século levaram os países das Organizações das Nações Unidas (ONU) a assinar, em 2015, o acordo de Paris, também conhecido como 21ª Conferência das Partes (COP 21). Neste tratado os países signatários firmaram o objetivo de limitar aumento da temperatura global em 2°C acima dos níveis pré-industriais (Marcovitch, 2016, apud Castro, 2023).

O Brasil, como país signatário, se comprometeu a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 37% abaixo dos níveis de 2005, até o ano de 2025 e em 43% abaixo dos níveis de 2005, até o ano de 2030 (Marcovitch, 2016, apud Castro, 2023).

Diante desses desafios, a utilização de veículos elétricos para o transporte de cargas surge como uma solução promissora. A transição para veículos elétricos não apenas alivia os problemas ambientais associados à emissão de poluentes, mas também pode reduzir os custos operacionais a longo prazo. A adoção de métodos eficientes de roteirização, como a heurística de Clarke & Wright, aplicada no jogo sério LabLog, tem se mostrado eficaz na otimização das rotas de distribuição. Estudos recentes, como os de Ballou (2006) e Laporte (1992), têm demonstrado que a aplicação de algoritmos de otimização pode melhorar significativamente a eficiência logística, contribuindo para um sistema de transporte mais sustentável e econômico.

1.2. Logística Empresarial

Segundo o Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP, 2020), as atividades de gerenciamento da logística incluem o gerenciamento de transportes, o gerenciamento de frota, armazenamento, manuseio de materiais, atendimento de pedidos,

design de rede logística, gerenciamento de inventário, planejamento de suprimento e demanda, gerenciamento de provedores de serviços de logística de terceiros. Em vários graus, a função de logística também inclui fornecimento e compras, planejamento e programação da produção, embalagem, montagem e atendimento ao cliente. Está envolvida em todos os níveis de planejamento e execução: estratégico, operacional e tático. O gerenciamento de logística é uma função de integração, que coordena e otimiza todas as atividades de logística, além de integrar as atividades de logística a outras funções, incluindo marketing, fabricação de vendas, finanças e tecnologia da informação (CSCMP, 2020).

A logística possui três grandes atividades-chave: transportes, estoques e localização de instalações, conforme ilustrado pelo triângulo do Ballou (Ballou, 2006). O principal objetivo da logística é coordenar as atividades de maneira a atender os requisitos do cliente a um custo mínimo, não só atendendo aos custos definidos em termos monetários, mas também levando em conta os custos externos, associados principalmente às mudanças climáticas, poluição do ar, ruído, vibração e acidentes (McKinnon et al., 2010; Macrina et al., 2019).

Em alguns cenários, como nas áreas urbanas, devido ao alto volume de tráfego e à redução da velocidade do veículo, o consumo de combustível aumenta. Portanto, nestes casos, podemos adotar medidas mais eficientes, tanto nos requisitos econômicos quanto ambientais. Há espaço para investigar e explorar o Genérico VLAN (Virtual LAN) Registration Protocol no consumo de energia, no controle de emissões e na logística reversa. Para fins práticos, espera-se que esses modelos idealizados possam ajudar governos e empresas a avaliar a possível importância econômica e ambiental dos problemas de transporte no mundo real e a agir em diferentes níveis para contribuir com a logística verde, reforçando a necessidade de buscar estratégias eficientes e ecológicas para o processo de transporte (Sruthi et al., 2019).

A função transporte é, portanto, uma atividade chave da logística, sendo essencial para sua execução. O planejamento, controle e execução das atividades de transportes envolvem diversas decisões complexas, sobre as quais uma gama extensa de metodologias científicas está à disposição para o administrador usá-las. Entre as principais decisões que concernem a atividade de transporte estão:

- Seleção de modal;
- Roteirização de veículos;
- Programação de veículos;

- Regras de consolidação de embarque;
- Cálculo do frete;
- Dimensionamento da frota, entre outros.

Figura 1 - Triângulo de Ballou



Fonte: Ballou (2006, p. 45)

Um jogo sério, da tradução literal do inglês serious game, é um software ou hardware desenvolvido com o objetivo de transmitir um conteúdo educacional ou de treinamento. O termo serious refere-se ao fato de que o jogo é voltado para fins educacionais mais do que apenas entretenimento. Eles têm sido amplamente utilizados nas áreas de defesa, educação, exploração científica, serviços de saúde, gestão de emergência, negócios, turismo, planejamento urbano, engenharia, religião e política, de uma forma imersiva ou interativa que possa ser usufruída da melhor forma possível (Rocha et al., 2015).

