



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM E OTIMIZAÇÃO



Gislene da Silva Fonseca

HEURÍSTICAS PARA O TRANSPORTE DINÂMICO DE PACIENTES
DENTRO DE HOSPITAIS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CATALÃO – GO, 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) e a Universidade Federal de Catalão (UFCAT) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG/UFCAT), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG/UFCAT é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Gislene da Silva Fonseca

3. Título do trabalho

Heurísticas para o transporte dinâmico de pacientes dentro de hospitais

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Alves De Queiroz, Professor do Magistério Superior**, em 23/05/2023, às 17:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **GISELENE DA SILVA FONSECA, Discente**, em 23/05/2023, às 17:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3773325** e o código CRC **494F00E7**.

GISLENE DA SILVA FONSECA

HEURÍSTICAS PARA O TRANSPORTE DINÂMICO DE PACIENTES
DENTRO DE HOSPITAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Otimização, do Instituto de Matemática e Tecnologia, da Universidade Federal de Goiás (UFG) / Universidade Federal de Catalão (UFCAT) em implantação, como requisito para obtenção do título de Mestra em Modelagem e Otimização. Área de concentração: Modelagem e Otimização. Linha de pesquisa: Pesquisa Operacional.

Orientador:
Thiago Alves de Queiroz

CATALÃO – GO

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Fonseca, Gislene da Silva
Heurísticas para o Transporte Dinâmico de Pacientes dentro de Hospitais / Gislene da Silva Fonseca. - 2023.
106, CVI f.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alves de Queiroz.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto de Matemática e Tecnologia, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Otimização, Catalão, 2023.

Inclui siglas, tabelas, algoritmos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Problema de Coleta e Entrega de Pacientes. 2. Janela de Tempo. 3. Recozimento Simulado. 4. Heurística de Reotimização. I. Queiroz, Thiago Alves de, orient. II. Título.

CDU 658.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 20 da sessão de Defesa de Dissertação de **Gislene da Silva Fonseca**, que confere o título de **Mestra em Modelagem e Otimização**, na área de concentração em **Modelagem e Otimização**.

Aos **24 dias de março de 2023**, a partir das **13h30**, via Web Conferência (Google Meet - <https://meet.google.com/umf-pzoo-wne>), reuniram-se os componentes da banca examinadora, professores **Dr. Thiago Alves de Queiroz (PPGMO / IMTec / UFCAT)**, (orientador), **Dr. José dos Reis Vieira de Moura Júnior (PPGMO / IMTec / UFCAT)**, membro titular interno e **Dr. Leonardo Junqueira (USP)**, membro titular externo, para, em sessão pública, procederem a avaliação da Dissertação intitulada “*Heurísticas para o transporte dinâmico de pacientes dentro de hospitais*”, de autoria de **Gislene da Silva Fonseca**, discente do Programa de Pós-graduação em Modelagem e Otimização – PPGMO, da Universidade Federal de Catalão - UFCAT. A sessão foi aberta pelo presidente, que fez a apresentação formal dos membros da banca. Em seguida, a palavra foi concedida a discente que, em 43 min procedeu a apresentação. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinando(a). Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da Dissertação, que foi considerado(a): (**X**) **Aprovado(a)** ou () **Reprovado(a)**. Cumpridas as formalidades de pauta, a presidência da mesa encerrou a sessão e, para constar, lavrou-se a presente ata que, depois de lida e aprovada, segue assinada pelos membros da banca examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Alves De Queiroz, Professor do Magistério Superior**, em 13/06/2023, às 15:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Dos Reis Vieira De Moura Junior, Professor do Magistério Superior**, em 13/06/2023, às 15:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo Junqueira, Usuário Externo**, em 13/06/2023, às 15:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **GISLENE DA SILVA FONSECA, Discente**, em 13/06/2023, às 21:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3816830** e o código CRC **93E0BC79**.

Referência: Processo nº 23070.006945/2023-10

SEI nº 3816830

À minha mãe Aliciene, meu irmão Alex e ao meu esposo Niuton, com todo amor e carinho.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me fortalecer e ajudar a superar obstáculos, permitindo que eu alcance meus objetivos.

À minha família, em especial à minha mãe Aliciene, por seu incentivo, apoio e exemplo de determinação ao longo da minha vida. Ao meu irmão Alex, pela amizade e carinho.

Ao meu esposo Niuton, por seu amor, dedicação e companheirismo, sempre ao meu lado, me incentivando e apoiando em todos os momentos.

Ao meu orientador, professor Thiago Alves de Queiroz, por sua confiança, conselhos valiosos, paciência e orientação dedicada, que foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

À todos os meus professores que contribuíram para a minha formação e a todos os meus amigos pelo apoio e amizade.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo auxílio financeiro recebido durante a realização do mestrado.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal nessa etapa.

“Enquanto você sonha, você está fazendo o rascunho do seu futuro.”

Charles Chaplin

RESUMO

FONSECA, GISLENE DA SILVA. *Heurísticas para o Transporte Dinâmico de Pacientes dentro de Hospitais*. 2023. 106 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem e Otimização) – Instituto de Matemática e Tecnologia, Universidade Federal de Catalão, Catalão – GO.

Nesta pesquisa, métodos heurísticos são desenvolvidos para determinar rotas de veículos que fazem o transporte de pacientes dentro de um hospital. O problema consiste em coletar e entregar os pacientes entre as unidades. O setor responsável do hospital recebe as solicitações, que chegam no decorrer do dia, em tempo real, e nelas estão as informações dos pacientes, incluindo os procedimentos necessários para o atendimento. Quando uma solicitação chega, estuda-se a necessidade de tomar uma decisão observando os veículos disponíveis e as rotas para melhor realizar o transporte, visto que os pacientes deveriam ser coletados e entregues dentro de uma janela de tempo. O objetivo é minimizar o atraso total ponderado no atendimento das solicitações. O atraso ocorre quando um paciente é entregue após o fim da sua janela de tempo. O atraso é ponderado pela urgência do paciente. Como forma de obter uma solução eficaz para o problema, propõe-se uma heurística de reotimização que utiliza diferentes regras para a tomada de decisões, ou seja, como os pacientes são escolhidos para coleta e entrega de forma a atingir o objetivo do problema. As regras consideram informações disponíveis sobre os pacientes e/ou hospital. Além disso, desenvolve-se uma metaheurística de recozimento simulado para ser utilizada pela heurística de reotimização. Os métodos desenvolvidos são comparados em relação ao objetivo do problema, número de veículos e capacidade dos veículos, considerando a resolução de instâncias geradas aleatoriamente e também instâncias reais obtidas de outros trabalhos da literatura. Os resultados indicam que dentre as regras utilizadas, a baseada na distância (tempo) para o veículo se deslocar de uma unidade a outra são mais favoráveis para reduzir o atraso total ponderado e, assim, obter soluções de qualidade. Por outro lado, os melhores resultados são obtidos quando o recozimento simulado é utilizado para a tomada de decisões. Considerando a influência do número de veículos e da capacidade dos mesmos, os resultados indicam que um aumento na quantidade de veículos e na capacidade de cada um resulta em uma redução no atraso total ponderado.

