

ROTEIRIZAÇÃO DE TRANSPORTE ESCOLAR: UM ESTUDO DE CASO INTERESTADUAL ENTRE CEARÁ E RIO GRANDE DO NORTE

Luana Priscila Soares Benício¹, Miriam Karla Rocha²

Resumo: O planejamento de rotas do transporte escolar é importante para amenizar as possíveis dificuldades enfrentadas pelos alunos no trajeto até a sua instituição de ensino, como por exemplo, o tempo no qual o estudante permanece dentro do transporte escolar, ou as grandes distâncias percorridas por cada automóvel. Neste contexto, o objetivo deste estudo é a otimização da roteirização do transporte escolar destinado ao deslocamento dos alunos universitários entre as cidades de Jaguaruana-CE e Mossoró/RN, levando em consideração a demanda dos alunos, capacidade dos transportes, e a distância percorrida pelo veículo, tendo como intuito a redução da distância percorrida no trajeto, e como consequência direta disso a redução do tempo no qual os acadêmicos mantêm-se dentro do transporte. Os resultados obtidos foram tidos como satisfatórios, uma vez que o objetivo foi alcançado.

Palavras-chave: roteirização; transporte escolar; otimização.

1. INTRODUÇÃO

O IBGE (2018) a partir da pesquisa de regiões de influência das cidades, constatou que o deslocamento a ser percorrido pelos estudantes que frequentam uma instituição de ensino superior em outra cidade varia de uma região para outra, no estado do Amazonas, por exemplo, a média do deslocamento dos discentes pode chegar a 409 Km, Roraima é em torno de 180 Km, a menor média é de Santa Catarina com 45 Km de distância percorrida [1].

O Problema de Roteamento de Veículo (PRV) clássico tem como objetivo minimizar os custos, seja encontrando o caminho mais curto, ou reduzindo o número de veículos em uso, dentre outras possibilidades, e isso é alcançado a partir da obtenção do conjunto de rotas, de modo que a demanda seja suprida e cada veículo percorra um determinado nó apenas uma única vez, e esse nó por sua vez recebe apenas um veículo. As rotas iniciam e finalizam no mesmo depósito (BELFIORE; YOSHIZAKI, 2013) [2].

Embora a redução dos custos seja o objetivo em grande parte dos problemas de roteamento de transportes, outros propósitos podem ser tidos como mais relevantes dependendo da natureza do problema. Em problemas de roteamento de transporte escolar, por exemplo, a variável levada em consideração é o tempo total no qual o estudante permanece dentro do veículo, nesse caso, o objetivo é minimizar o intervalo de tempo no qual o discente permanece dentro do transporte, e é possível que a rota encontrada seja mais onerosa, pois, é preferível atender o ponto de maior demanda ao final do percurso (Bodin et. al, 1983) [3, 9].

O PRV aplicado ao transporte escolar, foi abordado por Steiner et al. (2000), no qual apresentaram o problema de roteirização do transporte escolar em um estudo aplicado na cidade de Curitiba/PR, em que se utilizou de métodos da pesquisa operacional para obter uma solução otimizada do problema real apresentado pelos autores, levando em consideração as peculiaridades do problema de modo que o número de transportes utilizados, e a distância percorrida por cada um fosse minimizada. A solução encontrada pelos autores foi considerada relevante ao alcançar o objetivo apresentado, acarretando em benefícios como redução do tempo no qual os alunos permaneciam dentro do transporte, minimização dos gastos com combustível, e manutenção dos transportes em uso [4].

Silva et al. (2007) apresentam uma solução para o problema de roteamento do transporte escolar rural, no qual o objetivo era o desenvolvimento de um modelo matemático visando a redução do tempo de permanência dos estudantes dentro do transporte [5]. Outros estudos relacionados com o tema foram apresentados por [6] Prata(2009) [6], Siqueira e Souza (2012) [7], entre outros.

O objetivo deste estudo é a otimização da roteirização do transporte escolar destinado ao deslocamento dos alunos universitários entre as cidades de Jaguaruana-CE e Mossoró/RN, levando em consideração a demanda dos alunos, capacidade dos transportes, e a distância do trajeto entre o depósito e os pontos de destino, visando à redução da distância percorrida no trajeto, e como consequência direta disso a redução do tempo no qual os acadêmicos mantêm-se dentro do transporte.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção foi dividida em dois tópicos, o primeiro descreve o que é o problema de roteirização de transportes e no segundo é discutida a aplicação desse problema ao transporte escolar.