A partir das definições de logística empresarial e explicação de veículos elétricos e suas dificuldades de roteirização, definiu-se o escopo deste plano de caso de ensino, que pretende elaborar cartas e cenários em planejamento de transportes elétricos usando um jogo sério de tabuleiro com a intenção de oferecer algo que contribua para as faculdades de administração e engenharia de produção, proporcionando aos estudantes uma experiência prática que estimule o desenvolvimento de habilidades e competências relevantes para a gestão logística.

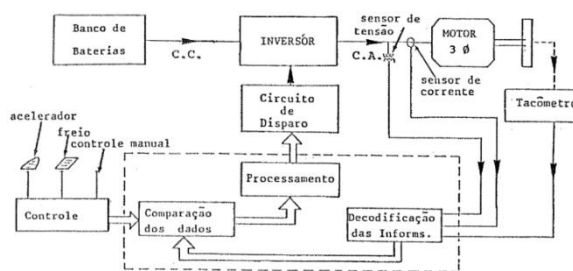
1.3. Gestão de Veículos Elétricos de Carga

Os veículos elétricos possuem uma história mais longa do que muitos acreditam, remontando ao surgimento das primeiras baterias em 1859, quando Gaston Planté demonstrou a primeira bateria de chumbo-ácido, que mais tarde foi utilizada em veículos

elétricos a partir de 1880. Simultaneamente, em 1885, Karl Benz introduziu o primeiro motor de combustão interna. Naquela época, carros elétricos, a vapor e a gasolina competiam no mercado automobilístico. No entanto, devido às limitações, especialmente relacionadas à eficiência das baterias e aos custos de produção, os veículos elétricos perderam terreno para os veículos com motor de combustão interna. Somente na década de 1960, quando estudos científicos começaram a destacar os problemas ambientais causados pela emissão de poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis, os veículos elétricos voltaram a atrair a atenção das grandes montadoras. A utilização de chumbo como aditivo na gasolina, a ausência de filtros e catalisadores para reduzir a emissão de poluentes, e o aumento dos preços do petróleo após a crise de 1973, contribuíram para a criação de legislações voltadas para a emissão zero de poluentes e para o impulso no desenvolvimento de tecnologias alternativas e sustentáveis.

Segundo Barreto (1986), um veículo elétrico CC/CA (corrente contínua da bateria e corrente alternada no motor) apresenta o seguinte diagrama de blocos.

Figura 2 - Diagrama de blocos do veículo elétrico



Fonte: Barreto (1986)

Diferentemente dos motores de combustão interna, os motores elétricos possuem uma estrutura muito mais simples, composta principalmente por dois elementos: o rotor, que é o componente central giratório conectado ao eixo de saída, e o estator, que é a parte externa que envolve o rotor e gera o campo magnético necessário para induzir seu movimento rotacional.

Os motores elétricos não apresentam uma grande quantidade de componentes para operar, o que reduz a complexidade de sua manutenção. Com uma eficiência energética notável, eles aproveitam cerca de 90% da energia elétrica para transformar em trabalho de rotação, enquanto os motores a combustão conseguem transformar apenas 30% da energia em trabalho efetivo.

Além disso, devido à sua simplicidade e menor número de componentes, a manutenção dos motores elétricos é mais fácil e menos frequente. Eles são mais

silenciosos, pois não operam com queima de combustível nem têm deslocamentos intensos em seu interior, resultando em zero emissão de gases tóxicos.

1.4. Frota de Veículos Elétricos no Brasil

De acordo com um artigo do Centro Brasileiro de Infraestrutura (CBIE, 2018), o Brasil encerrou 2018 com 10.590 veículos elétricos e híbridos, representando apenas 0,05% da frota total do país. Esses veículos ainda são acessíveis apenas para as classes com alto poder aquisitivo, já que os modelos, mesmo não considerados premium globalmente, chegam ao país com preços elevados devido aos altos custos de fabricação, logística e importação. Recentemente, uma política de subsídios para a importação de veículos elétricos foi implementada, proporcionando isenção total do imposto de importação para modelos totalmente elétricos com autonomia mínima de 80 quilômetros, além de uma alíquota reduzida de 0% a 7% para os modelos híbridos, conforme seu porte e eficiência. No Brasil, houve um aumento nas vendas de modelos híbridos e elétricos em 2017, com 2.097 unidades vendidas até agosto, quase o dobro das 1.091 unidades registradas durante todo o ano de 2016, conforme relatado pela Anfavea.