Palavras-chaves: Problema de Coleta e Entrega de Pacientes, Janela de Tempo, Recozimento Simulado, Heurística de Reotimização.

ABSTRACT

FONSECA, GISLENE DA SILVA. *Heuristics for the Dynamic Transportation of Patients inside Hospitals*. 2023. 106 f. Master Thesis in Modelling and Optimization – Instituto de Matemática e Tecnologia, Universidade Federal de Catalão, Catalão – GO.

In this research, heuristic methods are developed to determine vehicle routes transporting patients inside a hospital. The problem concerns the picking and delivering of patients among the hospital's units. The transportation sector of the hospital receives the requests, which arrive during the day in real-time. These contain the patients' information, including the procedures necessary for the care. When a request is available, a decision should be taken, observing the vehicle's disponibility and the existing routes since the patients should be picked up and delivered within a time window. The objective is to minimize the total weighted tardiness in serving all requests. The tardiness occurs when a patient is delivered after the end of her time window. The patient's urgency weights the tardiness. As a way to obtain an effective solution to the problem, a re-optimization heuristic is proposed that uses different rules for decision-making. The rules are based on how patients are chosen for picking up and delivery to attain the problem's objective. The rules consider available information about patients and/or the hospital. Furthermore, a simulated annealing metaheuristic is developed to be used by the re-optimization heuristic. The developed methods are compared concerning the problem's objective, the number of vehicles, and the vehicle's capacity, considering randomly generated instances and realistic instances obtained from other papers in the literature. The results indicate that among the rules used, those based on the distance (time) for the vehicle to move from one unit to another are more favorable to reducing the total weighted tardiness and, thus, obtaining quality solutions. On the other hand, the best results are obtained when simulated annealing is used for decision-making. Concerning the number of vehicles and their capacity, results indicate that the greater the number of vehicles and their capacity, the smaller the total weighted tardiness.

Keywords: Pickup and Delivery of Patients, Time Window, Simulated Annealing, Re-optimization Heuristic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Exemplo de representação do grafo de um hospital com cinco unidades . . .	36
Figura 3.2 – Operador R_1	39
Figura 3.3 – Operador R_2	40
Figura 3.4 – Operador R_3	40
Figura 3.5 – Operador R_4	41
Figura 3.6 – Garantia	42
Figura 3.7 – Exemplo da regra G1	45
Figura 3.8 – Exemplo da regra G2	46
Figura 3.9 – Exemplo da regra G3	47
Figura 3.10 – Exemplo da regra G4	48
Figura 3.11 – Exemplo da regra G5	49
Figura 4.1 – A atraso total ponderado médio para as instâncias do hospital com 5 (HOSP5), 10 (HOSP10) e 15 (HOSP15) unidades	58
Figura 4.2 – Influência do número de veículos para o hospital com 5 unidades	59
Figura 4.3 – Influência do número de veículos para o hospital com 10 unidades	60
Figura 4.4 – Influência do número de veículos para o hospital com 15 unidades	60
Figura 4.5 – Influência da capacidade dos veículos para o hospital com 5 unidades	61
Figura 4.6 – Influência da capacidade dos veículos para o hospital com 10 unidades	62
Figura 4.7 – Influência da capacidade dos veículos para o hospital com 15 unidades	63
Figura 4.8 – Influência do número de veículos sobre as instâncias de Côté <i>et al.</i> (2020)	66
Figura 4.9 – Influência da capacidade dos veículos sobre as instâncias de Côté <i>et al.</i> (2020)	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Matriz simétrica com o tempo de viagem entre as cinco unidades do hospital	36
Tabela 3.2 – Exemplo de solicitações para uma instância do problema	37
Tabela 4.1 – Resultados para o hospital com 5 unidades	53
Tabela 4.2 – Resultados para o hospital com 10 unidades	55
Tabela 4.3 – Resultados para o hospital com 15 unidades	57
Tabela 4.4 – Resultados sobre as instâncias de Côté <i>et al.</i> (2020)	65
Tabela A.1 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 1 veículo com capacidade máxima de 2 pacientes	79
Tabela A.2 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 2 veícu- los com capacidade máxima de 2 pacientes	80
Tabela A.3 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 3 veícu- los com capacidade máxima de 2 pacientes	81
Tabela A.4 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 4 veícu- los com capacidade máxima de 2 pacientes	82
Tabela A.5 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 1 veí- culo com capacidade máxima de 2 pacientes	83
Tabela A.6 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 2 veí- culos com capacidade máxima de 2 pacientes	84
Tabela A.7 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 3 veí- culos com capacidade máxima de 2 pacientes	85
Tabela A.8 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 4 veí- culos com capacidade máxima de 2 pacientes	86
Tabela A.9 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 1 veí- culo com capacidade máxima de 2 pacientes	87
Tabela A.10 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 2 veí- culos com capacidade máxima de 2 pacientes	88
Tabela A.11 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 3 veí- culos com capacidade máxima de 2 pacientes	89

Tabela A.12 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 4 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes	90
Tabela A.13 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 1 paciente	91
Tabela A.14 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 3 pacientes	92
Tabela A.15 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 4 pacientes	93
Tabela A.16 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 1 paciente	94
Tabela A.17 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 3 pacientes	95
Tabela A.18 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 4 pacientes	96
Tabela A.19 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 1 paciente	97
Tabela A.20 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 3 pacientes	98
Tabela A.21 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 4 pacientes	99
Tabela B.1 – Resultados obtidos para as instâncias de Côté <i>et al.</i> (2020) considerando 1 veículo com capacidade máxima de 2 pacientes	101
Tabela B.2 – Resultados obtidos para as instâncias de Côté <i>et al.</i> (2020) considerando 3 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes	102
Tabela B.3 – Resultados obtidos para as instâncias de Côté <i>et al.</i> (2020) considerando 4 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes	103
Tabela B.4 – Resultados obtidos para as instâncias de Côté <i>et al.</i> (2020) considerando 2 veículos com capacidade máxima de 1 paciente	104
Tabela B.5 – Resultados obtidos para as instâncias de Côté <i>et al.</i> (2020) considerando 2 veículos com capacidade máxima de 3 pacientes	105
Tabela B.6 – Resultados obtidos para as instâncias de Côté <i>et al.</i> (2020) considerando 2 veículos com capacidade máxima de 4 pacientes	106

