

## Problemas de Roteamento de Veículos Aplicados ao Planejamento Logístico do Transporte Escolar e Urbano de Itabuna e região

Cód/Nome	97 - Problemas de Roteamento de Veículos Aplicados ao Planejamento Logístico do Transporte Escolar e Urbano de Itabuna e região
Orientador	Edcarllos Gonçalves dos Santos
Campus	Jorge Amado
Área	Atividades acadêmicas (ensino/pesquisa/extensão) - ÊNFASE NA PESQUISA
Vagas	2
	edcarllos@ufsb.edu.br

### Resumo

Problemas de otimização combinatória são encontrados em diversos setores da sociedade e têm, de modo geral, o objetivo de minimizar ou maximizar um determinado aspecto de um problema. No contexto logístico, são frequentemente encontrados no setor industrial, de serviços ou de transporte público urbano, motivando uma série de propostas acadêmicas relevantes. De forma específica, o transporte público de passageiros tem sido bastante estudado devido a seu grande número de aplicações práticas e, neste sentido, este projeto contempla uma análise do transporte universitário da UFSB para o Campus Jorge Amado (CJA). Desta maneira, uma pesquisa quantitativa será realizada com o intuito de identificar adversidades inerentes ao deslocamento dos estudantes ao CJA. Além disto, será proposto a modelagem de um problema de otimização que, por sua vez, incorporará os aspectos mais significativos notificados pelos usuários, com a finalidade de aprimorar a qualidade dos serviços oferecidos pelas empresas de transporte. Por fim, um algoritmo heurístico será desenvolvido para encontrar soluções de boa qualidade para o problema de otimização modelado e os resultados obtidos serão analisados estatisticamente.

### Atividades dos bolsistas

O bolsista terá como principal atividade realizar um levantamento bibliográfico do estado da arte sobre o tema de roteamento de veículos e mobilidade urbana, bem como elaborar e aplicar um questionário sobre o transporte público utilizado pelos estudantes. Além disso, o bolsista também será responsável por implementar um módulo heurístico baseado em técnicas existentes e consagradas da literatura. Por fim, experimentos numéricos serão conduzidos e os resultados serão analisados de acordo com outras propostas já existentes.

### Atividades semanais e carga horária

(I) Coleta de dados mediante aplicação de questionários; (II) Reuniões quinzenais com o coordenador do projeto; (III) Reuniões periódicas com agentes externos pertinentes as etapas do projeto.

### Introdução

No contexto do bem-estar social dos indivíduos, a mobilidade urbana tem se tornado uma temática frequente nos principais debates sobre o assunto, uma vez que os grandes centros apresentam dificuldades rotineiras no que se diz respeito a um desenvolvimento eficiente da logística urbana. Neste sentido, os Problemas de Roteamento de Veículos (PRV) constituem uma importante classe de problemas de otimização combinatória, sendo uma das mais estudadas nos últimos 50 anos (Laporte, 2009). Dado uma frota de veículos localizadas em um depósito, o objetivo é determinar um conjunto de rotas que satisfaçam as restrições e a demanda de um conjunto de clientes, geograficamente distribuídos, a fim de minimizar critérios específicos como tempo, distância ou custos operacionais. A classe de problemas que envolvem roteamento de veículos possuem diversas aplicações práticas. Mesmo sendo a distribuição de produtos dos depósitos (armazéns) para os clientes (varejistas) o caso mais conhecido, PRVs podem também ser encontrados no contexto de coleta (gestão de resíduos, cadeias de suprimentos agrícolas, pesqueiros, mineração), no setor de serviços (inspeção de medidores de gás ou de água, manutenção periódica de elevadores e extintores de incêndio) e no transporte público (transporte escolar e transporte de munícipes). Na verdade, a rede de distribuição não precisa, necessariamente, ser composta por estradas ou ruas, podendo ser constituída de ferrovias, linhas de energia, rios, dentre outros, ou seja, onde houver um conjunto de objetos móveis (caminhões, trens, barcos e pedestres) que deve visitar um conjunto de localizações. Todos estes exemplos ilustram a ampla aplicabilidade e importância do PRV. Uma revisão bibliográfica contendo diversas variantes dos PRVs, pode ser encontrada em Golden et al. (2008), Labadie e Prins (2012) e Vidal et al. (2013a). As aplicações reais envolvendo roteamento possuem, normalmente, uma enorme quantidade de características e restrições. Para capturar os detalhes dessas aplicações, existe na literatura uma gama enorme de variantes do problema de roteamento, que consideram diversos atributos, como a estrutura (composição da frota e número de depósitos), requisitos dos clientes (visitas dentro de um horário ou múltiplas visitas), regras de operações dos veículos (restrições de carga ou vias, distância máxima), decisões de contexto (tráfego), entre outros (Vidal et al., 2013b). Todas essas variantes têm, em comum, uma elevada complexidade computacional.