O modelo de maior volume, o Toyota Prius, é comercializado por R\$ 126.600 e é importado do Japão. No entanto, esses veículos ainda representam uma parcela muito pequena da frota total, com apenas 5,5 mil unidades, o que corresponde a apenas 0,005% dos 92 milhões de veículos em circulação no país, de acordo com o Denatran (Franceschini).

1.5. Método da Varredura

Conforme Marques (2023), o método da varredura é um procedimento visual que dispensa cálculos matemáticos complexos, baseado no princípio de que uma boa rota não deve conter caminhos que se cruzam. Novaes (2007) descreve essa abordagem como a menos complicada, embora também menos precisa, sendo ideal para simplificar o atendimento ao agrupar os locais de parada em segmentos, criando itinerários específicos para cada um até que todos os locais sejam abrangidos. Embora sua simplicidade o torne inferior a métodos mais sofisticados, como o problema do caixeiro viajante, o método da varredura é valioso no ensino introdutório, proporcionando uma compreensão clara do conceito de roteirização. Nesse método, uma linha imaginária é traçada a partir do centro de distribuição (CD) em direção ao norte, girando-a no sentido horário para determinar as

angulações das cidades e montar a rota, garantindo que nenhuma cidade seja repetida e que não haja cruzamento de caminhos.

1.6. Jogo Sériio Lablog

De acordo com Silva (2023), os Serious Games (SG) são projetados para educar, treinar e influenciar comportamentos, oferecendo vantagens como a capacidade de ser replicado em diversos momentos, a imersão dos estudantes em situações incomuns, feedbacks específicos sobre a atuação dos alunos, custos reduzidos em comparação com outros simuladores e a combinação de entretenimento com prática de raciocínio analítico e tomada de decisão em um ambiente seguro e controlado. No entanto, Oliveira et al. (2021) apontam algumas limitações dos SG, como o desconhecimento do método que pode gerar desinteresse, o número limitado de casos apresentados aos alunos, a falta de monitoramento a longo prazo e as restrições do design que limitam a experiência real em termos de toque e visão. Apesar dessas limitações, os SG são considerados úteis no ensino quando combinados com outras estratégias tradicionais de sala de aula, sendo essencial promover a difusão dessa técnica para preparar melhor os estudantes para o ambiente real.

Com base nas vantagens dos Serious Games, surgiu o Jogo da Logística, uma tentativa de gamificar operações logísticas através de elementos lúdicos como cartas, dados, peças e um tabuleiro. Desenvolvido por Georges (2009) e Georges (2010), o Jogo da Logística é ambientado no estado de São Paulo e coloca o estudante na posição de gerente de logística, onde ele deve tomar decisões sobre a localização de armazéns, definição de rotas de entrega, dimensionamento da frota, níveis de estoque e projeto de armazéns. O LabLog, uma versão aprimorada e comercial do Jogo da Logística, não é um jogo propriamente dito, mas proporciona uma dinâmica de jogo através de elementos como tabuleiro, cartas, dados e peças, permitindo a criação de diversos cenários úteis para o processo de ensino-aprendizagem.

Figura 3 - Mapa Lablog

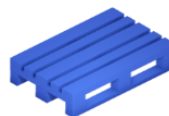


Fonte: Mapa do jogo sério LabLog, 2019.

Também fornecido pelo LabLog, foram utilizados as cartas de produto para dimensionamento da carga e dos veículos de carga modelos toco e truck para criação de suas versões elétricas, mostrados nas imagens 4.

