

ROTEIRIZAÇÃO DE ENTREGAS COM A APLICAÇÃO DO MÉTODO DE VARREDURA

Autor 01 : Agostinho Augusto Figueira – Mestre pela UNITAU em Eng. Mecânica

Resumo

Este artigo discorre sobre a utilização do método de varredura na roteirização de entrega de cargas fracionadas. Nas últimas décadas, vários métodos têm sido usados para resolver o problema de roteamento de veículos de transporte, entre eles a forma mais popular é dividir a tarefa em duas fases diferentes: atribuição de clientes sob diferentes veículos e, em seguida, encontrar rota ideal de cada veículo. O método de varredura convencional adota a elaboração da rota a partir do menor ângulo, avançando para alcançar todos os pontos. Na varredura, são considerados diferentes ângulos de partida, favorecendo uma melhor solução para o problema de roteamento de veículos (PRV). Essa técnica é simples e pode ser ainda mais facilitada com a utilização de *software* que permita a escolha mais eficiente e de menor custo para o transporte de carga fracionada, considerando suas restrições e condições de entrega.

Palavras-chaves: Roteirização de veículos; Logística; Técnica de Varredura.

1 INTRODUÇÃO

O roteamento de veículos de entregas tem como objetivo minimizar o custo de transporte para todos os clientes. Neste estudo propõe-se uma abordagem que é o método de varredura visando agilizar a entrega dos produtos ao cliente.

A competitividade do mercado exige das organizações cada vez mais eficiência nos seus processos, desde a produção até a entrega ao consumidor final. Mediante ao crescimento das vendas de varejo pela internet, também têm aumentado o fluxo de entrega de mercadorias, exigindo das empresas agilizar seus processos logísticos e também os custos, favorecendo a competitividade.

Por outro lado, os clientes têm se tornado bastante exigentes, inclusive em relação à redução do prazo de entrega, o que é um importante diferencial das empresas que atuam em um mercado competitivo e globalizado. Porém, as vias das grandes cidades estão cada vez mais congestionadas, afetando a agilidade na entrega de mercadorias.

Neste cenário, o método de varredura pode auxiliar na solução de problemas de distribuição, por agrupar os pontos de demanda e seguindo critérios de proximidade de entrega ao cliente final.

Há diversos softwares de otimização de rotas no mercado, sendo que a melhor escolha é aquela que se adequa às necessidades da organização. O melhor software de otimização de rotas é aquele que seja uma ferramenta para identificar a rota de transporte mais econômica e que, automaticamente, reúna dados como número de motoristas, frequência de congestionamento, número de paradas ao longo da viagem de entrega, previsão do tempo etc. gerenciamento de entrega de frota da organização de maneira eficiente e de custo reduzido.

A agilidade na entrega dos produtos está relacionada a satisfação do consumidor, por isso a distribuição das cargas deve ser planejada de modo a reduzir o tempo de transporte. Em se tratando de *e-commerce*, além do prazo, o preço também é um diferencial. Assim, a redução dos custos de logística também impactará na diminuição do preço ao consumidor final, tornando-se um importante diferencial competitivo.

Além disso, deve-se considerar que hoje o mercado oferece produtos de qualidade bastante similares, o que exige das empresas a melhoria no atendimento, bem como nos preços e prazos de entrega, para que possam se destacar da concorrência.

Neste cenário, o atraso na entrega representa um grande desafio para a área de logística da organização, de forma que a adoção de uma ferramenta de otimização de rotas torna-se fundamental para a minimização deste problema.

Deste modo, a adoção de ferramentas que auxiliem na elaboração de roteiros mais eficientes favorece impactos positivos para os resultados das empresas.