Lista de Algoritmos

Algoritmo 3.1	Recozimento simulado para o problema	38
Algoritmo 3.2	Heurística de reotimização para o problema	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos e Justificativas	16
1.2	Metodologia	17
1.3	Organização do Trabalho	18
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	Métodos de Solução	19
2.2	Problema de Roteamento de Veículos	21
2.3	Problema de Coleta e Entrega	24
2.4	Problema <i>dial-a-ride</i>	27
3	PROBLEMA EM ESTUDO E MÉTODOS PROPOSTOS	35
3.1	Definição do Problema	35
3.1.1	Recozimento Simulado	38
3.2	Heurística de Reotimização	42
4	EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS	50
4.1	Resultados sobre as Instâncias Aleatórias	51
4.2	Resultados sobre as Instâncias da Literatura	63
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	68
	REFERÊNCIAS	71
APÊNDICE A	TABELAS COM OS RESULTADOS SOBRE AS INSTÂNCIAS COM 5, 10 E 15 UNIDADES	78
APÊNDICE B	TABELAS COM OS RESULTADOS SOBRE AS INSTÂNCIAS DA LITERATURA	100

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Em hospitais, principalmente os de grande porte, o problema de transporte interno de pacientes é comum. As solicitações são enviadas ao setor de transporte responsável, que tem um curto período de tempo para atendê-las. Essas solicitações se compõem de ações de coleta e entrega de pacientes, que devem ser tomadas rapidamente, em vista de novas solicitações que surgem e precisam ser atendidas da mesma maneira, bem como da urgência dos pacientes (BEAUDRY *et al.*, 2010).

O problema tratado nesta pesquisa é o de transporte dinâmico de pacientes dentro de um hospital, entre as suas unidades de atendimento. De acordo com Beaudry *et al.* (2010), as unidades de diagnóstico médico, atendimento e as de tratamento estão entre as unidades mais visitadas pelos pacientes. O transporte desses pacientes entre as unidades de saúde e áreas de serviço é de responsabilidade do departamento de transporte do hospital. Em hospitais menores, os pacientes são transportados em macas, camas e cadeiras de rodas. Em hospitais maiores, o transporte é feito por ambulâncias ou veículos específicos, que geralmente podem ser compartilhados entre pacientes. Os serviços hospitalares são afetados por esse transporte, pois a entrega de um paciente depois da sua janela de tempo pode resultar em insatisfação para o mesmo e também acarretar atrasos em outros serviços prestados pelo hospital.

Com base nos veículos e nas solicitações disponíveis, o departamento de transporte define qual veículo atenderá a cada solicitação, sempre observando o objetivo proposto, que no caso desta pesquisa está relacionado a minimizar o atraso total ponderado ao executar as rotas. Como as solicitações chegam dinamicamente, as decisões devem ser tomadas de acordo, levando em consideração as rotas atuais e a disponibilidade dos veículos. As decisões relacionadas com as solicitações não são simples, pois elas dependem da posição atual do veículo, da sua capacidade e do seu *status* (por exemplo, se está atendendo uma solicitação ou se está parado), como também fatores complicadores que consideram a urgência do paciente e as janelas de tempo (CÔTÉ *et al.*, 2020).

Problemas que consideram o transporte de pessoas (pacientes) e objetos podem ser considerados como variantes do problema de roteamento de veículos, como é o caso do problema de coleta e entrega. Em [Doerner e Salazar-González \(2014\)](#), encontra-se uma revisão geral dos problemas relacionados ao transporte de pessoas. Os autores detalham trabalhos que consideram o transporte de pessoas idosas e deficientes, com o objetivo de minimizar os custos, mas também para melhorar a qualidade do serviço.

No transporte de pacientes, um problema conhecido é o *Dial-a-Ride Problem* (DARP) ([TOTH; VIGO, 2014](#)). No DARP, busca-se definir roteiros (com horários) para os veículos de forma a coletar e entregar os pacientes. Existem solicitações para o local de coleta, o local de entrega, bem como restrições de janela de tempo associadas aos pacientes. De acordo com [Cordeau e Laporte \(2007\)](#), o DARP tem como objetivo planejar um conjunto de rotas de veículos buscando o custo mínimo capaz de acomodar o maior número possível de solicitações (pacientes), respeitando as restrições impostas ao problema.

O DARP, sendo um problema de roteamento de veículos, é caracterizado como um Problema de Coleta e Entrega, do inglês *Pick up and Delivery Problem* (PDP), com janelas de tempo. Enquanto o PDP é um problema mais geral, o DARP concentra-se nas restrições operacionais associadas ao transporte de pessoas, pois ofertar um serviço de qualidade é necessário nesses casos ([DOERNER; SALAZAR-GONZÁLEZ, 2014](#)).

Algumas aplicações do DARP são citadas na literatura, como em [Madsen, Ravn e Rygaard \(1995\)](#), [Toth e Vigo \(1996\)](#), [Toth e Vigo \(1997\)](#), e mais recente em [Luo, Liu e Lim \(2019\)](#) no transporte de idosos e pessoas com deficiência. [Reinhardt, Clausen e Pisinger \(2013\)](#) consideraram o transporte de passageiros feridos, idosos e deficientes em aeroportos. Em [Beaudry et al. \(2010\)](#), [Kergosien et al. \(2011\)](#), [Schmid e Doerner \(2014\)](#) e [Côté et al. \(2020\)](#), os pacientes são transportados entre distintas unidades de um hospital. Em [Elmbach, Scholl e Walter \(2019\)](#), o transporte dos pacientes não é motorizado e [Zhao et al. \(2022\)](#) consideraram o transporte dos pacientes não emergenciais por ambulâncias.

