

INSTÂNCIAS PARA ROTEIRIZAÇÃO EM REGIÕES URBANAS COM RESTRIÇÕES DE CIRCULAÇÃO

José Weliton de Vasconcelos Filho

Iury Gomes Monteiro

PATHFIND Soluções de Tecnologia em Logística

Dmoutier Pinheiro Aragão Junior

Universidade Federal do Ceará

Dario José Aloise

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UERN/UFERSA

RESUMO

As cidades passaram a adotar medidas mitigadoras para reduzir o fluxo de veículos em determinadas regiões e em determinadas horas do dia, porém poucas publicações estudam algoritmos que levam em conta tais restrições. As regiões urbanas com restrições de circulação analisadas neste trabalho foram Fortaleza, Recife e São Paulo. Para a geração das instâncias foram identificadas as regiões com restrições nos mapas das vias das cidades, as áreas foram agrupadas e os mapas ajustados em cada agrupamento. Dentro de cada região foram gerados aleatoriamente clientes e matrizes de custo de acordo com a realidade de uma empresa de distribuição. Este trabalho propõe 27 instâncias que se diferenciam de outras presentes na literatura por representarem aplicações mais próximas da realidade de empresas brasileiras de distribuição de carga, com janelas de atendimento, restrições urbanas e frotas heterogêneas.

ABSTRACT

Cities have mitigating with restrictions of cargo vehicles the high flow of vehicles in certain regions and at certain times of the day. But few studies have taking into account such restrictions. The cities with urban regions analyzed in this study were: Fortaleza, Recife and São Paulo. The generation of the instances in the regions with restrictions used the maps of the roads of the cities, the areas of each city were grouped and the adjusted maps in each grouping. Within each region were randomly generated customers and cost matrices according to the reality of a real distribution company. This paper proposes 27 instances that differ from others present in the literature because they model applications closer to the realities of Brazilian cargo distribution companies, with time windows, urban restrictions, and heterogeneous fleet.

1. INTRODUÇÃO

Ao reconhecer a importância dos transportes para o desenvolvimento sustentável, a ONU apontou a importância de lidar com tendências mundiais de uma concentração urbana cada vez maior, até 2050, 66% da população mundial deve residir em centros urbanos (ONU, 2016). Apesar desta previsão de concentração parecer alarmante, no Brasil e em países desenvolvidos, essa taxa já se encontra em níveis próximos ou maiores que 80% (World Bank, 2014).

Esta concentração urbana da população faz com que a demanda pela infraestrutura de transportes aumente, impactando fortemente em regiões com alta demanda de viagens. Assim, as cidades passaram a adotar medidas mitigadoras para reduzir o fluxo de veículos em determinadas regiões e em determinadas horas do dia. Contudo, ao proibir o acesso de caminhões de maior porte a tais regiões, novas questões emergem.

De acordo com Quak e de Koster (2009), as cidades têm feito uso de diferentes restrições urbanas à circulação de veículos pesados em regiões da cidade com alta demanda pela infraestrutura (geralmente envolvendo janelas de tempo e tipos de veículos). Faz-se necessário ressaltar que tais restrições impactam negativamente as empresas de transporte de carga, uma vez que em muitas cidades a sinalização das vias regulamentadas é precária, falta um canal comunicação efetivo dos municípios com as transportadoras. Ainda pode-se apontar a indefinição quanto aos pontos de parada mais próximos para carga e descarga de mercadorias, e o aumento dos custos com a atividade de transporte, que acaba por afetar a diferentes agentes no decorrer das cadeias de suprimento (CNT, 2018).

Na literatura, poucos estudos se propõem a analisar essas restrições para propor rotas que respeitem tais restrições. Vasconcelos Filho (2018) classificou os estudos que abordam esse problema em dois tipos: 1) Problema de Roteamento de Veículo com Restrições de Área (PRVRA ou SDVRP - da sigla em inglês Site Dependent Vehicle Routing Problem) e 2) Problema de Roteamento de Veículos Dependente de Tempo (PRVDT ou VRPTD - da sigla em inglês Vehicle Routing Problem Time Dependent). Os algoritmos do tipo SDVRP, em geral, resolvem o problema em duas etapas, onde primeiramente selecionam-se os clientes que são compatíveis com cada tipo de veículo, somente após isso as rotas são geradas sem a necessidade de observar restrições de circulação (CHAO; LIOU, 2005; FRANCESCHETTI et al., 2017). Já problemas do tipo VRPTD ocupam-se com as variações da velocidade em diferentes horas do dia, reduzindo a velocidade a 0 para impedir o trânsito em situações de impedimento de circulação (KRITZINGER et al., 2012; AFSHAR-NADJAFI e AFSHAR-NADJAFI, 2017).