Para a realização deste artigo, adota-se a pesquisa de revisão bibliográfica, baseada em produções científicas disponibilizadas em bases eletrônicas de dados acadêmicos nacionais e internacionais, com abordagem qualitativa das informações colhidas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cadeia de suprimentos e sistema de informação geográfica

Uma cadeia de suprimentos é uma rede de instalações e opções de distribuição que executa as funções de aquisição de materiais, transformação destes materiais em intermediário e acabado, produtos e distribuição de produtos acabados aos clientes. (KUMAR; AGRAWAL, 2011)

No mercado atual, que é altamente competitivo, os fabricantes enfrentam o desafio de diminuir o tempo de ciclo de fabricação, prazo de entrega e redução de estoque. A redução de custos é o principal interesse dos tomadores de decisão, expandindo o negócio melhorando o atendimento ao cliente, melhorando a qualidade e o custo de produção dos produtos acabados. (KUMAR; AGRAWAL, 2011)

A frase “Gerenciamento da cadeia de suprimentos” começou a ser usada no início da década de 1990, sendo definida como processo de integração de fornecedores, fabricantes, armazéns e varejistas, visando que os produtos sejam produzidos e entregues no momento certo, nas quantidades certas, minimizando custos e, assim, satisfazer os requisitos do cliente. (KUMAR; AGRAWAL, 2011)

Supply Chain Management (SCM) é o processo de planejamento e gestão de materiais, informação e fluxo financeiro numa rede composta por fabricantes, distribuidores, fornecedores e clientes com o objetivo de reduzir os custos, aumentar os negócios e melhorar o atendimento ao cliente (KUMAR; AGRAWAL, 2011).

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) pode ser muito útil no gerenciamento da cadeia de suprimentos. A geografia importa muito quando a decisão a ser tomada ou os problemas a serem abordados são de natureza espacial. O SIG demonstra-se uma ferramenta muito eficaz nas indústrias que envolvem logística ou usam serviços de transporte (KUMAR; AGRAWAL, 2011).

O principal problema a ser enfrentado na gestão da cadeia de suprimentos é o roteamento - para encontrar o caminho mais curto entre dois locais e encontrar o caminho alternativo em caso de qualquer problema no percurso mais curto. O SIG e

a análise espacial podem ser muito eficazes na resolução problemas de roteamento, porque é capaz de examinar um grande número de possíveis soluções de várias perspectivas com velocidade e precisão. A tarefa da gestão da cadeia de suprimentos é muito complexa tarefa (KUMAR; AGRAWAL, 2011).

A tarefa pode ser simplificada através da aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica, que reduzem automaticamente a complexidade, revelando padrões e relações geográficas sutis que pode formar a base de boas decisões. Tais sistemas podem ser utilizados no Rastreamento e Despacho de Veículos, Análise de Rota, Operações de Armazém, Gerenciamento de Instalações e Depósitos, Roteamento e Agendamento. Os SIGs se dedicam em liberar o potencial inerente da geografia na maioria dos conjuntos de dados hoje existentes. (KUMAR; AGRAWAL, 2011)

A análise desse tipo de sistema é mais do que o uso de software de mapeamento ou a capacidade de ligar pontos em um mapa, ou seja, a capacidade de desenhar relações espacialmente e de identificar valor em cada relacionamento. Um exemplo seria a capacidade de acompanhar o produto através de seu processo de montagem, localizando o componente chave locais e rotas dos fornecedores, desde o fornecedor até a fábrica e, em seguida, a partir do fábrica para o distribuidor e depois para o cliente. (KUMAR; AGRAWAL, 2011)

2.1 Roteamento de Veículos

A adoção de estratégias de roteirização dos transportes visa a escolha das rotas mais viáveis, considerando-se a distância, o percurso, a carga do veículo, as prioridades de entrega, as demandas do cliente, as restrições, os prazos, o pessoal necessário, dentre outros fatores (LAPORTE, 2007; ENOMOTO; LIMA, 2007).

Os custos de transporte costumam chegar até 60% dos custos logísticos, o que requer que a implementação de ferramentas de programação e planejamento de movimentação da frota (BALLOU, 2006).