2.1. PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE TRANSPORTE

Problemas de roteirização de transportes assumem uma importante função para o gerenciamento da distribuição e logística, no qual consiste em planejar rotas de transporte, saindo de um conjunto de fornecedores, depósitos, para um conjunto de consumidores, levando em consideração o custo mínimo para a realização deste procedimento (ARENALES et al., 2015, p. 260) [8]. Concordando com essa afirmação, Bodin et. Al (1983) afirmam que o problema clássico de roteirização de transportes consiste em obter as rotas viáveis de cada veículo da frota, considerando o menor custo possível para a execução desse procedimento, restrições de tempo não são consideradas nesse tipo de problema [3, 9].

Para Cunha (1997, apud, Cunha 2000) os problemas de roteamento de transportes são classificados como NP-Hard, isso significa que quanto maior a quantidade de variáveis maior a dificuldade do problema, aumentando a complexidade de forma exponencial. Para encontrar a solução desses problemas pode-se utilizar de métodos heurísticos, que encontram soluções adequadas, mas não garantem a otimalidade [10].

2.2. PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE TRANSPORTE APLICADO AO TRANSPORTE ESCOLAR

O planejamento de rotas do transporte escolar é importante para amenizar as possíveis dificuldades enfrentadas pelos alunos no trajeto até a sua instituição de ensino, como por exemplo, o tempo no qual o estudante permanece dentro do transporte escolar, ou as grandes distâncias percorridas por cada automóvel. Neste contexto, o problema de roteirização de veículo poderia ser uma alternativa para otimizar as rotas do transporte escolar, além disso a modelagem matemática além de otimizar rotas possibilita também a otimização dos recursos disponíveis nos municípios para o transporte escolar.

Para Siqueira e Souza (2012), o problema do transporte escolar é dividido em uma série de outros problemas, no qual consideram parâmetros que variam da localização dos pontos de destinos até ao tempo da viagem. Os autores explicam que nesse problema os transportes destinados ao deslocamento dos discentes os buscam nos pontos de demanda e os deixam em sua instituição de ensino [7, 11].

3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Com o aumento de discentes oriundos de Jaguaruana-CE que estudam em uma instituição de ensino superior na cidade de Mossoró-RN, passou a ser disponibilizado pela prefeitura da cidade cearense um ônibus para fazer a rota para as cidades. O trajeto é feito duas vezes na semana, na segunda feira pela manhã para deixar os estudantes residentes em Mossoró e o outro na Sexta-feira à noite para buscar os estudantes para passar o final de semana na cidade de origem. Os discentes são transportados para as respectivas universidades no qual estudam, sendo elas, UnP, Ufersa, UERN e FACENE. A demanda atual é de 52 (cinquenta e dois) alunos, porém, a cada semestre que sucede esse número vai aumentando com a entrada de novos acadêmicos. Os parâmetros a serem considerados nesse problema são a demanda de cada universidade, capacidade dos veículos disponíveis, distância a ser percorrida entre a garagem e a universidade e de uma universidade para a outra. Os 52 (cinquenta e dois) estudantes são divididos entre as 4 instituições de ensino superior da seguinte maneira: UFERSA 35 (trinta e cinco), UNP 9 (nove), FACENE e UERN com 4 (quatro) estudantes cada uma.

Para Rocha (2012), às restrições essenciais são definidas como aquelas que necessariamente precisam ser satisfeitas para que a solução seja considerada viável, caso contrário tornaria a solução inviável, em oposição a isso, as restrições não essenciais são aquelas que não necessariamente precisam ser satisfeitas, mas, quando isso ocorre, a solução é aperfeiçoada [12]. Uma restrição essencial desse problema é:

- A demanda de alunos de cada universidade deve ser suprida, porém, sem ultrapassar a capacidade de assentos do veículo.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Para embasamento teórico foram realizadas pesquisas bibliográficas acerca do tema apresentado, e para a fase inicial de definição do problema foi realizado buscas de informações sobre o problema real com o intuito de conhecê-lo e delimitar as variáveis, para conhecer as possíveis rotas e a distância entre a garagem e as universidades se utilizou da ferramenta Google Maps, para a demanda de alunos destinados a cada universidade foi aplicado aos discentes um questionário contendo três perguntas,

1. Qual o seu nome?
2. Qual instituição de ensino você estuda?

3. Você utiliza o transporte disponibilizado para locomoção entre Jaguaruana e Mossoró?

Após a definição do problema, foi implementado o modelo matemático por meio do Solver, ferramenta de otimização do Excel, a fim de obter a solução ótima do problema. Em seguida o modelo elaborado foi validado, ajustado, implementado novamente e os resultados obtidos foram comparados.