Os problemas que os hospitais lidam diariamente são relacionados, em uma parte, com a logística de pacientes e/ou de equipes médicas, envolvendo a coleta e entrega deles em locais específicos ([OLIVEIRA, 2012](#)). Esses problemas necessitam de decisões de curto prazo, que estão presentes na Pesquisa Operacional, e geralmente são classificados como NP-difíceis ([FIKAR; HIRSCH, 2017](#)). Por isso, torna-se fundamental o desenvolvimento de métodos de solução eficazes para lidar com os casos reais ([CISSÉ et al., 2017](#)). Como o DARP é um problema NP-difícil e o transporte de pacientes deve ser resolvido em um curto tempo computacional, os métodos de solução são em maioria heurísticas e meta-heurísticas ([BEAUDRY et al., 2010](#)).

Neste trabalho, lida-se com um problema de transporte de pacientes entre as unidades de um hospital. O problema tem natureza dinâmica, pois as solicitações são conhecidas em tempo real, pelo setor de transporte, durante o horizonte de trabalho dos veículos, ou

seja, no momento em que o paciente está pronto para ser transportado. Se todas as solicitações são conhecidas no início do horizonte de tempo, diz-se que o problema é estático (CÔTÉ *et al.*, 2020). Para o estudo, desenvolve-se uma heurística de reotimização que utiliza cinco regras para a tomada de decisões, ou seja, a escolha que se faz para coletar e entregar um paciente. Propõe-se também uma aplicação da meta-heurística de recozimento simulado. O objetivo dos métodos é minimizar o atraso total ponderado ao executar as rotas utilizando um ou mais veículos para a coleta e entrega dos pacientes.

1.1 Objetivos e Justificativas

O objetivo principal do trabalho é desenvolver métodos heurísticos eficazes para o problema de coleta e entrega de pacientes entre as unidades de um hospital. Neste estudo, lida-se com um problema de natureza dinâmica. Desta forma, algumas solicitações podem ser conhecidas inicialmente, mas é comum que sejam compartilhadas durante o horizonte de trabalho dos veículos. Isso significa que as solicitações chegam de forma dinâmica, em tempo real, e os veículos são direcionados de acordo para atendê-las. Cada solicitação está associada a um paciente, com sua prioridade, que depende do grau de urgência do paciente, e o tempo que ele pode esperar para receber atendimento. Deseja-se que, ao concluir o atendimento das solicitações, o atraso total ponderado no transporte seja mínimo.

Para o problema, desenvolvem-se heurísticas, que são algoritmos capazes de encontrar uma solução para o problema, mas não necessariamente a ótima. O foco para a solução do problema está no desenvolvimento de uma heurística de reotimização devido a dinamicidade das informações, mas também se busca por uma meta-heurística de recozimento simulado, a qual tem obtido boas soluções para diferentes problemas de otimização. As heurísticas desenvolvidas consideram a tomada de decisões envolvendo o posicionamento dos veículos e/ou características dos pacientes para efetivar a coleta e a entrega nas unidades desejadas do hospital.

A codificação das heurísticas é feita em uma linguagem de programação, permitindo realizar comparações com outros trabalhos da literatura, quando possível, e resolver instâncias variadas do problema. Dessa forma, os objetivos específicos contemplam:

- Desenvolver regras que possam ser utilizadas na construção de rotas eficientes para os veículos de transporte;
- Desenvolver uma heurística de reotimização que contemple as regras;
- Desenvolver um método baseado no recozimento simulado;
- Codificar os métodos em uma linguagem de programação de alto nível;

- Realizar experimentos numéricos sobre diversas instâncias para validar e verificar o desempenho das heurísticas;
- Apresentar e discutir resultados computacionais que possam direcionar os tomadores de decisão em hospitais que lidam com o problema em questão.

A realização dessa pesquisa justifica-se pela importância real do problema sendo tratado. Além disso, minimizar o atraso no transporte de pacientes dentro de hospitais pode trazer vários benefícios, inclusive bem-estar e saúde para os pacientes, o que não tem preço definido. Outro benefício é a melhor utilização dos recursos, como os veículos de transporte e as equipes de atendimento. Destaca-se ainda a importância de se estudar problemas da classe NP-Difícil (GAREY; JOHNSON, 1979). Com isso, torna-se evidente que há um grande número de aplicações dentro dos hospitais e outros problemas de transporte que poderão fazer uso desta pesquisa, justificando sua relevância científica e tecnológica para a área de saúde e logística.

1.2 Metodologia

De acordo com GIL (2009), a metodologia de pesquisa pode ser classificada com base nos objetivos gerais e específicos, podendo ser exploratória, descritiva e explicativa. Quanto aos procedimentos técnicos aplicados, pode ser bibliográfica, documental, *ex-post-facto* (experimentos realizados após os fatos), levantamento de dados, estudo de campo, estudo de caso e pesquisa-ação. E quanto a natureza, ela pode ser quantitativa e qualitativa. Diante das classificações para a metodologia desenvolvida neste trabalho:

- Com base nos objetivos, a pesquisa é descritiva, pois busca por relações entre as variáveis utilizadas, descrevendo-as dentro do contexto estudado (GIL, 2009).
- Com base nos procedimentos técnicos, a pesquisa é bibliográfica, pois utiliza o conhecimento disponível a partir das teorias publicadas em livros, artigos, teses, entre outros, com o objetivo de conhecer e analisar as principais contribuições existentes na literatura sobre um determinado tema ou problema. Além disso, ela é também experimental, pois analisa o problema e constrói hipóteses, ou seja, algoritmos e experimentos computacionais serão realizados para alcançar os objetivos (KÖCHE, 2016).
- Com base na abordagem, a pesquisa é quantitativa, pois faz o uso de dados numéricos para, então, gerar conjuntos de informações que podem ser analisados usando técnicas e ter-se conclusões sobre elas (PEREIRA *et al.*, 2018).

Dessa forma, os objetivos desta pesquisa são alcançados a partir do estudo de um problema real da área de saúde para o qual se desenvolvem métodos heurísticos. A proposta

está em uma heurística de reotimização que se diferencia nas regras utilizadas no processo de decisão, ou seja, nas escolhas que se faz para coletar e entregar um paciente. Outra proposta de método está relacionada a uma meta-heurística de recozimento simulado. Todos os métodos devem ser codificados na linguagem de programação Python. As instâncias utilizadas no trabalho são geradas aleatoriamente e também existem instâncias disponibilizadas na literatura por [Côté *et al.* \(2020\)](#). Elas são usadas para validar os métodos e fomentar discussões sobre eles. Além disso, comparações entre os métodos devem ser feitas avaliando o impacto que as regras usadas na heurística de reotimização trazem sobre a solução final, bem como a influência da quantidade de veículos e da capacidade dos veículos, para a qualidade da solução.