A roteirização pode ser elaborada periodicamente, embora seja mais comumente realizada diariamente, o que representa o maior desafio deste tipo de estratégia, por exigir agilidade e flexibilidade dos envolvidos no processo. A

determinação das melhores rotas, considerando-se as variáveis de cada entrega (demandas dos clientes e restrições de capacidades do veículo), ainda é a melhor maneira para redução dos custos de transporte (BELFIORE et al., 2006; FRANCIS; SMILOWITZ; TZUR, 2008).

Usualmente, a roteirização de veículos é empregada no transporte de cargas homogêneas, podendo ser utilizados compartimentos distintos (DERIGS et al., 2011).

Por outro lado, nesse tipo de carga, a frota de veículos heterogênea permite atender a grupos de clientes com demandas conhecidas, para que cada um deles seja visitado de uma só vez e em conformidade com a capacidade do veículo alocado (CHOI; TCHA, 2007).

O Problema de Roteamento de Veículos (VRP) é determinar rotas para vários veículos para servir um número de clientes. Em geral, os clientes com demandas conhecidas são atendidos por uma frota de veículos de igual capacidade. A restrição de capacidade dos veículos limita o número de clientes a serem visitados em sua rota. Devido à importância de restrição de capacidade, o problema é denominado Problema de Roteamento de Veículos Capacitados (CVRP). (AKHAND et al., 2017).

Em geral, o CVRP considera um depósito e vários veículos com capacidade igual. Todos os veículos partem do depósito e retornam ao depósito no final. Todos os clientes têm suas demandas e locais conhecidos para a entrega, que não pode ser dividida, devendo ser atendida de uma só vez, por um único veículo. O CVRP é uma tarefa de otimização complexa e seu objetivo é minimizar a distância total de viagem para a frota de veículos para atender a todos os clientes. (AKHAND et al., 2017).

O CVRP é um problema de satisfação da restrição em que os clientes são atribuídos de maneira ideal a veículos individuais (considerando sua capacidade) para manter o custo do CVRP no mínimo possível. Vários métodos já foram estudados para resolver o CVRP nas últimas décadas; entre eles, vários métodos atribuem nós de clientes em veículos e geram rotas de veículos juntos. Por outro lado, a maneira mais popular de resolver o CVRP é dividir a tarefa em duas fases diferentes: atribuir clientes sob diferentes veículos e, em seguida, encontrar a rota ideal de cada veículo. Entre várias formas de atribuição de clientes, o algoritmo *Sweep* é amplamente utilizado devido à sua simplicidade. O algoritmo calcula os ângulos polares de todos os nós e, em seguida, atribui nós a diferentes grupos de

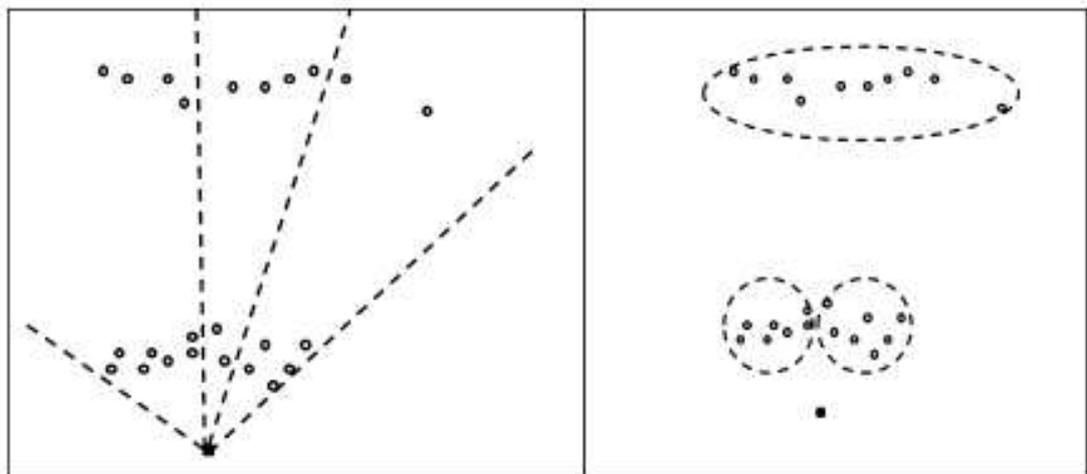
acordo com seus ângulos. Finalmente, um veículo é atribuído a cada nó individual e sua rota é otimizada a partir do TSP (Travelman Salesman Problem). (AKHAND et al., 2017).