5. MODELAGEM MATEMÁTICA

No esquema apresentado na Figura 1, mostra as possibilidades de entradas e saídas dos veículos, o nó 1 se refere a garagem e nele tem-se a saída dos transportes, enquanto que o nó 6 é um ponto fictício que também representa a garagem, porém, foi criado especificamente para o retorno dos veículos. Se o veículo não for usado na rota o modelo fará ele ir de 1 para 6. Os nós 2, 3, 4 e 5 dizem respeito a UnP, FACENE, Ufersa e UERN respectivamente e cada uma delas possuem uma demanda de alunos que precisam ser atendidos, sendo UFERSA 35 (trinta e cinco), UnP 9 (nove), FACENE e UERN com 4 (quatro) estudantes cada uma. O conjunto de nós, portanto, é formado por $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. O índice “i” é o ponto de partida e “j” o ponto de chegada do veículo no trajeto em questão, onde “i” varia de 1 a 5 (nós que possuem saída) e “j” varia de 2 a 6 (nós que permitem a entrada de veículos) conforme ilustrado na figura 1.

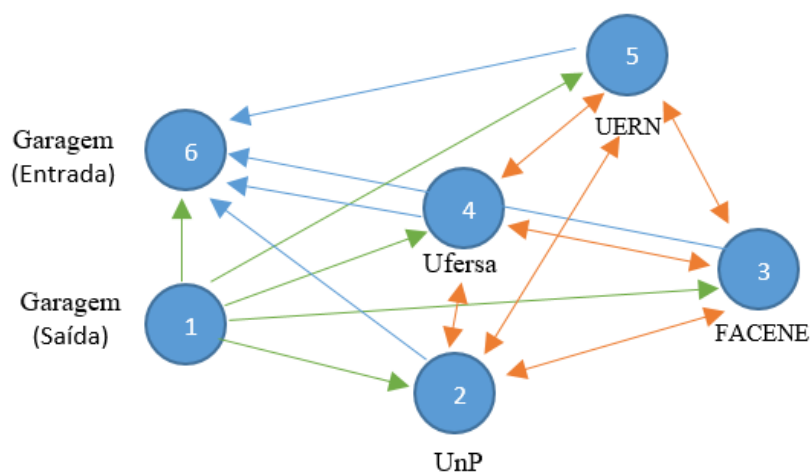


Figura 1. Esquema de possibilidades de entradas e saídas. (Autoria própria)

Os arcos esquematizados pelas setas na Figura 1 se referem à distância percorrida de um ponto ao outro e estão detalhadas na Tabela 1. Como 1 e 6 representam ambos a garagem, não existe uma distância real entre eles, nesse caso foi considerado o valor 0 (zero) para essa distância associada. Para os casos no qual os índices i e j são iguais foi atribuído o valor 500 (quinhentos), pois, é um valor de distância maior se comparado com os demais, por se tratar de um problema de minimização o modelo matemático não fará o veículo escolher esse trajeto. Vale ressaltar que foi considerada a menor distância indicada pelo Google Maps, e que pode haver alteração no valor se considerarmos todas as rotas possíveis.

Tabela 1. Distâncias entre os nós. (Autoria própria.)

$i \downarrow \quad j \rightarrow$	UnP (j=2)	FACENE (j=3)	Ufersa (j=4)	UERN (j=5)	Garagem (j=6)
Garagem (i=1)	73,8 (Km)	83,6 Km	85,1 (Km)	87,0 (Km)	0 (Km)
UnP (i=2)	500 (Km)	7,1 Km	7,4 (Km)	8,3 (Km)	74,0 (Km)
FACENE (i=3)	8,2 (Km)	500 Km	2,5 (Km)	4,0 (Km)	82,0 (Km)
Ufersa (i=4)	7,8 (Km)	2,0 Km	500 (Km)	2,0 (Km)	83,0 (Km)
UERN (i=5)	8,6 (Km)	3,6 (Km)	2,0 (Km)	500 (Km)	87,0 (Km)