Este trabalho propõe instâncias para o problema de roteirização de veículos em regiões com restrições urbanas de circulação de veículos, as mesmas foram caracterizadas em três cidades brasileiras: Fortaleza, Recife e São Paulo. Os clientes a serem visitados em cada instância foram derivados de uma distribuidora do estado de São Paulo. Os mapas utilizados para a elaboração das matrizes de distâncias foram provenientes da base de mapas aberta OpenStreetMaps. O presente trabalho formaliza instâncias para a proposição de algoritmos que possam lidar com tais restrições de circulação urbana, algo recorrente em grandes centros urbanos, além de apresentar outros trabalhos relacionados e as técnicas utilizadas para a obtenção dessas instâncias.

Este artigo segue-se com a apresentação de uma fundamentação teórica sobre as restrições urbanas de circulação de cargas e sobre o processo de geração de instâncias. Por sua vez, na seção 2 são descritas as instâncias propostas para a roteirização de veículos em regiões urbanas com restrições de circulação. As regiões urbanas com restrições de circulação escolhidas para exemplificação do método foram Fortaleza, Recife e São Paulo. A metodologia utilizada é apresentada na seção 2.1. Por sua vez, na seção 2.2 é apresentada uma caracterização das instâncias. Enquanto que a seção 2.3 lista as instâncias construídas, e a seção 2.4 apresenta os melhores resultados conhecidos. Por fim, na seção 3.5, o repositório das instâncias é apresentado. Por fim, a seção 3 traz as conclusões sobre o trabalho realizado.

2. INSTÂNCIAS PROPOSTAS

2.1. Mecanismo de geração

A criação das instâncias é uma adaptação do método proposto por Vasconcelos Filho (2018). A Figura 1 exibe o fluxograma do método utilizado, inicialmente, precisa-se definir os mapas das regiões. Após esta etapa é necessário identificar as vias restritas (Seção 2.1.1), agrupar as áreas restritas (Seção 3.1.2) e fazer os ajustes necessários no mapa (Seção 3.1.3). Após definidos os mapas, deve-se definir os clientes (Seção 3.1.4) e obter as matrizes de custo (Seção 3.1.5). Uma instância será formada pelos clientes definidos e pelas matrizes de custo calculadas.

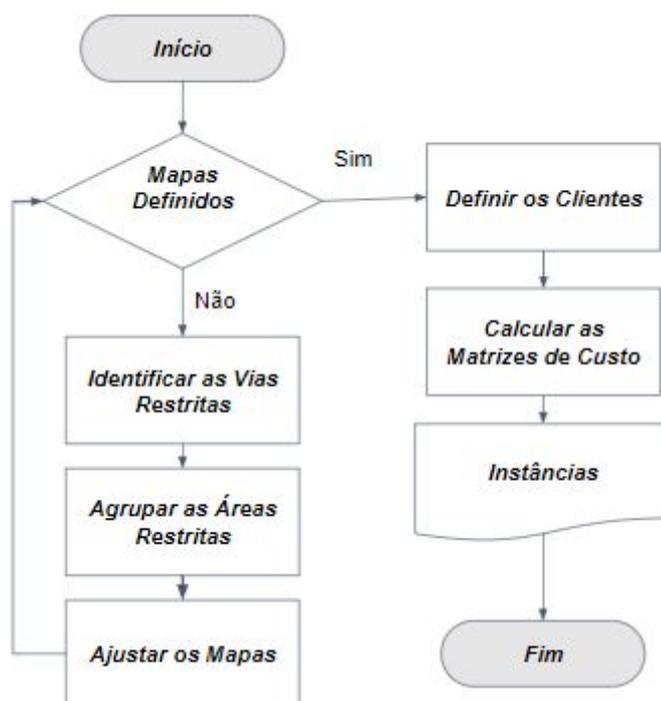


Figura 1: Método para criação das instâncias em regiões urbanas com restrições de circulação, adaptado de Vasconcelos Filho (2018).