### Justificativa

No contexto do transporte público, existem diversas questões que devem ser observadas, tais como o tempo de espera, a precariedade das vias ou a baixa qualidade dos serviços oferecidos pelas empresas. Para corroborar essas indagações, pesquisas são realizadas com o intuito de coletar informações pertinentes ao transporte público no Brasil e, neste sentido, em Silva (2014), dados sobre o transporte público escolar de Santa Catarina foram coletados no período entre 2001 e 2011, e foi observado que o tempo médio gasto pelos estudantes viajando entre suas respectivas casas e a escola aumentaram de 25.1% para 36.7% para homens e de 18.8% para 29.2% para as mulheres. Outros estudos confirmam os problemas relatados à mobilidade urbana em grandes centros; em Rolnik (2011), os resultados indicaram que a velocidade média de tráfego na cidade de São Paulo nos horários de pico foi de aproximadamente 19.3 km/h. Além disso, o tempo médio gasto diariamente pelos residentes no trânsito é de duas horas e 42 minutos, do qual representa uma média de

27 dias por ano gastos no tráfego urbano. Os mesmos problemas de mobilidade urbana presentes nos grandes centros, também são observados no Sul da Bahia. Situada às margens da BR-101 e BR-415, Itabuna se destaca como um dos maiores entroncamentos rodoviários do país, bem como possui em sua região limítrofe um complexo logístico caracterizado pelo porto de Malhado e aeroporto Jorge Amado, sendo futuramente agregado pelo porto Sul e ferrovia Oeste-Leste. Diante do exposto, propor um sistema integrado de transporte público que tenha como fundamentos a qualidade de serviço e o baixo custo é um dos grandes desafios da mobilidade urbana na região. No contexto da UFSB, onde o campus Jorge Amado é distante geograficamente do centro da cidade, o desafio se torna ainda maior visto a fragilidade do sistema de transporte público municipal para atender regiões mais periféricas. Além disto, devido às apropriadas políticas de inclusão adotadas pela instituição, uma parcela considerável dos estudantes é vulnerável socialmente e, em consequência deste fato, fazem uso excessivo do transporte público para se deslocarem ao campus. Desta maneira, uma análise do transporte público regional é necessária para se propor uma solução algorítmica eficiente para o problema de mobilidade no âmbito universitário da UFSB.

### Objetivo Geral

Desenvolver, do ponto de vista da otimização combinatória, soluções eficientes para sanar a problemática da mobilidade urbana na UFSB, através da modelagem PRVs.

### Objetivos Específicos

(I) Elaborar e aplicar um questionário junto a comunidade acadêmica da UFSB com o intuito de identificar os problemas logísticos enfrentados pelos usuários dos transportes públicos e alternativos; (II) Organizar as respostas coletadas em uma base de dados aberta a comunidade; (III) Extrair conhecimento da base de dados criada com a finalidade de correlacionar problemas e restrições que serão utilizadas para definir o PRV; (IV) Realizar uma revisão da literatura sobre a classe de PRVs correlatos; (V) Adaptar algoritmos bem sucedidos da literatura para resolver tais problemas; (VI) Aprimorar estes algoritmos de modo a explorar características específicas da variante estudada; (VII) Iniciar o desenvolvimento de um aplicativo com interface amigável, capaz de apresentar, com eficácia, os resultados obtidos durante a resolução do PRV.

### Metodologia

Na busca de tecnologias inovadoras que sejam efetivas na solução de problemas práticos de elevada complexidade computacional, tenta-se conjugar as propostas científicas que propiciem soluções eficientes no sentido operacional de diferentes empresas e instituições. Desta forma, um termo de enorme significância se refere aos chamados algoritmos de busca heurística. Durante as últimas décadas, muito se tem estudado sobre conhecimento heurístico direcionado à solução de problemas de elevada complexidade computacional. Esta meta tornou-se mais realista, a partir da junção de conceitos das áreas de Otimização Combinatória e Inteligência Artificial viabilizando a construção da chamada melhor estratégia ou de métodos inteligentemente flexíveis, também conhecidos como meta-heurísticas. Estes métodos