Ao total, de acordo com o site oficial da prefeitura de Jaguaruana-CE, a cidade possui 12 ônibus escolar, com capacidade que varia de 24 a 59 assentos, porém, em razão da limitação da quantidade de variáveis possíveis na ferramenta solver, foram considerados apenas 5 deles, conforme descrito a seguir:

Veículo 1: Capacidade de 59 assentos

Veículo 2: Capacidade de 31 assentos

Veículo 3: Capacidade de 44 assentos

Veículo 4: Capacidade de 48 assentos

Veículo 5: Capacidade de 24 assentos

Importante ressaltar que, mesmo haja um transporte que tem capacidade suficiente para suprir a demanda atual dos 52 alunos, que nesse caso é o veículo 1 com capacidade para 59 assentos, foi adicionado ao modelo matemático a possibilidade de considerar outros veículos, uma vez que a demanda dos estudantes aumenta a cada semestre que se inicia.

Parâmetros de decisão:

c: Modelo do veículo variando de 1 a 5

i: Ponto (nó) inicial do arco, variando de 1 a 5 (1: Garagem, 2: UnP, 3: FACENE, 4:Ufersa, 5: UERN)

j: Ponto final do arco, variando de 2 a 6 (2: UnP, 3: FACENE, 4:Ufersa, 5: UERN, 6: Garagem)

Dist_{ij}: distância do nó i ao j

D_j: Demanda de alunos da universidade j, com j variando de 2 a 5 (2: UnP = 9, 3: FACENE, = 4, 4: Ufersa = 35, 5: UERN = 4)

Variáveis:

$X_{ijc} = \{1, \text{se o veículo } c \text{ fizer a viagem do ponto } i \text{ ao } j, \text{ ou } 0 \text{ caso contrário}\}$

Função Objetivo: A equação (1) Visa a redução da distância a ser percorrida pelos veículos.

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^{n+1} \sum_{c=1}^m \text{Dist}_{ij} \cdot X_{ijc} \quad (1)$$

Restrições:

A restrição (2) garante que todos os veículos saiam da garagem, mesmo que o veículo não seja usado na rota, ele vai sair do nó 1 para o nó fictício 6, que também representa a garagem.

$$\sum_{j=2}^{n+1} X_{1jc} = 1, \forall c \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (2)$$

A restrição (3) garante que todos os veículos retornem a garagem ao final do trajeto.

$$\sum_{i=1}^n X_{i6c} = 1, \forall c \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (3)$$

A restrição (4) assegura que cada universidade seja atendida por um único veículo

$$\sum_{i=1}^n \sum_{c=1}^m X_{ijc} = 1, \forall j \in \{2, 3, 4, 5\} \quad (4)$$

As restrições (5) a (9) se referem a capacidade dos veículos, elas asseguram que a demanda de cada universidade seja atendida, porém, sem que a capacidade dos veículos seja ultrapassada.

$$\sum_{j=2}^{n+1} (D_j \cdot \sum_{i=1}^n X_{ij1}) \leq 59 \quad (\text{Restrição de capacidade para o veículo 1}) \quad (5)$$

$$\sum_{j=2}^{n+1} (D_j \cdot \sum_{i=1}^n X_{ij2}) \leq 31 \quad (\text{Restrição de capacidade para o veículo 2}) \quad (6)$$

$$\sum_{j=2}^{n+1} (D_j \cdot \sum_{i=1}^n X_{ij3}) \leq 44 \quad (\text{Restrição de capacidade para o veículo 3}) \quad (7)$$

$$\sum_{j=2}^{n+1} (D_j \cdot \sum_{i=1}^n X_{ij4}) \leq 48 \quad (\text{Restrição de capacidade para o veículo 4}) \quad (8)$$

$$\sum_{j=2}^{n+1} (D_j \cdot \sum_{i=1}^n X_{ij5}) \leq 24 \quad (\text{Restrição de capacidade para o veículo 5}) \quad (9)$$

As restrições (10) a (13) garantem que todo veículo que visite uma universidade, saia dela para o nó seguinte, ela garante a continuidade do fluxo da rota.