2.2 A técnica de varredura

O método de varredura ou *sweep algorithm* trata-se de uma técnica que visa a solução de problemas em duas diferentes fases, que são: a) concentração de pontos de demanda mediante algum critério de proximidade e; b) cada grupo é tratado de maneira independente (SOUZA et al., 2016).

Desde modo, minimizando a distância total percorrida por todos os veículos. Os grupos originais param de acordo com seus ângulos, e atribui um veículo para visitar todas as paradas dentro de cada *cluster*.

Figura 1 – Problema original de um algoritmo Sweep



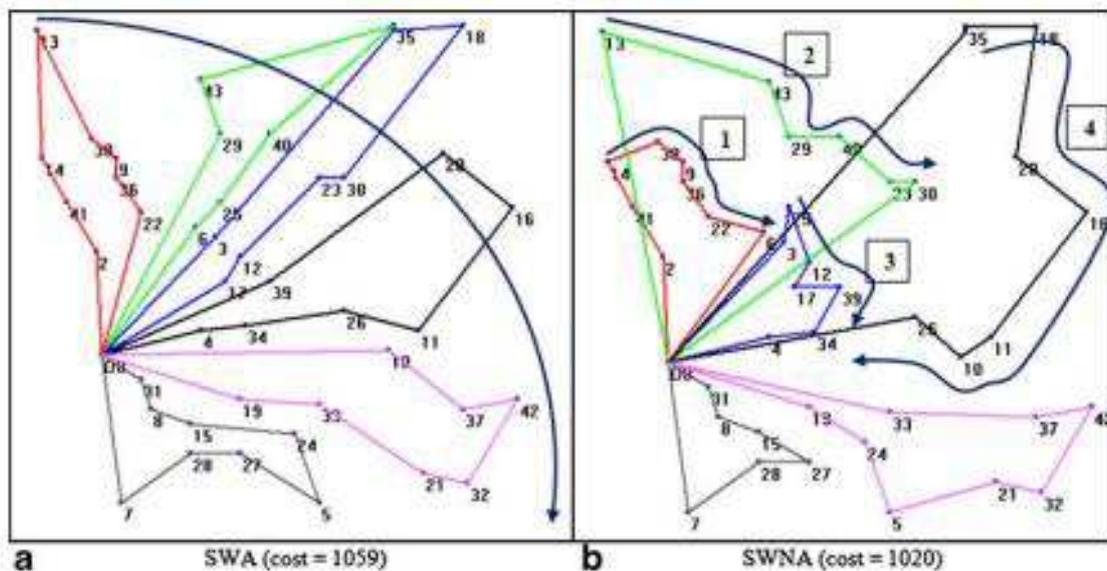
a) ângulo polar baseado no cluster

b) ângulo polar e distância baseado no cluster

Fonte: BYUNGSOO et al., 2011.

Os grupos originais param apenas por ângulos polares, as paradas amplamente separadas podem ser agrupadas no mesmo cluster, se eles têm ângulos polares semelhantes (Fig. 1). Esse problema pode ser resolvido usando um método de agrupamento (Fig. 2), que fornece uma distância total de deslocamento. Muitos problemas incluem barreiras naturais como rios, montanhas, lagos e estradas não cruzáveis e, portanto, são casos semelhantes que podem ocorrer.

Figura 2 – Comparação entre os algoritmos *Sweep* e o *Sweep* mais próximo.



Fonte: BYUNGSOO et al., 2011.