2.1.1 Identificar as vias restritas

Para a identificação das vias com restrições na região selecionada deve-se fazer uma pesquisa das vias restritas com as instituições responsáveis pela fiscalização e coordenação do trânsito da região urbana selecionada. As vias com restrições das cidades analisadas foram identificadas por meio dos seguintes instrumentos:

- Fortaleza: Autarquia de Trânsito e Cidadania de Fortaleza (AMC, 2017), pela portaria AMC Nº 83 DE 29/06/2015;
- Recife: Companhia de Trânsito e Transporte Urbano (CTTU, 2017) com o Plano de Trânsito da Prefeitura do Recife (PCR);
- São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CETSP, 2017).

2.1.2 Agrupar as áreas restritas

Definidas as vias restritas, é necessário agrupar as áreas de restrições por tipo de veículo e horário de restrição. Nesta etapa é necessário definir os tipos de caminhões utilizados para a roteirização e identificar as vias em que os mesmos não podem trafegar, agrupando-as em cenários de restrições. As vias de restrições de Fortaleza foram agrupadas em dois cenários de restrição, um restrito para o veículo Padrão, ou seja, veículos maiores que o Veículo Urbano de Carga (VUC) e outro sem restrição para o VUC (o mesmo ocorreu para a cidade de Recife). Já para São Paulo, foram definidos três cenários: um sem restrição, um com restrição para o veículo Padrão e outro com restrição para o Padrão e para o VUC. Quanto ao horário, para Fortaleza e Recife as restrições são de período integral, enquanto que para São Paulo vai de 5h às 21h. Vale ressaltar que alguns caminhões de grande porte podem transitar nas vias restritas em horários restritos, contudo tais exceções normalmente têm uma atividade específica e uma autorização especial. Dependendo da legislação de cada cidade.

2.1.3 Ajustar os mapas

Após definidas as restrições dos veículos, deve-se ajustar os mapas. Esses ajustes são feitos para cada cenário, ou seja, uma mapa para cada cenário de tal forma que cada via restrita de um cenário, tenha um custo muito elevado, tendendo ao infinito, para o tipo de veículo restrito que não pertence ao cenário. Os mapas foram obtidos por meio da base OpenStreetMaps (OpenStreetMap, 2017), de forma gratuita. Além disso, utilizou-se o *software* QGIS Desktop para edição, removendo-se as vias restritas de cada cenário.

Para impedir que os veículos entrem nas áreas restritas, remove-se as vias restritas de cada mapa pertencente ao cenário de restrição, impedindo que, em determinados horários, os veículos afetados pela restrição entrem nas áreas restritas. Logo, o custo de deslocamento de um cliente ao outro vai depender do cenário de restrição em que o veículo que atende os clientes da rota se encaixa, em cenários com maiores restrições, as quilometragens das rotas nas regiões afetadas tendem a ser maiores.

A fim de ilustrar as alterações realizadas nos mapas das cidades utilizadas neste trabalho, as Figuras 2, 3 e 4 representam, respectivamente, áreas com restrições das cidades de Fortaleza, Recife e São Paulo.



Figura 2: Áreas com restrições de Fortaleza/CE.



Figura 3: Áreas com restrições de Recife/PE.



Figura 4: Áreas com restrições de São Paulo/SP.

2.1.4 Definir os clientes

Com os mapas preparados, foi possível definir os clientes de cada cenário. Os clientes devem conter as informações de demanda média, tempo de serviço, cenário de restrição, se pertence a alguma área de restrição, e janela de tempo.

A definição dos pontos de cada instância foi feita de maneira aleatória, na qual traçou-se um retângulo na área do mapa de cada cidade e gerou os pontos aleatoriamente e uniformemente dentro deste. Além disso: verificou-se a quantidade de pontos nas áreas restritas estavam de acordo com a porcentagem definida de cada instância; foram feitas alterações manuais no caso dos pontos gerados conterem um número maior ou menor, detalhes sobre a porcentagem de pontos restritos pode ser visto na seção 3.2. As alterações manuais foram simplificadas ao máximo possível, de tal forma que se a quantidade for maior, os pontos mais próximos das bordas da área restrita foram arrastados para fora da área de restrição até atingir a porcentagem de clientes restritos por instâncias. De forma similar, se o número de clientes for menor que a porcentagem de pontos restritos os pontos mais próximos das áreas de restrição foram arrastados para dentro da área restrita. Além disso, os números foram arredondados para cima nas instâncias em que as porcentagens dão números fracionados, por exemplo, 5% de 50 pontos é 2,5, nessa situação 3 pontos ficaram dentro da zona.