$$\sum_{i=1}^n X_{i2c} - \sum_{j=2}^{n+1} X_{2jc} = 0, \forall c \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (\text{Restrição para a universidade 2}) \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i3c} - \sum_{j=2}^{n+1} X_{3jc} = 0, \forall c \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (\text{Restrição para a universidade 3}) \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i4c} - \sum_{j=2}^{n+1} X_{4jc} = 0, \forall c \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (\text{Restrição para a universidade 4}) \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i5c} - \sum_{j=2}^{n+1} X_{5jc} = 0, \forall c \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (\text{Restrição para a universidade 5}) \quad (13)$$

A restrição (14) foi adicionada ao modelo para eliminar as sub rotas geradas, $|S|$ varia de 2 a 4 e representa o número de elementos do subconjunto S que está contido no conjunto formado pelas universidades $\{2,3,4,5\}$, de modo geral essa restrição faz com que a quantidade total de arcos (X_{ijc}) seja menor uma unidade em comparação com o número total de universidades do subconjunto S, e isso é feito para todas as possibilidades de rotas, e desta maneira evitando a formação de subrotas. Ao total, para esse problema, foram adicionadas 11 inequações por veículo.

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} X_{ijc} \leq |S| - 1, \forall c \in \{1,2,3,4,5\}, S \subset \{2,3,4,5\}, 2 \leq |S| \leq 4 \quad (14)$$

A restrição (15) garante que as variáveis X_{ijc} pertençam ao conjunto dos binário.

$$X_{ijc} \in \{0, 1\} \quad (15)$$

6. RESULTADO

Ao aplicar o modelo na ferramenta solver, inicialmente, retornou para o carro 1: $X_{321}=1$, $X_{231}=1$, X_{161} , para o carro 3: $X_{453}=1$, $X_{543}=1$, $X_{163}=1$, e todos os outros permaneceram na garagem, ou seja, foram do nó 1 para o nó 6, conforme esquematizado na Figura 2. Ao analisar o resultado apresentado nesta solução inicial se verificou que gerou subrotas fazendo com que a solução não fosse viável, para eliminá-las foi necessário acrescentar a restrição 14 ao modelo matemático.

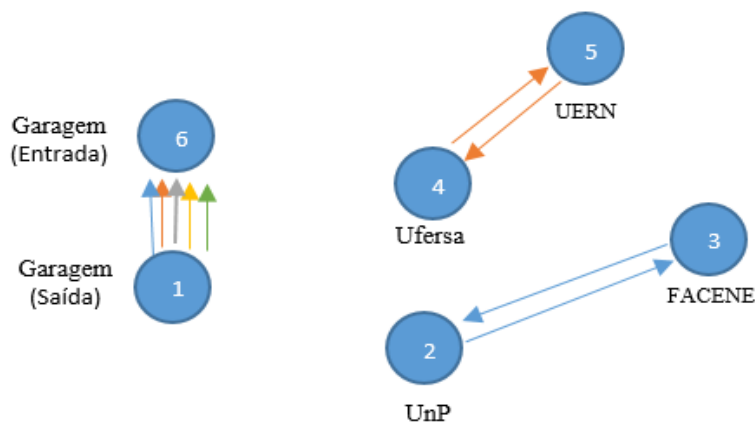


Figura 2. Esquema da solução inicial. (Autoria própria.)

Com o modelo ajustado a solução viável apontada, para o carro 1 foi: $X_{121}=1$, $X_{251}=1$, $X_{541}=1$, $X_{431}=1$, $X_{361}=1$ e os outros quatro permaneceram na garagem, conforme esquematizado na Figura 3. Como esperado, o veículo escolhido pelo modelo matemático para fazer a rota possui capacidade para transportar 59 (cinquenta e nove) passageiros e desta forma suprir a demanda dos 52 (cinquenta e dois) alunos. Como já mencionado, ainda que haja um veículo que possui assentos suficientes para suprir a demanda atual dos 52 discentes, a possibilidade de escolher mais de um foi adicionada considerando a demanda crescente, e assim, o mesmo modelo pode ser implementado novamente para encontrar uma nova solução viável caso haja a necessidade.