2.3 Técnica de varredura e o **Software ArcGIS®**

Segundo Ballou (2006), o método de varredura apresenta facilidade de resolução, podendo ser empregado por meio de *software* especializado ou mesmo manualmente, sendo observadas as seguintes etapas:

- a) Identificar os pontos de parada (clientes e depósito) em um mapa ou grade;
- b) Traçar uma linha reta a partir do depósito;
- c) Girar a linha no sentido horário ou anti-horário para encontrar um ponto de parada;
- d) Verificar a capacidade do veículo e tempo necessário para atendimento caso seja necessário incluir um ponto de parada no roteiro; se não for viável, deve-se elaborar um novo roteiro a partir do mesmo.

Além disso, a roteirização e a programação de veículos de transporte de cargas GIS devem seguir oito princípios, que combinam as peculiaridades das entregas, como recomenda Ballou (2006):

- 1) Agrupar os volumes em caminhões com paradas próximas entre si;

- 2) Agrupamentos concentrados para entrega em dias distintos;
- 3) Elaborar os roteiros a partir do ponto mais distante do centro de distribuição;
- 4) Organizar o sequenciamento das paradas num roteiro com formato semelhante a uma lágrima;
- 5) Utilizar os veículos maiores favorece maior eficiência;
- 6) Realizar as coletas de acordo com as rotas de entrega;
- 7) Verificar a viabilidade de um meio alternativo de entrega para uma parada removível;
- 8) Minimizar as janelas de tempo entre as entregas.

A utilização de softwares de roteirização favorece a solução de problemas de roteirização e programação de veículos, sendo mais eficientes do que os métodos manuais (MELO; FERREIRA FILHO, 2001).

O sistema escolhido deve permitir a consolidação dos pedidos e a maximização do retorno dos gastos com transporte, além de favorecer a previsão da demanda e os volumes de remessa com precisão para ajustar o planejamento do transporte, melhorar o gerenciamento de frete, frota e logística para obter visibilidade em tempo real do transporte global e do transporte doméstico em todos os modos e setores utilizados pela organização.

Para facilitar a aplicação do método de varredura há diversos softwares, dentre os quais destaca-se o ArcGIS®, para ser utilizado como uma ferramenta de roteirização de frota, reduzindo os percursos e, também, os custos de distribuição física dos produtos. O software ArcGIS® facilita a reprogramação dos percursos, por seleccionar a melhor rota possível em relação à distância e tempo (SOUZA et al., 2016).

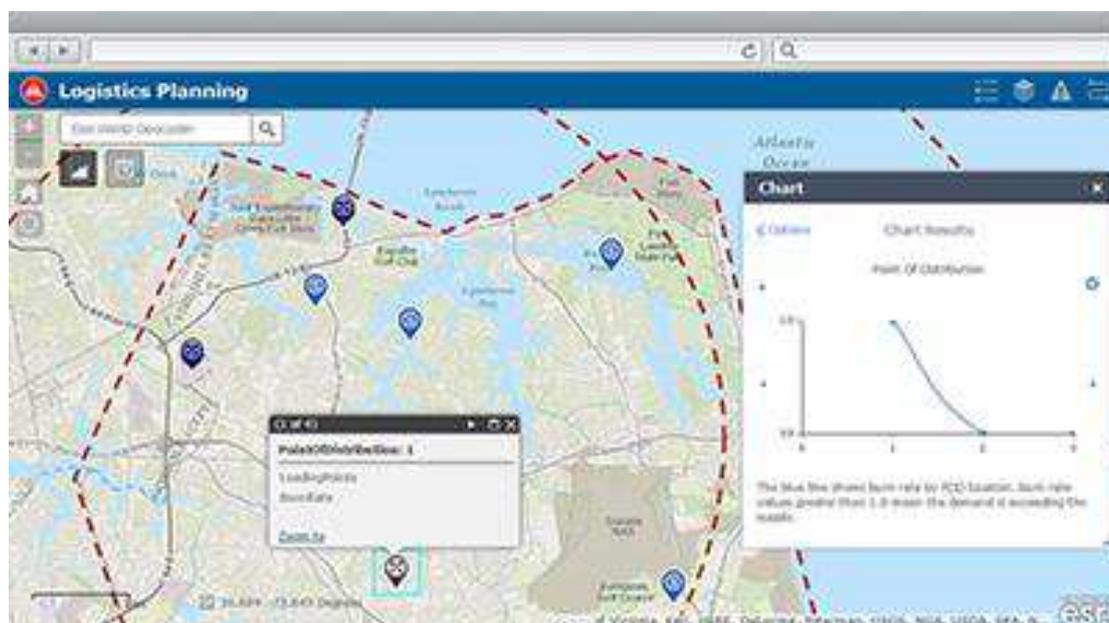
O software ArcGIS® tem como proposta otimizar e gerenciar as rotas de ponto a ponto, considerando as condições a condições de tráfego em tempo real, direcionando vários veículos para vários destinos. Assim, aumenta a eficiência geral dos fluxos de trabalho diários. Os serviços de Roteamento de Transporte e Análise de Rede do ArcGIS agilizam o movimento de mercadorias, coordenam veículos e criam análises inteligentes para maximizar a eficiência e minimizar os custos de transporte (ESRI, 2018).