A janela de atendimento foi definida como um intervalo de 4 horas. A escolha dos pontos que contém a janela de atendimento diferente do expediente de trabalho padrão, 8:00 às 18:00, foi feita de maneira aleatória dentro do conjunto de pontos de cada instância, respeitando a porcentagem definida na seção 3.2, o período também foi definido de forma aleatória, seja pela manhã ou pela tarde.

2.1.5 Calcular as matrizes de custo

Com os clientes e mapas definidos, deve-se calcular as matrizes de distância e tempo. Logo, para cada cenário de restrição deve-se calcular uma matriz de custo com base no tempo de viagem. Na qual, os custos de clientes em zonas restritas ficaram muito elevados para o cenário que contempla a restrição.

Para o cálculo das matrizes, deve-se utilizar algoritmos de caminho mínimo. Além disso, deve-se definir a velocidade média de cada via para se obter o tempo de deslocamento. Neste trabalho, a velocidades média das vias são velocidades obtidas nos mapas (OpenStreetMap, 2017). Logo, as matrizes são assimétricas, pois refletem a realidade das cidades.

As matrizes de custos foram calculadas por meio da execução do algoritmo de caminho mínimo de Dijkstra (1959), baseado no tempo de deslocamento de um cliente ao outro, esse tempo é calculado pela distância dividida pela velocidade.

2.2. Características

As instâncias propostas neste trabalho são de três regiões urbanas brasileira, são elas: Fortaleza, Recife e São Paulo. As instâncias são divididas em porcentagem de clientes pertencentes aos cenários de restrição, no qual um cliente pertence ao cenário se estiver a pelo menos três quarteirões de distância das vias restritas. As porcentagens variam de 5%, 10% e 15% dos pontos de cada Instância.

Para cada cidade, foram geradas nove instâncias, sendo divididas em três grupos, de acordo com a quantidade de pontos. Um grupo com três instâncias de 50 clientes, outro com três instâncias com 100 clientes e outro com três instâncias com 150 clientes. Cada grupo contém instância com 5%, 10% ou 15% de clientes restritos. Além disso, todas as instâncias contém 10% de clientes com janela de tempo longo, 4 horas (manhã ou tarde). A distribuição das instâncias podem ser vistas na seção 3.3. Em adicional, foi definido que cada instância contém 10% de pontos com janela de atendimento.

O peso demandado dos clientes foram gerados seguindo uma distribuição log-normal, essa foi obtida a partir das demandas de 500 clientes reais de uma distribuidora de São Paulo. Além disso, os veículos também são baseados em dados reais da mesma distribuidora e foram definidas quantidades suficientes para atender toda a demanda dos clientes das instâncias, mais detalhes no quadro 1. Outro parâmetro importante de cada cliente é o tempo de atendimento, o qual foi definido como dez minutos fixos para cada cliente e um custo variável que é calculado utilizando a proporção de dois mil quilogramas por hora. Essa proporção foi baseada na proporção utilizada por uma distribuidora de São Paulo. Além disso, o expediente do veículo foi definido 8:00 às 18:00, pausa para o almoço foi definida de 12:00 às 13:00, podendo antecipar ou atrasar em 30 minutos.

Quadro 1: Quantidade de veículos em cada instância de teste.

Veículos	Capacidade (kg)	Quantidade
Padrão	7.000	10
VUC	3.500	10

2.3. Lista de instâncias

No quadro 2, a coluna *Instância* representa o número da instância de teste, a coluna *Cidade* representa a cidade em que os pontos e as restrições estão distribuídos, a coluna *Pontos* representa a quantidade de pontos pertencentes a instância, a coluna *Restrição* representa a porcentagem de pontos que estão localizados em áreas restritas e a coluna *Janela de Atendimento* representa a quantidade de pontos que possuem janela de atendimento diferenciadas do centro de distribuição.

Quadro 2: Distribuição das Instâncias de Teste.