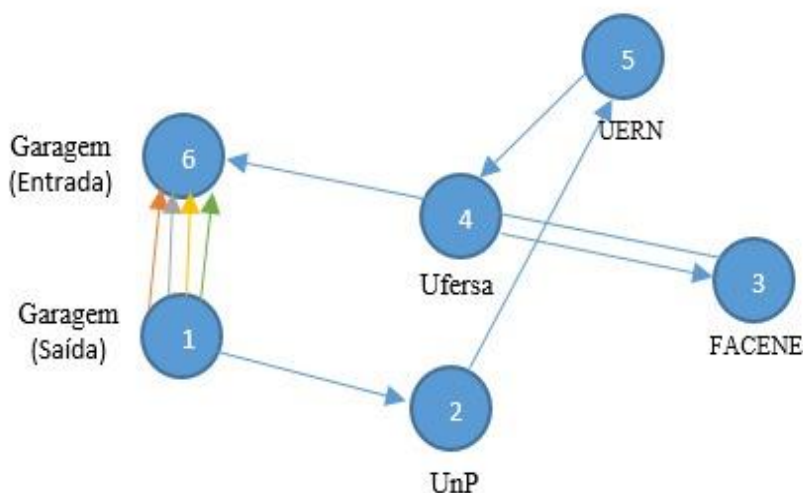


Figura 3. Esquema da rota otimizada. (Autoria própria.)

De acordo com a solução do modelo matemático, a rota mais eficiente para fazer o percurso no qual a menor distância seja percorrida é: Garagem – Unp – UERN – Ufersa – FACENE – Garagem, a distância total percorrida pelo veículo é de 168,1 Km. Atualmente, a sequência no qual as universidades são atendidas é feita de forma aleatória, de acordo com os alunos que já estão livres das aulas. Ao compararmos a quilometragem da rota indicada pelo modelo matemático com outras três rotas alternativas, apresentadas a seguir, é possível perceber que a distância total percorrida da rota indicada pelo modelo é menor se comparada com as demais, ou seja, houve redução da distância percorrida pelo veículo e como consequência direta disso o tempo no qual os estudantes permanecem dentro do veículo.

Solução otimizada:

1. Garagem – Unp – Uern – Ufersa – FACENE – Garagem: 168,1 Km

Possibilidades aleatórias:

2. Garagem – Ufersa – Uern – FACENE – UnP – Garagem: 172,9 Km
3. Garagem – Uern – FACENE – Ufersa – UnP – Garagem: 174,9 Km

Considerando um período compreendido de um semestre, com meses de 30 dias, tem-se aproximadamente 25 semanas. Se nesse intervalo de tempo forem realizadas duas viagens por semana, ou seja, 50 locomoções seguindo a ordem indicada no trajeto otimizado 1 a distância total percorrida é de 8.405 Km. Levando em consideração o mesmo período de tempo e de quantidades de viagens para as rotas aleatórias 2, 3 e 4 a distância total que é feita nesse período é de 8.645 Km, 8745 Km, 9.410 Km respectivamente.

Ao comparar o deslocamento total realizado em seis meses do trajeto da solução otimizada 1, com as rotas aleatórias 2, 3 e 4, nesta ordem, tem-se uma economia da distância total percorrida de 240 Km, 340 Km e 1.005 Km. Isso significa que a redução da distância total percorrida pode chegar a 1.005 Km, e ela aumenta na medida em que se aumenta o período de tempo que é levando em conta.

7. CONCLUSÕES

O modelo implementado neste problema de transporte escolar mostrou uma solução viável, pois, indicou uma possibilidade de rota no qual a distância total percorrida pelo veículo seja reduzida, e consequentemente, o tempo no qual os alunos permaneçam dentro do veículo amenizado. Todas as restrições foram satisfeitas, inclusive a de demanda versus a capacidade do veículo, indicando que os recursos disponíveis também são otimizados em um roteamento de transportes. Pode-se destacar que utilizar na rota um veículo de 59 (cinquenta e nove) assentos supriria a demanda dos discentes, porém, como se trata de um recurso do município, pode haver alguma limitação de uso que não foi considerada, por isso a importância do planejamento de rotas e otimização dos recursos da localidade.

Vale salientar que as possibilidades de rotas são inúmeras e por diversos fatores pode ser que haja uma frequente alteração no trajeto, seja por condições climáticas, obras nas estradas, ou até mesmo um novo ponto de parada, que por alguma nova necessidade deve ser inserido ao trajeto. Como consequência desse dinamismo na rota é importante buscar a adaptação do percurso, de modo que a menor distância possível seja percorrida, e isso é possível a partir da aplicação do modelo matemático de modo que essas possíveis alterações dos trajetos sejam levadas em consideração.