1.3 Organização do Trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. No capítulo 1, apresenta-se uma introdução do objeto de estudo, isto é, do DARP, assim como os objetivos, as justificativas e a metodologia empregada para desenvolver a pesquisa de mestrado.

No capítulo 2 há uma revisão sobre os trabalhos relacionados de roteamento de veículos, como também de suas variantes com coleta e entrega e janelas de tempo. Alguns métodos de resolução são comentados, destacando aqueles utilizados nesta pesquisa. Já no capítulo 3 é dada uma definição formal do problema em estudo, bem como os métodos heurísticos propostos são detalhados, em particular, a meta-heurística de recozimento simulado e a heurística de reotimização com as suas cinco regras.

O capítulo 4 apresenta as instâncias geradas aleatoriamente, bem como as instâncias da literatura que são resolvidas pelos métodos heurísticos propostos. Este capítulo ainda traz os experimentos computacionais realizados com cada um dos métodos e uma discussão dos resultados. Tabelas e figuras comparativas entre as soluções obtidas pelas heurísticas são apresentadas, além de um estudo do impacto que alguns parâmetros do problema trazem sobre a solução final.

O capítulo 5 apresenta as conclusões da pesquisa e diretrizes futuras para a sua continuação, bem como para a elaboração de novos estudos. Os Apêndices A e B contêm as tabelas com todos os resultados das heurísticas para cada caso estudado no capítulo com os experimentos computacionais.

Capítulo 2

REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o problema de roteamento de veículos, dando algum enfoque no transporte de pessoas. Na Seção 2.1, classificam-se as heurísticas utilizadas para resolver problemas de otimização, como é o caso da meta-heurística de recozimento simulado. Na seção 2.2, apresenta-se o problema de roteamento de veículos, como também se discute alguns artigos com a sua aplicação. Na seção 2.3, comenta-se sobre o problema de coleta e entrega e as contribuições da literatura acerca dele. Por fim, o DARP é discutido na Seção 2.4, que apresenta sua definição e aplicações, bem como alguns métodos heurísticos que a literatura tem usado para resolvê-lo.

2.1 Métodos de Solução

A aplicação de métodos exatos garante uma solução ótima para um problema de otimização, enquanto os métodos heurísticos apenas tentam retornar uma boa solução, não necessariamente ótima. Por outro lado, o tempo gasto por um método exato para encontrar uma solução ótima para um problema NP-difícil pode ser muito maior (e geralmente esse tempo cresce de forma exponencial a medida que o tamanho da instância cresce) do que usando métodos heurísticos, o que torna sua utilização limitada, principalmente para problemas reais com instâncias de médio e grande porte. Assim, frequentemente, os métodos heurísticos são utilizados para resolver problemas reais de otimização. Conforme [Martí e Reinelt \(2011\)](#), as heurísticas podem ser classificadas em:

- Método de decomposição: consiste em dividir o problema original em subproblemas mais simples de se resolver, tendo em conta que todos os subproblemas devem compor a mesma classe do problema inicial;
- Método indutivo: parte da ideia de generalizar casos menores ou mais simples do problema, de modo a aplicar para problemas mais gerais;

- Método de redução: envolve a identificação de algumas propriedades que presumidamente deverão resultar em boas soluções. Essas são, então, introduzidas no problema através de limitantes. O objetivo é delimitar o espaço das soluções simplificando o problema.
- Método construtivo: envolve a construção de uma solução para o problema, ou seja, inicia-se com uma solução vazia e, a cada passo, um novo elemento é adicionado até a obtenção de solução completa.
- Método de busca local: começa com uma solução viável para o problema e busca melhorá-la progressivamente. Ou seja, a cada etapa, explora-se a vizinhança da solução atual em busca de uma melhor solução. O método termina, por exemplo, quando, para a solução, não se encontra outra solução que a melhore.

As heurísticas classificadas anteriormente são desenvolvidas de forma particular para os problemas e, assim, podem ter a sua aplicação restrita àquele problema. Existe uma outra classe, que são as meta-heurísticas, ou seja, uma heurística geral que possui uma estrutura que pode ser replicada em diferentes problemas com pequenas modificações. As meta-heurísticas têm sido bastante utilizadas devido a sua estrutura genérica, geralmente se aplicando a uma variedade de problemas com apenas algumas mudanças conforme o problema sendo resolvido (ABDEL-BASSET; ABDEL-FATAH; SANGAIAH, 2018).

Conforme Abdel-Basset, Abdel-Fatah e Sangaiah (2018), as meta-heurísticas possuem características fundamentais, que podem ser resumidas em: não são definidas para um problema específico; exploram o espaço de busca de forma mais ampla para encontrar uma solução de melhor qualidade; podem ser descritas por nível de abstração (por exemplo, simulando a vida de animais ou processos da natureza); permitem, na sua maioria, uma implementação paralela; podem utilizar técnicas avançadas de aprendizado; e geralmente incorporam algum mecanismo para evitar a convergência prematura.

Algumas meta-heurísticas conhecidas são o recozimento simulado, o algoritmo genético, a busca tabu, a colônia de formigas, a colônia de abelhas e a busca em vizinhança variável. O recozimento simulado, do inglês *Simulated Annealing* (SA), tem sido amplamente utilizado por trazer resultados de qualidade para problemas de otimização (DELAHAYE; CHAI-MATANAN; MONGEAU, 2019) e, dessa forma, é também utilizado na presente pesquisa.

O recozimento simulado tem sua origem no algoritmo proposto por Metropolis *et al.* (1953), que simula uma técnica de resfriamento de um material quando aquecido. Ele foi apresentado inicialmente por Kirkpatrick, Junior e Vecchi (1983), com aplicação sobre problemas de otimização. Os autores mostraram que pode ser possível expandir o algoritmo original para a resolução de problemas gerais de otimização.

Em linhas gerais, o recozimento simulado é baseado no processo termodinâmico aplicado a metais, com o propósito de obter uma massa homogênea e de baixa energia na estrutura interna. O metal é aquecido a uma temperatura alta e, em seguida, o metal é resfriado lentamente de modo que a estrutura dos átomos do metal se estabilize e alcance um sólido cristalino. Se o processo de resfriamento for rápido, o metal poderá ter um estado com muitos defeitos e irregularidades (CARLETTI; MEOLI; CRAVERO, 2006).