Figura 4 - Carta produto logístico

SKU
#1



SKU	1
EMBALAGEM	Paleta
LARGURA	1,00m
COMPRIMENTO	1,20m
ALTURA	1,80m
PESO	0,5ton

Fonte: Mapa do jogo sério LabLog, 2019.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta pesquisa possui um caráter aplicado, englobando tanto abordagens qualitativas quanto quantitativas, com propósitos exploratórios e propositivos. Ela é conduzida por meio de um levantamento bibliográfico e incorpora a metodologia da pesquisa-ação. A natureza aplicada se manifesta na investigação de questões na área de transporte e sua aplicação em um jogo sério de tabuleiro. Serão considerados elementos qualitativos, como o conteúdo, a estratégia de jogo, os componentes e o público-alvo, bem como elementos quantitativos, incluindo métodos de resolução de problemas na logística empresarial e métricas do jogo, como o número de participantes e o tempo de duração.

Os objetivos exploratórios e propositivos são justificados pela intenção de compreender diversas técnicas de resolução de problemas em transporte e aplicá-las no contexto do LabLog. Esta abordagem visa não apenas entender os métodos existentes, mas também propor novas formas de utilizá-los para melhorar a eficiência e a eficácia das operações logísticas, integrando conceitos teóricos e práticos em um ambiente de aprendizagem interativo e envolvente.

2.1 Resultados Obtidos

Nesta pesquisa, foi empregada uma variedade de técnicas de coleta e análise de dados. Primeiramente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica abrangente em artigos, livros, teses e dissertações relacionadas à logística e transportes. As bases de dados utilizadas incluíram Scopus, Web of Science, Scielo e Spell, além dos recursos disponíveis na biblioteca da PUC-Campinas. As palavras-chave "logística", "roteirização" e "veículos elétricos" foram utilizadas para filtrar, selecionar e estudar os resultados, com o objetivo de obter uma compreensão abrangente do estado da arte nessas áreas.

Após a conclusão da pesquisa bibliográfica, o foco da investigação foi direcionado ao conhecimento do LabLog e de seus componentes. Utilizando os recursos disponíveis no LabLog, foram elaborados casos de ensino baseados nas aplicações e exercícios selecionados durante o levantamento bibliográfico.

2.2. Desvio Padrão da Capacidade

Para o cálculo da capacidade de carga dos caminhões, foi realizada uma análise estatística considerando o peso da carga em relação à capacidade de transporte dos caminhões. A carga considerada foi o produto 1, pesando 0,5 toneladas por unidade. A demanda de cada cidade variou entre 10 e 60 unidades, com uma média de 35 unidades.

O desvio padrão foi calculado utilizando a raiz quadrada do total de cidades multiplicado pelo desvio padrão de um dado de 6 lados elevado ao quadrado, resultando em um desvio padrão de 5,38.

Para o caminhão toco, com uma capacidade útil de 8 toneladas, é possível atender a uma demanda de 16 unidades. Isso resulta em uma distribuição normal de 0,02%. Já o caminhão truck, com uma capacidade útil de 25 toneladas, pode atender a uma demanda de 50 unidades, resultando em uma distribuição normal de 99,74%.

2.3. Cartas dos Veículos Elétricos

A partir das pesquisas empíricas realizadas, foi definido as cartas dos caminhões elétricos modelos toco e truck utilizados para o caso de ensino, com alterações que aumentavam suas autonomias para melhor aplicação.

Figura 5 - Carta veículo elétrico modelo toco



Fonte: LabLog.

Figura 6 - Carta veículo elétrico modelo truck



Fonte: LabLog.

2.4. Fórmula para Cálculo

Para a aplicação do método da varredura, foi criada uma tabela no Excel que captura as coordenadas cartesianas das cidades clientes e do Centro de Distribuição (CD). A rota é traçada a partir da cidade com o menor ângulo até a cidade com o maior ângulo em relação ao CD, evitando repetições ou cruzamentos. Inicialmente, são obtidas as distâncias no eixo x (DX) e no eixo y (DY) e subtraídas das coordenadas do CD, assim calculando o ângulo horário com a fórmula “=GRAUS(ATAN(DX/DY))”. Como o resultado pode apresentar ângulos negativos, é criada uma coluna adicional para correção do ângulo usando o comando “=SE(DX>0;90-DY;270-DY)”, garantindo a angulação correta para ordenar a sequência do menor para o maior ângulo.