Instância	Cidade	Pontos	Restrição	Janela de Atendimento
1	Fortaleza	50	5%	10%
2	Fortaleza	50	10%	10%
3	Fortaleza	50	15%	10%
4	Fortaleza	100	5%	10%
5	Fortaleza	100	10%	10%
6	Fortaleza	100	15%	10%
7	Fortaleza	150	5%	10%
8	Fortaleza	150	10%	10%
9	Fortaleza	150	15%	10%
10	Recife	50	5%	10%
11	Recife	50	10%	10%
12	Recife	50	15%	10%
13	Recife	100	5%	10%
14	Recife	100	10%	10%
15	Recife	100	15%	10%

16	Recife	150	5%	10%
17	Recife	150	10%	10%
18	Recife	150	15%	10%
19	São Paulo	50	5%	10%
20	São Paulo	50	10%	10%
21	São Paulo	50	15%	10%
22	São Paulo	100	5%	10%
23	São Paulo	100	10%	10%
24	São Paulo	100	15%	10%
25	São Paulo	150	5%	10%
26	São Paulo	150	10%	10%
27	São Paulo	150	15%	10%

2.4. Benchmarking atual

O quadro 3 mostra os melhores resultados conhecidos na literatura fazendo-se o uso das instâncias propostas. Estes resultados foram obtidos utilizando o algoritmo GRASP0 com uma iteração do trabalho de Vasconcelos Filho et al. (2018), no qual executa uma meta-heurística GRASP com a estratégia de dependência de tempo para evitar quebra das restrições de circulação.

Quadro 3: Melhores Resultados conhecidos.

Instância	Distância Total (m)	Tempo Total (h)	Veículos	Tempo de Execução (s)
1	173543	25,645	5	6,411
2	153608	22,956	4	6,520
3	129809	21,089	3	2,679
4	373791	48,25	8	13,103
5	37047	48,877	7	8,777
6	323581	48,797	6	15,383
7	543607	73,27	9	10,694

8	594985	81,497	10	15,064
9	535186	76,393	10	11,030
10	104367	20,453	3	3,159
11	125729	15,088	5	3,034
12	111225	17,589	3	3,460
13	253826	34,756	6	10,321
14	257188	40,561	8	3,649
15	233096	38,019	6	14,175
16	450655	56,007	12	12,305
17	500246	59,214	10	18,206
18	401042	48,726	7	16,447
19	369698	37,78	4	3,095
20	350894	37,528	4	1,722
21	34007	34,233	4	2,209
22	797675	70,969	8	7,286
23	728574	65,938	7	6,836
24	735558	65,704	7	5,152
25	1352529	113,91	12	16,282
26	1315517	109,50	12	17,661
27	1144359	98,99	11	12,746

2.5. Criação de repositório

Para divulgar as instâncias propostas aqui foi criado um repositório GIT, este pode ser acessado através do seguinte sítio: <https://bitbucket.org/dmontier/vrpinstancescollection/src>. Ao acessar esse repositório público, qualquer um pode baixar as instâncias para utilizá-las a fim de fazer o benchmarking de novos algoritmos de roteirização. O formato dos arquivos de clientes é JavaScript Object Notation (JSON), enquanto que o formato das matrizes de custo é Comma-Separated Values (CSV).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo utilizado para a construção das instâncias construídas sobre as realidades de três cidades brasileiras pode ser replicado a diferentes cidades, uma vez que a maior parte das cidades impõe restrições de circulação envolvendo as características de faixa horária específicas e de limitações a certos tipos de veículos.

As instâncias propostas neste trabalho se diferenciam de outras presentes na literatura por representarem aplicações mais próximas das realidades de empresas brasileiras de distribuição de carga, onde: os veículos precisam obedecer as restrições urbanas de circulação de cargas, alguns dos clientes têm janelas de atendimento, a frota de veículos é heterogênea (com limites de carga diferentes), dentre outras características. Uma limitação real desta proposta é o número de mapas necessários, em cidades com uma maior quantidade de áreas restritas, de tipos de veículos e de faixas horárias, pode ser preciso realizar a criação de muitos mapas, e consequentemente, de muitas matrizes de custo, isto pode implicar em problemas com o desenvolvimento de algoritmos para instâncias reais, que possuam um número maior de clientes, pois implicaria em uma manutenção complexa do mapa, e em um alto consumo de recursos computacionais. O uso de várias matrizes de custo ampliam a já alta complexidade deste problema, requerendo a utilização de métodos heurísticos mais eficientes e equipamentos mais robustos para a solução dos problemas.

As instâncias geradas realizam a combinação de características como: percentual de clientes afetados por restrições, percentual de clientes com janela de atendimento, quantidade de pontos. Escolheu-se combinar tais características por serem as que costumam variar em uma empresa de distribuição com operação diária. As características de localização de centro de distribuição, tipos e quantidades de veículos permaneceram as mesmas em todas as instâncias.