Uma sugestão para trabalhos futuros, é considerar os custos associados no trajeto, e desta maneira encontrar a economia, em um determinado período, se comparado com as rotas alternativas. É possível também adicionar mais de uma possibilidade de trajeto entre os destinos, visto que são inúmeras as possibilidades. Outra alternativa é acrescentar janelas de tempo ao problema, levando em consideração o horário das aulas.

O problema de roteamento de veículos aplicado ao transporte escolar se mostrou útil na resolução de problemas reais enfrentados pelos estudantes, além da otimização dos recursos disponíveis. Nesse contexto, conclui-se que os resultados obtidos com a aplicação do modelo matemático no problema apresentado foram satisfatórios, uma vez que o objetivo foi alcançado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia, Regiões de Influência das Cidades, 2018, Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101728.pdf>, Acessado em 20/07/2021
- [2] BELFIORE, Patrícia; YOSHIZAKI, Hugo T.y.. Heuristic methods for the fleet size and mix vehicle routing problem with time windows and split deliveries. *Computers & Industrial Engineering*, [S.L.], v. 64, n. 2, p. 589-601, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2012.11.007>.
- [3, 9] BODIN, L., GOLDEN, B., ASSAD, A. and BALL, M. *Routing and Scheduling of vehicles and crews : the state of the art*. England, Pergamon Press, vol. 10. n. 2, 1983.
- [4] STEINER, Maria Teresinha Arns; ZAMBONI, Luzia Vidal S.; COSTA, Deise M. Bertholdi; CARNIERI, Celso; SILVA, Arinei Lindbeck da. O problema de roteamento no transporte escolar. *Pesquisa Operacional*, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 83-99, jun. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-74382000000100009>.
- [5] Silva, A. R.; Tedesco, G. M. I.; Yamashita, Y. e Granemann, S. R. (2007) Metodologia para Roteirização do Transporte Escolar Rural. *Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET - Rio de Janeiro*
- [6] PRATA, Priscila de Almeida. Proposta de um algoritmo para o problema de roteirização do transporte escolar rural. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.
- [7, 11] SIQUEIRA, Paulo Henrique; SOUZA, Luzia Vidal de. Métodos Heurísticos aplicados na construção de roteiros de Transporte Escolar para o Estado do Paraná. *Transportes*, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 28-40, nov. 2012. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. <http://dx.doi.org/10.4237/transportes.v20i3.567>.
- [8] ARENALES, Marcos; ARMENTANO, Vinícius; MORABITO, Reinaldo; YANASSE, Horacio. *Pesquisa Operacional: Para cursos de engenharia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2015.

-
- [10] CUNHA CB. 2000. Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais. Transportes, Rio de Janeiro, 8(2): 51 – 74.
- [12] ROCHA, Miriam Karla. Otimização de escalas de serviço de tripulações - estudo de caso em uma empresa de transporte urbano na região metropolitana de Natal/RN. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 18 horas do dia dezessete de novembro de dois mil e vinte um, via plataforma Google Meet, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria da discente **LUANA PRISCILA SOARES BENÍCIO**, aluna do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2015020786**, com o título **“ROTEIRIZAÇÃO DE TRANSPORTE ESCOLAR: UM ESTUDO DE CASO INTERESTADUAL ENTRE CEARÁ E RIO GRANDE DO NORTE”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Profa. Dra. Miriam Karla Rocha, presidente da banca e orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso; Prof. Dr. Ciro José Jardim de Figueiredo e Prof. Dr. Fabio Francisco da Costa Fontes, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, tendo a aluna sido considerada aprovada. E para constar, eu, Miriam Karla Rocha, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 17 de novembro de 2021.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Miriam Karla Rocha Assinado digitalmente por
Miriam Karla Rocha
Data: 2021-11-17 18:47:15

Profa. Dra. Miriam Karla Rocha – Ufersa
Presidente e orientadora

Ciro Jose Jardim de Figueiredo

Assinado de forma digital por Ciro
Jose Jardim de Figueiredo
Dados: 2021.11.17 19:19:14 -03'00'

Prof. Dr. Ciro José Jardim de Figueiredo – Ufersa
Primeiro Membro

FABIO FRANCISCO DA COSTA FONTES:02159510424

Assinado de forma digital por FABIO
FRANCISCO DA COSTA FONTES:02159510424
Dados: 2021.11.19 15:59:21 -03'00'

Prof. Dr. Fabio Francisco da Costa Fontes - Ufersa
Segundo Membro