possuem como característica, estruturas com uma menor rigidez que as dos métodos exatos de otimização, sem contudo emergir numa flexibilidade às vezes caótica presente nos métodos heurísticos convencionais. As meta-heurísticas, quando aplicadas a problemas de otimização, tem como um de seus objetivos, gerar procedimentos de buscas que evitem a parada prematura em ótimos locais distantes de um ótimo global. Estas metodologias são construídas também em muitos casos, para se adaptarem facilmente às estruturas de arquiteturas paralelas. Desta forma, podemos destacar as seguintes meta-heurísticas: Algoritmos Evolutivos Híbridos (AEs) (Hybrid Evolutionary Algorithms); Busca Tabu (Tabu search - TS); Greedy Randomized Adaptive Procedure (GRASP), Variable Neighborhood Search (VNS), e Iterated Local Search (ILS). Referências recentes sobre meta-heurísticas podem ser encontradas em Gendreau e Potvin (2010) e Talbi (2013). Nos últimos anos, a literatura tem apresentado diversos trabalhos mostrando que versões híbridas tem se destacado em relação às versões originais em diferentes meta-heurísticas. Nestas versões híbridas, as meta-heurísticas são conjugadas a métodos exatos ou a outras meta-heurísticas no sentido de torná-las mais competitivas, principalmente na área de otimização combinatória onde já existiam heurísticas muito eficientes. Como exemplos bem sucedidos de formas híbridas de meta-heurísticas, podemos citar: os algoritmos evolutivos híbridos que incorporam numa estrutura de algoritmo genético tradicional (AG); módulos de busca local, reconexão de caminhos (path relinking) ou procedimentos mais eficientes de diversificação de uma população de indivíduos (Prins, 2004; Vidal et al., 2013a). Outra forma de combinação entre meta-heurísticas que tem gerado resultados promissores é a união do ILS com busca local VNS como tem mostrado os trabalhos de Santos (2016) e Silva (2015). Um dos temas abordados neste projeto, indica justamente este contexto, ou seja procurar desenvolver novas formas de conjugar num mesmo algoritmo conceitos de diferentes heurísticas ou meta-heurísticas, procurando obter métodos mais eficientes que os existentes na literatura.

### Resultados esperados

(I) Elaboração de um relatório detalhando o estado atual do transporte público universitário da UFSB; (II) Criação e disponibilização de uma base de dados compartilhada e aberta; (III) Desenvolvimento de um módulo roteirizador heurístico que facilite o deslocamento de alunos da UFSB e moradores da região; (IV) Comparação da heurística desenvolvida com a metodologia atual utilizada para determinar o roteamento; (V) Produção de pelo menos um artigo a ser apresentado em eventos científicos da área, sobre os temas tratados neste projeto.

### Referências

[1] LAPORTE, G. Fifty Years of Vehicle Routing. *Transportation Science*, v. 43, n. 4, p. 408–416, nov. 2009. [2] GOLDEN, B.; RAGHAVAN, S.; WASIL, E. (EDS.). *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. Boston, MA: Springer US, 2008. v. 43 [3] LABADIE, N.; PRINS, C. Vehicle Routing Nowadays: Compact Review and Emerging Problems. In: *Production Systems and Supply Chain Management in Emerging Countries: Best Practices*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 141–166. [4] VIDAL, T. et al. Heuristics for multi-attribute vehicle routing problems: A survey and synthesis. *European Journal of Operational Research*, v. 231, n. 1, p. 1–21, nov. 2013. [5] VIDAL, T. et al. A hybrid genetic algorithm with adaptive diversity management for a large class of vehicle routing problems with time-windows. *Computers & Operations Research*, v. 40, n. 1, p. 475–489, jan. 2013. [6] SILVA, K. S.; LOPES, A. d. S.; SILVA, R. C. R. d.; COSTA, F. F.; ASSIS, M. A. A. d.; NAHAS, M. V. Time spent by Brazilian students in different modes of transport going to school: changes over a decade (2001-2011). *Cadernos de Saúde Pública* 30 (11 2014), 2471 –

2476. [7] ROLNIK, R.; KLINTOWITZ, D. (Im)Mobility in the city of São Paulo. *Estudos Avançados* 25, 71 (apr 2011), 89–108. [8] GENDREAU, M.; POTVIN, J.-Y. (EDS.). *Handbook of Metaheuristics*. Boston, MA: Springer US, 2010. v. 146 [9] TALBI, E.-G. (ED.). *Hybrid Metaheuristics*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. v. 434. [10] PRINS, C. A simple and effective evolutionary algorithm for the vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, v. 31, n. 12, p. 1985–2002, out. 2004. [11] SANTOS, E. et al. A Hybrid Heuristic based on Iterated Local Search for Multivehicle Inventory Routing Problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, v. 52, p. 197–204, jun. 2016. [12] SILVA, M. M.; SUBRAMANIAN, A.; OCHI, L. S. An iterated local search heuristic for the split delivery vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, v. 53, p. 234–249, jan. 2015.