Ao contrário de outros métodos heurísticos, que convergem rapidamente para soluções associadas a ótimos locais, o recozimento simulado pode escapar desses ótimos visando atingir um ótimo global (XIANG; GUBIAN; MARTIN, 2017). As principais vantagens de aplicá-lo estão associadas a eficiência de lidar com problemas envolvendo muitas restrições e ter critérios para explorar diferentes regiões do espaço de busca, como é o caso de aceitar soluções piores. Outra característica é a facilidade para a sua codificação em uma linguagem de programação de alto nível.

No algoritmo do recozimento simulado, parte-se com uma temperatura inicial e uma solução inicial. Essa solução é melhorada através de pequenas mudanças locais. O algoritmo possui uma função de aceitação que contribui para diminuir a probabilidade de se ficar preso em ótimos locais. Além disso, pode-se incluir uma busca local. A temperatura inicial da solução deve ser alta para permitir explorar uma vasta gama de soluções, incluindo aceitar com mais facilidade soluções piores. A medida que a temperatura diminui, apenas as soluções de melhor valor são aceitas. Ao longo das iterações, explora-se a vizinhança da solução atual para, em seguida, calcular o valor da nova solução vizinha. Esse valor é então analisado para verificar a aceitação direta da nova solução (se o seu valor for melhor) ou a sua aceitação conforme a função de aceitação (NEARCHOU, 2004).

2.2 Problema de Roteamento de Veículos

O Problema de Roteamento de Veículos, do inglês *Vehicle Routing Problem* (VRP), considera um conjunto de solicitações de clientes e uma frota de veículos. O objetivo do VRP é determinar um conjunto de rotas para atender as solicitações pela frota de veículos a um custo mínimo. Assim, busca-se decidir qual veículo atende quais solicitações e em qual sequência para que as rotas dos veículos possam ser executadas a um custo total mínimo (IRNICH; TOTH; VIGO, 2014).

Parte da literatura do VRP (e de suas variantes) tem lidado com problemas cujas informações são todas conhecidas e disponíveis de antemão. Por outro lado, o número de trabalhos considerando problemas de natureza dinâmica tem crescido ao longo dos anos (VIDAL; LAPORTE; MATL, 2020). O objetivo da presente pesquisa está nos problemas dinâmicos. Em um problema estático, todas as informações são conhecidas com antecedência, ou seja, antes do início do processo de planejamento das rotas. Por outro lado, em um pro-

blema de natureza dinâmica, além de poder existir informações conhecidas inicialmente, novas informações chegam no decorrer de um horizonte de tempo, ou seja, essas são recebidas ao longo das operações e as rotas dos veículos são atualizadas (reotimizadas) em tempo real para atendê-las (CORDEAU, 2006).

Problemas dinâmicos, na prática, acabam sendo tratados como sequências de sub-problemas estáticos. Ou seja, com rotas já definidas, a solução atual pode ser atualizada (reotimizada) quando uma nova solicitação passa a ser conhecida, ou um conjunto com novas solicitações são armazenadas para serem, depois, inseridas nas rotas já existentes (CORDEAU; LAPORTE, 2007). Problemas de natureza estática e dinâmica costumam ainda ser definidos com os termos *offline* e *online*, respectivamente (PINEDO, 2012).

Um problema pode ainda ser classificado quanto as suas informações (por exemplo, as solicitações de clientes). Se todas as informações são conhecidas com certeza no momento da decisão, ele é caracterizado como determinístico. Se, por outro lado, parte das informações não é conhecida ou são incertas no momento de tomada das decisões, o problema é caracterizado como estocástico (HO *et al.*, 2018). Dessa forma, um VRP pode estar em uma de quatro categorias: estático e determinístico, estático e estocástico, dinâmico e determinístico, e dinâmico e estocástico (BATTARRA; CORDEAU; IORI, 2014). Observando Rios *et al.* (2021), tem-se:

- VRP estático e determinístico: todas as informações de entrada são conhecidas com antecedência e com certeza, e pressupõe-se que elas não mudam durante o planejamento e execução das rotas.
- VRP estático e estocástico: as informações de entrada são parcialmente conhecidas com antecedência, sendo algumas (ou todas) representadas por parâmetros aleatórios (por exemplo, variáveis aleatórias seguindo alguma distribuição de probabilidade). As rotas são projetadas antes da sua execução e pequenas modificações são aceitas durante a execução delas, quando as informações podem então ser conhecidas.
- VRP dinâmico e determinístico: algumas ou todas as informações de entrada são não conhecidas antes da execução das rotas. Essas informações não são representadas por parâmetros aleatórios, mas se tornam disponíveis com certeza durante a execução das rotas.
- VRP dinâmico e estocástico: a diferença com o VRP dinâmico e determinístico, é que agora algumas informações são representadas por parâmetros aleatórios.

Segundo Pillac *et al.* (2013), os problemas dinâmicos e determinísticos são frequentemente resolvidos com abordagens baseadas de reotimização. A otimização começa com o conjunto de solicitações já conhecidas, produzindo um conjunto inicial de rotas a serem

executadas pelos veículos. Com as informações tornando-se conhecidas ao longo do horizonte de trabalho, faz-se uma reotimização das rotas considerando as novas informações existentes, além das decisões tomadas anteriormente [Pillac, Guéret e Medaglia \(2017\)](#).

O VRP foi formalmente introduzido por [Dantzig e Ramser \(1959\)](#), buscando pelo roteamento de veículos em uma frota de caminhões para a entrega de combustível, a partir de um terminal para postos de combustíveis. Desde então, este problema está entre os mais estudados dentro da Pesquisa Operacional. Uma variante do VRP é o problema de coleta e entrega (PDP). No PDP, há o transporte de bens/passageiros entre locais de coleta e de entrega. Este transporte é feito por uma frota de veículos, que inicialmente se encontra em um depósito, a qual deve satisfazer um conjunto de restrições. Cada solicitação está associada a dois locais: um local de origem, onde uma determinada demanda deve ser retirada, e um local de destino, onde essa demanda deve ser entregue ([TOTH; VIGO, 2002](#)). Em alguns casos, o problema pode impor uma janela de tempo associada a cada solicitação e o veículo não pode chegar nesse local fora dessa janela de tempo ([ROPKE; CORDEAU, 2009](#)). No contexto de coleta e entrega, uma outra variante do VRP, agora relacionada ao transporte de pessoas, é o *dial-a-ride problem* ([CORDEAU; LAPORTE, 2007](#)).