Para a aplicação do caso de ensino direcionado à autonomia dos veículos com e sem a aplicação da carga, foram criadas duas equações. A primeira equação utiliza apenas as distâncias entre as cidades e o CD (Equação 1). A segunda equação leva em consideração as distâncias percorridas entre as cidades, suas distâncias do CD e a interferência da carga na autonomia dos veículos (Equação 2).

$$AsC = DPA + DCD \quad (1)$$

Onde:

- AsC: Autonomia sem Carga;
- DPA: Distância Percorrida Acumulada;
- DCD: Distância Centro de Distribuição.

$$AcC = AV \times \left[1 - \left(\frac{PCA}{PBT} \right) \right] - (DPA + DCD) \quad (2)$$

Onde:

- AcC: Autonomia com Carga;
- AV: Autonomia Veículo;
- PCA: Peso da Carga Acumulado;
- PBT: Peso Bruto Total;

Para aplicação da equação (1) é necessário a somatória das distâncias percorridas anteriormente e a distância da cidade na ordem n com o CD, quando a autonomia for menor que 0 reseta-se o processo, fazendo com que volte ao CD para reabastecer para recomeçar o processo. O mesmo vale para a aplicação da equação (2) mas agora considerando o fator do peso da carga na autonomia final.

3. MÉTODO

Este estudo possui um caráter aplicado e utiliza uma abordagem que combina métodos qualitativos e quantitativos, com objetivos tanto exploratórios quanto propositivos. A pesquisa é realizada por meio de uma revisão bibliográfica e adota a metodologia da pesquisa-ação. O caráter aplicado se reflete na investigação de questões relacionadas ao transporte e sua aplicação em um jogo de tabuleiro sério. A pesquisa considera elementos qualitativos, como o conteúdo, a estratégia do jogo, os componentes e o público-alvo, e elementos quantitativos, incluindo métodos de resolução de problemas na logística empresarial e métricas do jogo, como o número de participantes e o tempo de duração. O objetivo exploratório e propositivo é fundamentado na intenção de compreender várias técnicas de resolução de problemas em transporte e aplicá-las no contexto do LabLog.

4. RESULTADOS

Este caso de ensino é aplicado em conjunto com as fases de dificuldade do LabLog. Primeiramente, realiza-se o sorteio das 10 cidades e de um galpão de estoque, juntamente com duas coordenadas em X e Y para a definição do Centro de Distribuição (CD). Utilizando a média ponderada, a cidade de Rubi foi definida como o CD.

Figura 7 - Cidades, fornecedores e média ponderada

	Cidades	X	Y	Volume	Frete
1	Rubelita	30	19	182	1
2	Citrino	19	39	182	1
3	Jade	27	30	182	1
4	Ametista	22	10	182	1
5	Granalia	8	34	182	1
6	Turnalina	12	24,5	182	1
7	Agata	8	17	182	1
8	Moldavita	7,5	24,5	182	1
9	Cianita	32	23	182	1
10	Turquesa	27	8,5	182	1
0	Rubi	18	24,5	1820	0,7

Coordenadas	X	Y
Valores	19	23,5882
CD	Rubi	

4.1. Roteirização com Autonomia e Carga Ilimitada

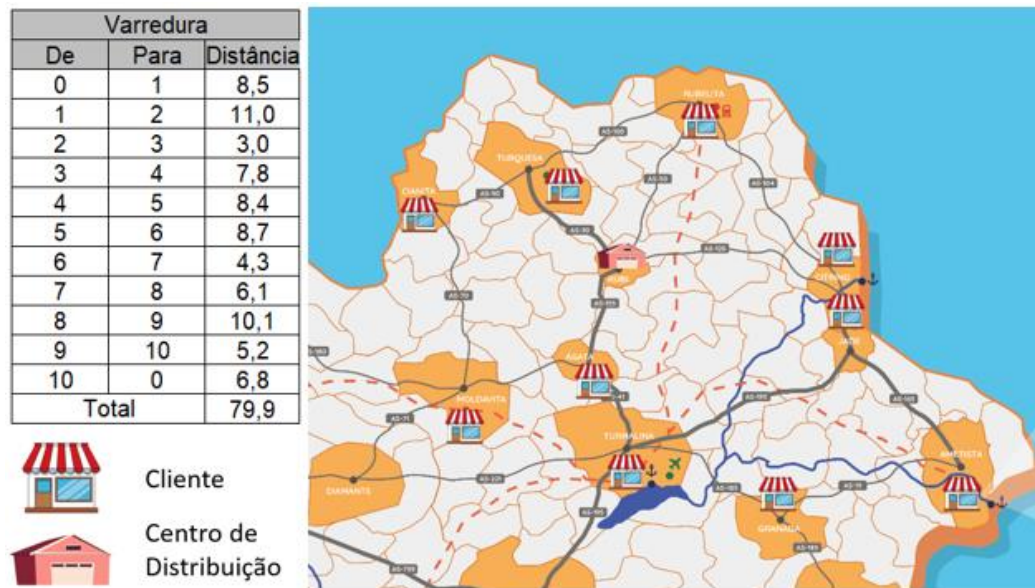
Depois de definido as cidades e suas demandas, é aplicado o método varredura.