Novos trabalhos podem propor instâncias que considerem características não observadas neste estudo, por exemplo: rotas abertas, rotas de múltiplos dias, visitas parciais, restrições de compatibilidade entre clientes e veículos, etc. Ou ainda, novos trabalhos podem realizar o mapeamento de novas cidades, permitindo que novos algoritmos possam ser experimentados em diferentes cidades.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio financeiro da CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil. Além disso, agradecemos também à empresa PATHFIND Soluções de Tecnologia em Logística pelo fornecimento de dados para a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFSHAR-NADJAFI, B.; AFSHAR-NADJAFI, A. A constructive heuristic for time-dependent multi-depot vehicle routing problem with time-windows and heterogeneous fleet. *Journal of King Saud University-Engineering sciences*, Elsevier, v. 29, n. 1, p. 29–34, 2017.
- AMC (2017) PORTARIA DA AMC N° 83/2015 <http://geofi.fortaleza.ce.gov.br/aet/PORTARIA_AMC_N_83_2015.pdf>. [Acessado em 15 de Fevereiro de 2017].
- CETSP. Locais com restrição ao caminhão (2017) <<http://www.cetsp.com.br/consultas/caminhoes/locais-com-restricao-ao-caminhao.aspx>>. [Acessado em 15 de Fevereiro de 2017].
- CHAO, I.-M.; LIOU, T.-S. (2005) A new tabu search heuristic for the site-dependent vehicle routing problem.

- The next wave in computing, optimization, and decision technologies, Springer, p. 107–119.
- CNT. (2018) *Logística urbana : restrições aos caminhos?*
- CHRISTOFIDES, N., MINGOZZI, A., & TOTH, P. (1981). State-space relaxation procedures for the computation of bounds to routing problems. *Networks*, 11(2), 145-164.
- CTTU. Companhia de Trânsito e Transporte Urbano (2017) <<http://www2.recife.pe.gov.br/secretariaorgao/cttu>>. [Acessado em 15 de Fevereiro de 2017].
- DIJKSTRA, E. W. A (1959) note on two problems in connexion with graphs. *Numerische mathematik*, Springer, v. 1, n. 1, p. 269–271.
- FRANCESCHETTI, A. et al. (2017) Strategic fleet planning for city logistics. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 95, p. 19–40.
- KRITZINGER, S. et al. (2012) Using traffic information for time-dependent vehicle routing. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 39, p. 217–229.
- MALANDRAKI, C., & DASKIN, M. S. (1992). Time dependent vehicle routing problems: formulations, properties and heuristic algorithms. *Transportation science*, 26(3), 185-200.
- ONU. (2016) Mobilizing sustainable transport for development.
- OPENSTREETMAP. OpenStreetMap. (2004) <<https://www.openstreetmap.org/>>. [Acessado em 20 de Agosto de 2017].
- QUAK, H. J.; DE KOSTER, M.B.M. (2009) Delivering goods in urban areas: how to deal with urban policy restrictions and the environment. *Transportation science*, v. 43, n. 2, p. 211-227.
- SOLOMON, M. M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations research*, 35(2), 254-265.
- TAILLARD, É. (1993). Parallel iterative search methods for vehicle routing problems. *Networks*, 23(8), 661-673.
- VASCONCELOS FILHO, J. W. (2018) Um Método para a Roteirização de Veículos em Regiões com Restrições de Circulação. Dissertação (Dissertação em Ciências da Computação) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró.
- VASCONCELOS FILHO, J. W.; ALOISE, D. J.; ARAGÃO JUNIOR, D. P.; MONTEIRO, I. G.; ANDRADE, H. V. A. Uma Meta-heurística GRASP para o Planejamento de Rotas Em Regiões Urbanas Com Restrições de Circulação. Artigo apresentado no L SBPO. Rio de Janeiro, Brasil, 2018.
- WORLD BANK. (2014) Urban population (% of total) | Data. Obtido 8 de julho de 2018, de <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>

José Weliton de Vasconcelos Filho, Iury Gomes Monteiro

PATHFIND Soluções de Tecnologia em Logística
Av. Washington Soares, 1321 Bloco M | Sala 27 Edson Queiroz
weliton.filho@pathfind.com.br, iury@pathfind.com.br

Dmontier Pinheiro Aragão Junior

Universidade Federal do Ceará
Rua Felipe Santiago, 411 - Cidade Universitária, Russas - CE
dmontier.aragao@ufc.br

Dario José Aloise

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UERN/UFERSA
Rua Professor Antônio Campos, s/n, BR 110, km 48, Bairro Costa e Silva - Mossoró - RN
darioaloise@uern.br