[Branke et al. \(2005\)](#) consideraram um VRP dinâmico, com o objetivo de maximizar a probabilidade de um novo cliente ser inserido em uma rota existente sem violar as restrições de tempo. Os autores estudaram melhores localizações para a espera dos veículos para a chegada de novos clientes, investigando casos com um e dois veículos, além de um caso geral. Para os primeiros casos, estudaram teorias para as melhores estratégias de espera, enquanto no caso geral, várias estratégias de espera baseadas em heurísticas foram testadas e comparadas.

[Thomas \(2007\)](#) lidou com o VPR dinâmico e estocástico, no qual as informações de clientes, sobre as suas localizações e demandas probabilísticas futuras, são usadas para maximizar o número esperado de clientes atendidos por um único veículo capacitado. O autor estudou casos em que o veículo sempre espera ou nunca espera, e também uma situação em que se sabe onde esperar. As comparações numéricas mostraram que as informações de localização do cliente são mais importantes do que as informações do cliente solicitar alguma demanda. [Jaillet e Wagner \(2008\)](#) trataram de um VRP dinâmico, considerado uma generalização do problema do caixeiro viajante, que usa informações reveladas de forma incremental para atualizar as decisões. No problema estudado havia restrições de precedência, capacidade e de vários veículos.

[Vidal et al. \(2013\)](#) revisaram os principais trabalhos sobre problemas de roteamento de veículos com múltiplos atributos, fornecendo um levantamento de heurísticas e metaheurísticas da literatura. [Pillac et al. \(2013\)](#) classificaram os problemas de roteamento na perspectiva da qualidade e evolução da informação. Os autores descreveram uma visão geral do roteamento dinâmico, levando em consideração o grau de dinamismo e apresentaram

uma revisão abrangente de aplicações e métodos de solução para o VRP. Por sua vez, [Irnich, Toth e Vigo \(2014\)](#) trouxeram uma definição geral do VRP e de seus componentes básicos, como as solicitações de transporte e como podem ser atendidas, sobre a frota de veículos, os custos e os lucros relacionados, e a viabilidade das rotas.

[Ritzinger, Puchinger e Hartl \(2016\)](#) classificaram a literatura de problemas de roteamento de veículos dinâmicos e estocásticos. Os autores apresentaram uma taxonomia considerando os tipos de informações estocásticas disponíveis e suas influências nos métodos de solução propostos na literatura. Eles concluíram que o tratamento adequado de eventos dinâmicos combinados com a incorporação de informações estocásticas sobre possíveis eventos futuros normalmente produzem melhores soluções. Recentemente, [Zhang et al. \(2022\)](#) lidaram com um VRP dinâmico que surge em vários contextos, como na entrega de refeições e envio de encomendas. Eles consideraram solicitações estocásticas de clientes com o objetivo de maximizar o número esperado de solicitações atendidas.

2.3 Problema de Coleta e Entrega

No PDP, os veículos atendem a um conjunto de solicitações de transporte entre uma origem e um destino. Em geral, cada rota começa e termina em um mesmo depósito e respeita as restrições de precedência, ou seja, para cada solicitação, a coleta deve preceder a entrega, sendo efetuadas pelo mesmo veículo. O PDP surge naturalmente de muitos contextos reais, como serviços de correio urbano e sistemas de transporte porta a porta para idosos e pessoas com deficiência. Nas aplicações, quando presente, as janelas de tempo limitam o horário que o veículo pode visitar um local para realizar a coleta e a entrega. Quando o transporte é de passageiros, restrições de tempo de viagem também são frequentemente impostas para reduzir a insatisfação, ou seja, para limitar o tempo que um passageiro fica dentro do veículo ([ROPKE; CORDEAU; LAPORTE, 2007](#)).

De acordo com [Battarra, Cordeau e Iori \(2014\)](#), os PDPs podem ser organizados em três grupos distintos. O primeiro envolve os problemas do tipo “muitos para muitos” (M-M), em que a mercadoria pode ser transportada entre múltiplas entregas e coletas. O segundo envolve os problemas do tipo “de um para muitos para um” (1-M-1), em que as entregas e as coletas envolvem dois conjuntos distintos, ou seja, com as mercadorias a serem coletadas de um depósito e entregues para muitos clientes e de mercadorias a serem coletadas de muitos clientes e então entregues em um depósito. E por último, os problemas do tipo “um para um” (1-1), em que cada cliente tem associado um nó de coleta e um nó de entrega. Problemas desse último grupo surgem, por exemplo, nas operações de correio, em serviços de transporte porta a porta e na presente pesquisa, com o transporte de pacientes entre as unidades de um hospital.

Alguns estudos a respeito do PDP e suas variantes são apresentados nos seguintes

trabalhos. Em [Berbeglia et al. \(2007\)](#) se revisam PDPs estáticos, apresentando uma estrutura geral para modelar uma grande coleção de problemas, bem como um esquema de classificação de três campos. Os autores ainda revisaram os diferentes métodos para resolvê-los. [Cordeau, Laporte e Ropke \(2008\)](#) discutiram sobre algoritmos exatos e heurísticos para PDPs. Os autores criaram duas seções principais, uma sobre veículos únicos e outra considerando trabalhos sobre múltiplos veículos. Existem ainda seções sobre algoritmos exatos e heurísticas para as diferentes variantes do problema.

No trabalho de [Subramanian et al. \(2010\)](#) há um método heurístico paralelo para o problema de coleta e entrega simultânea. A heurística considera um procedimento de descida em vizinhança variável, que é integrado em uma busca local iterada. Os experimentos foram realizados com até 256 núcleos, em um cluster com uma arquitetura de múltiplos núcleos. Os resultados obtidos mostraram que o algoritmo proposto melhorou várias soluções já conhecidas, disponíveis na literatura.

[Ting e Liao \(2013\)](#) estudaram o problema de coleta e entrega seletiva, relaxando a restrição de que o veículo deve visitar todos os nós de coleta e entrega. Esse problema busca por rotas mais curtas que permitam a seleção de nós de coleta dos quais se pode coletar mercadorias suficientes para todos os nós de entrega. Com esse relaxamento, pode-se reduzir o custo de transporte para casos que focam em satisfazer a demanda dos nós de entrega. Os autores propuseram uma heurística baseada em um algoritmo genético e uma busca local para resolver o problema. Os resultados da heurística, em várias instâncias, superam a busca local em termos de qualidade e tempo de convergência. Os autores destacaram que a seletividade de nós de coleta se tornou útil para aplicações do mundo real, como a distribuição de bicicletas de aluguel, mostrando assim o benefício do problema também para a logística.