Os serviços de análise de rede do ArcGIS Online permitem resolver os tipos de problemas que a extensão ArcGIS Network Analyst solucionando os problemas de roteamento de veículos, ao buscar as paradas mais próximas, área de serviço, a alocação de veículos, dentre outros aspectos, pois permite visualizar históricos, ativos e condições de tráfego previstas, mas sem a necessidade de criar ou adquirir um conjunto de rede de dados. Os serviços fazem referência a dados de alta qualidade que transmitem informações que cobrem grande parte do mundo e fornecem velocidades de tráfego dinâmicas em muitas dessas áreas, de modo que suas análises podem levar em conta a alteração das velocidades de tráfego (ARGIS, 2015).

Os serviços de análise de rede do ArcGIS Online estão amplamente disponíveis, sendo necessária apenas uma conexão à Internet e as credenciais apropriadas para o acesso, o que pode tornar desnecessário configurar serviços de rede do ArcGIS for Server. Os serviços destinam-se a simplificar os fluxos de trabalho de desenvolvedores e profissionais de GIS. Os serviços de análise de rede operam sob um modelo de uso baseado em crédito que oferece uma baixa barreira à entrada e permite o pagamento apenas do que é utilizado (ARGIS, 2015).

Esse aplicativo para planejamento de logística também pode ser usado pela equipe de gerenciamento de emergência para planejar operações logísticas e gerenciar solicitações de recursos durante um incidente (ARCGIS, 2018)

Figura 3 – ArcGIS® - Vista da tela de trabalho



Fonte: ArcGIS, 2018.

O *Logistics Planning* é uma configuração do Web AppBuilder para ArcGIS que pode ser implantado por organizações de gerenciamento de emergência e usado pelo pessoal de resposta em computadores desktop, smartphones e tablets (ARCGIS, 2018).

O software ArgGIS® foi estudado por Souza et al. (2016), na aplicação da técnica de varredura em 15 rotas de uma malha de roteirização de veículos, envolvendo um terminal de carga (TC) e 28 centros de distribuição (CD), sendo que a carga seguiu em sua totalidade para o CD. Nos resultados encontrados, observou-se a diminuição do percurso (18,3%) e também no custo (25,8%), mesmo mediante a ocorrência de alguns casos de aumento relativos à rota original. Por isso, recomenda-se a utilização de técnica complementar, para abranger os casos com peculiaridades distintas (SOUZA et al., 2016).

Porém, há outros sistemas computacionais baseados em algoritmos, que juntamente com uma base de dados adequada, apresentam soluções para as questões de roteirização e veículos, favorecendo melhor planejamento e resultados mais eficientes.

O software de otimização de rotas precisa combinar as peculiaridades de entregas e entregas, criando um plano geral de transporte para uma frota de veículos que seja eficiente em termos de custos e respeite todas as restrições e condições especiais.