Figura 8 - Método varredura com angulação

Ordem	Distâncias Rodoviárias		Distâncias (km)	X	Y			Graus Hora	Graus Ajuste
0	Rubi	Rubelita	304	31	14	DX	DY		
1	Rubelita	Citrino	180	35	6,5	4	-7,5	-61,93	151,93
2	Citrino	Jade	106	42	15	11	1	5,19	84,81
3	Jade	Ametista	62	42	18	11	4	19,98	70,02
4	Ametista	Granalia	178	47	24	16	10	32,01	57,99
5	Granalia	Turnalina	74	39	26,5	8	12,5	57,38	32,62
6	Turnalina	Agata	156	32	23	1	9	83,66	6,34
7	Agata	Moldavita	192	29,5	19	-1,5	5	-73,30	343,30
8	Moldavita	Cianita	72	23,5	20	-7,5	6	-38,66	308,66
9	Cianita	Turquesa	160	22	10	-9	-4	23,96	246,04
10	Turquesa	Rubi	236	27	8,5	-4	-5,5	53,97	216,03
			Média	33,636	16,773				

Para este caso de ensino, os níveis de dificuldade foram divididos de forma progressiva. No nível mais simples, a autonomia e a carga dos veículos são desprezíveis. Em seguida, considera-se apenas a autonomia, levando em conta as distâncias percorridas entre as cidades e a distância de cada cidade ao Centro de Distribuição (CD). Por fim, no nível mais avançado, a carga aplicada na autonomia é considerada junto com os fatores da fase anterior.

Figura 9 - Método varredura e mapa cartesiano com distâncias cartesianas



4.2. Roteirização com Autonomia Variável e Carga Ilimitada

Após a aplicação dos métodos de varredura para definição da melhor rota foram utilizados os dados do veículo truck, aplicamos a equação (1).

Figura 10 - Autonomia constante

Série	Sequência	Carga	Distância do CD	Distância próxima cidade	autonomia
1	0	0	0	0	650
2	1	2	124	124	402
3	2	3	166	174	186
4	3	1,5	208	42	102
5	4	3	318	110	-118
-	-	-	-	-	-
1	4	3	318	110	222
2	5	1,5	278	122	140
3	6	3	138	140	140
4	7	2,5	76	62	140
5	8	2,5	168	92	-44
-	-	-	-	-	-
1	8	2,5	168	92	390
2	9	1	176	156	226
3	10	2	102	74	226

O resultado apresentado na tabela mostra que quanto maior a distância de uma cidade a outra acumulado mais a distância do CD, mais paradas deverão ser realizadas, a qual foi realizada 2, obrigando a volta ao CD para começar novamente o trajeto.

4.3. Roteirização com Autonomia Variável e carga Dependente

Agora aplicamos a equação (2).

Figura 11 - Autonomia com função da carga

Série	Sequência	Carga	Distância do CD	Distância próxima cidade	Autonomia
1	0	0	0	0	650
2	1	2	0	124	474
3	2	3	166	174	108
4	3	1,5	208	42	63
5	4	3	318	110	-196
-	-	-	-	-	-
1	4	3	318	110	144
2	5	1,5	278	122	101
3	6	3	138	140	62
4	7	2,5	76	62	75
5	8	2,5	168	92	-109
-	-	-	-	-	-
1	8	2,5	168	92	325
2	9	1	176	156	200
3	10	2	102	74	174

Neste caso, em que a carga é aplicada na equação de transporte, pode-se reparar na queda mais efetiva da autonomia. No entanto, o número de voltas para o CD permanecerá o mesmo da que possui carga constante.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como mencionado anteriormente, este estudo de caso visa explorar a aplicação de veículos elétricos em novas abordagens de roteirização, levando em consideração suas autonomies e cargas.