Para a maioria dos cenários de planejamento de rotas, o plano de transporte preferido é aquele que minimiza os custos totais derivados do tempo da unidade, do tempo de espera e dos custos iniciais dos recursos - desde que os bens sejam entregues no endereço e horário certos.

3 CONCLUSÃO

A aplicação da técnica de varredura permite a diminuição dos percursos e custos de transporte devido à possibilidade de reprogramação do itinerário mediante a aplicação da técnica de roteirização, considerando-se as peculiaridades da operação a ser realizada.

4 REFERÊNCIAS

AKHAND, M.A.H. Solving Capacitated Vehicle Routing Problem Using Variant Sweep and Swarm Intelligence. **Journal of Applied Science and Engineering**, Vol. 20 (2017) 4: 511-524.

ARCGIS RESOURCES. **ArcGIS Help 10.2, 10.2.1, and 10.2.2**. 2015. Disponível em: http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/#/What_are_the_ArcGIS_Online_network_analysis_services/0047000001v5000000/. Acesso em 30 jul. 2018.

ARCGIS. **Logistics Planning**. ESRI, 2018. Disponível em: <https://solutions.arcgis.com/emergency-management/help/logistics-planning/>. Acesso em: 03 ago. 2018.

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

BELFIORE, P.; COSTA, O.; FAVERO, L. P. **Problema de estoque e roteirização**: revisão bibliográfica. *Produção*, v. 16, p. 442-454, 2006.

BYUNGSOO Na; YEOWOON, Jun; BYUNG-IN, Kim. **Some extensions to the sweep algorithm**. *Int J Adv Manuf Technol* (2011) 56:1057–1067.

CHOI, E.; TCHA, D. W. **A column generation approach to the heterogeneous fleet vehicle routing problem**. *Computers & Operations Research*, v. 34, n. 7, p. 2080- 2095, 2007.

COSTA, Lucas da; COSTA, Michael Santos da; MAIELLARO, João Roberto; FORMIGONI, Alexandre. **Roteirização de entregas na Zona Leste da Cidade de São Paulo**. Comparação entre software pago e livre. *SADJSJ - South American Development Society Journal*. vol. 2, n. 5, ano 2016. Disponível em: <http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/40/39>.

DERIGS, U. et al. **Vehicle routing with compartments: applications, modelling and heuristics**. *OR spectrum*, v. 33, n. 4, p. 885-914, 2011.

ENOMOTO, L. M.; LIMA, R. S. **Análise da distribuição física e roteirização em um atacadista**. *Produção*, v. 17, p. 94-108, 2007.

ESRI. **Routing and Directions with ArcGIS**. Disponível em: <https://developers.arcgis.com/features/directions/>. Acesso em: 30 jul. 2018.

FRANCIS, P. M.; SMILOWITZ, K. R.; TZUR, M. **The vehicle routing problem: latest advances and new challenges**. In: The period vehicle routing problem and its extensions. Cham, Switzerland: Springer, 2008. v. 43, p. 73-02.

KUMAR, S.; AGRAWAL, Suneeta. **GIS as decision support for supply chain management**. Dimensions and Directions of Geospatial Industry. Geospatial World Forum. 18-21 de janeiro de 2011.

LAPORTE, G. **What you should know about the vehicle routing problem**. Naval Research Logistics, v. 54, n. 8, p. 811-819, 2007.

MELO, A. C. da S.; FERREIRA FILHO, V. J. M. F. **Sistemas de Roteirização e Programação de Veículos**. Pesquisa Operacional, v. 21, n. 2, 2001, pp. 223-232.

SOUZA, Aderson Willian; AMARAL, Daniel Barzan de Matos; OI, Ricardo Kenji; CARNEIRO, João Batista; FONTEBASSO NETO, José. **Aplicação do método de varredura na roteirização de frota em uma empresa de transporte e distribuição de cargas fracionadas**. Exacta – EP, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2016.