Um ponto importante é que este caso foi elaborado assumindo que o cliente sempre receberá o pedido, pois a carga transportada impacta diretamente na autonomia do veículo. Caso o cliente não receba o pedido, o veículo pode não ter energia suficiente para retornar ao Centro de Distribuição (CD), exigindo a reestruturação do esquema de roteirização.

Dos dois modelos de caminhões apresentados, o modelo toco, desenvolvido para entregas em distâncias menores, não pôde ser aplicado. Isso ocorre porque o LabLog não contempla casos de distâncias e pontos de entrega dentro das cidades, focando apenas em entregas entre cidades e em distâncias maiores.

REFRÊNCIAS

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.

BENEVIDES, Paula Francis et al. Aplicação e análise de heurísticas de construção de rota para o problema do caixeiro viajante. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 2012, Bauru. Anais eletrônicos [...]. Bauru: UNESP, 2012. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/276529170_APLICACAO_E_ANALISE_DE_HEURISTICAS_DE_CONSTRUCAO_DE_ROTA_PARA_O_PROBLEMA_DO_CAIXEIRO_VIAJANTE>. Acesso em: 07 maio 2023.

BREMENKAMP, Leonardo; MONTEIRO, Nathalia; REPOLHO, Hugo; CUNHA, Victor; DANTAS, Leila. Aplicação da heurística de Clarke & Wright para um problema de roteirização de veículos homogêneos em uma distribuidora. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: ABEPRO, 2016. p. 1-12.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. CSCMP: Supply Chain Definitions and Glossary of Terms. Disponível em: https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx. Acesso em: 07 maio 2023.

DAVIS, M. M. et al. Pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2009.

GAMA, M. B. Roteirização de Veículos: Implementação e Melhoria do Método de Clarke & Wright. 2011. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Vale do Rio São Francisco, Juazeiro, 2011.

LAPORTE, G. The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms. European Journal of Operational Research, v. 59, n. 3, p. 345-358. 1992.

LAPORTE, G. et al. Classical and Modern Heuristics for the Vehicle Routing Problem. International Transactions In Operational Research, v. 7, p. 285-300, jan. 2000.

MARQUES, Clara Miranda; GEORGES, Marcos Ricardo Rosa. Roteamento de veículos e dimensionamento de frota usando o LabLog. Journal of Exact Sciences – JES, v. 41, n. 2, p. 09-19, abr./jun. 2024. Disponível em: <http://www.mastereditora.com.br/jes>. Acesso em: 17 jun. 2024.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da produção. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

MIRANDA, Clara; ROSA, Marcos Ricardo; GEORGES, Maria Rachel. LabLog: Um laboratório de simulação física em logística. Journal of Applied Logistics, v. 2, n. 1, p. 1-15, 2024. Disponível em: <http://www.mastereditora.com.br/jal>. Acesso em: 17 jun. 2024.

PIMENTA, Daniel José. Algoritmo de Otimização para o Problema de Roteamento de Veículos no Transporte Conjunto de Cargas e de Passageiros. 2001. Disponível em: <http://alvarestech.com/temp/vrptw/VAS2001_1.pdf>. Acesso em: 19 de junho de 2023.

PORTO, Marco. O Problema do Caixeiro Viajante. Disponível em:
<<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/caixeiro.html>>. Acesso em: 07 maio 2023.

ROSA, Hobed; MAYERLE, Sérgio Fernando; GONÇALVES, Mirian Buss. Controle de estoque por revisão contínua e revisão periódica: uma análise comparativa utilizando simulação. Revista Gestão & Produção, v. 15, n. 2, p. 321-331, 2008.

SILVA, Vinicius da. Logística e Transporte na Indústria Brasileira de Laticínios: Estudo de Casos. 2003. Disponível em:
<https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0112_1100.pdf>. Acesso em: 19 de junho de 2023.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. Administração da produção. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

CASTRO, Laira Augusta Freitas. 2023. Disponível em:
[<https://bibliotecatede.uninove.br/bitstream/tede/2077/2/Laira%20Augusta%20Freitas%20Castro.pdf>]. Acesso em: 9 ago. 2024.