[Bruck e Iori \(2017\)](#) lidaram com o PDP para o transporte de objetos utilizando apenas um veículo capacitado para atender a um conjunto de clientes que querem uma coleta ou uma entrega, ou ambas. Um exemplo de aplicação desse problema ocorre no transporte de bebidas, serviços de correio e na logística reversa. Os autores apresentaram algoritmos exatos baseados no método *branch-and-cut*, que consideram a decomposição de Benders e algumas desigualdades válidas.

[Ting et al. \(2017\)](#) trataram o problema com coleta e entrega seletiva e vários veículos. O problema busca encontrar rotas de custo mínimo para uma frota de veículos que coletam e entregam mercadorias, com restrições de capacidade e distância para os veículos. Os autores propuseram três heurísticas: uma busca tabu, um algoritmo genético e uma busca de dispersão. Os experimentos mostraram que as três podem resolver o problema, mas a busca tabu traz melhor qualidade e menor tempo de convergência em relação as outras duas heurísticas.

Uma variante do PDP, que também está relacionada com o problema da presente pesquisa, é aquela que considera janelas de tempo. A literatura do PDP com janelas de tempo é

relativamente ampla, porém, limitada até certo ponto quando se considera a natureza dinâmica e a característica estocástica.

Em [Mitrović-Minić e Laporte \(2004\)](#) e [Mitrović-Minić, Krishnamurti e Laporte \(2004\)](#), considera-se o PDP com janelas de tempo em empresas de correio, que fazem a coleta e entrega de cartas e pequenas encomendas. Em [Mitrović-Minić e Laporte \(2004\)](#) é tratado um problema estático levando em consideração a qualidade do serviço, que é afetada pelo tempo de espera ao longo das rotas. Os autores definiram e compararam quatro estratégias de espera e os resultados mostraram que a estratégia que tenta distribuir os tempos de espera ao longo das rotas para facilitar a chegada de novas solicitações parece ser mais eficiente. Já [Mitrović-Minić, Krishnamurti e Laporte \(2004\)](#) consideraram um problema dinâmico, motivados pelo problema de roteamento e agendamento ao coletar e entregar cartas. O objetivo é atender todas as solicitações, minimizando a distância total percorrida pelos veículos. Os autores descreveram heurísticas baseadas em dois horizontes de tempo e os resultados computacionais mostraram a vantagem do seu uso em conjunto com uma heurística de inserção e um algoritmo de busca tabu.

[Ropke e Pisinger \(2006\)](#) apresentaram uma heurística com base na busca em vizinhança larga e adaptativa para o PDP com janelas de tempo. Os autores trouxeram um problema real de roteamento de veículos relacionado ao transporte de matérias-primas e mercadorias entre as instalações de produção de um grande fabricante de alimentos dinamarquês. A heurística usada é composta por uma série de etapas em uma mesma busca, sendo testada em mais de 350 instâncias com até 500 solicitações, obtendo bons resultados com o uso de uma série de etapas ao invés de uma única etapa na busca.

[Ropke, Cordeau e Laporte \(2007\)](#) introduziram duas novas formulações para o PDP com janelas de tempo, no qual é imposto um tempo entre a coleta e a entrega de uma solicitação. Os autores introduziram várias desigualdades válidas visando fortalecer as relaxações dessas duas formulações. Essas formulações foram resolvidas por um algoritmo *branch-and-cut* e testadas sobre um conjunto de instâncias, com quantidade de até 8 veículos para atender 96 solicitações, e uma quantidade de 194 pontos de coleta e entrega. Os resultados foram interessantes, no entanto, o algoritmo teve dificuldade em lidar com instâncias maiores.

Por sua vez, [Ropke e Cordeau \(2009\)](#) introduziram um novo algoritmo *branch-and-cut-and-price*, com os limitantes inferiores calculados através de geração de colunas e do relaxamento da programação linear de uma formulação de particionamento de conjuntos. Os experimentos computacionais mostraram que o algoritmo proposto é melhor do que um algoritmo *branch-and-cut*.

Para um PDP dinâmico, [Berbeglia, Cordeau e Laporte \(2010\)](#) investigaram a influência de eventos relacionados a “esperar e ir”, que ocorre quando um veículo acaba de atender uma solicitação, e “aceitar ou rejeitar”, que depende da chegada de novas solicitações.

Os autores pensaram em métodos heurísticos para obter soluções, bem como em prever solicitações futuras criando cenários com probabilidades de dados já conhecidos, além de também atrasar um atendimento pensando nos próximos atendimentos. Também para um problema dinâmico e com janelas de tempo, [Vonolfen e Affenzeller \(2016\)](#) adaptaram várias heurísticas com regras de espera, utilizando uma proposta baseada em computação evolutiva e um modelo de simulação. O desempenho das heurísticas é avaliado em um conjunto contendo várias classes de instâncias, que se diferenciam nas propriedades espaciais e temporais. Os autores observaram que resultados melhores podem ser alcançados pela espera antecipada e pelo conhecimento de solicitações futuras.

No trabalho de [Lim, Zhang e Qin \(2017\)](#) é resolvida uma variante do PDP com janelas de tempo, múltiplas viagens e planejamento de mão de obra. O problema surgiu em hospitais de Hong Kong. Os autores propuseram uma meta-heurística de busca local iterada que utiliza um procedimento de descida em vizinhança variável na fase de busca local. Eles utilizaram um método de inserção para construir soluções e um algoritmo heurístico para projetar a agenda da equipe. Os testes foram feitos com instâncias reais e mostraram a eficácia do algoritmo proposto.

2.4 Problema *dial-a-ride*

O DARP é uma variante do problema de roteamento de veículos, com o objetivo de definir rotas para o atendimento de um conjunto de pessoas, seguindo as solicitações de coleta e entrega das mesmas. O transporte dos pacientes é realizado por uma frota de veículos. O processo de planejamento das rotas, em geral, busca atender o maior número de solicitações, respeitando um conjunto de restrições imposto para o transporte, como por exemplo, o número de veículos disponíveis, a capacidade dos veículos, as janelas de tempo, entre outras ([CORDEAU; LAPORTE, 2007](#)). O DARP está voltado, principalmente, para satisfazer restrições operacionais associadas ao transporte de pessoas, de modo que se busca por soluções cujos serviços tenham uma qualidade positiva para as pessoas ([DOERNER; SALAZAR-GONZÁLEZ, 2014](#)).

Problemas envolvendo o transporte de pessoas (por exemplo, pacientes) atendem solicitações contendo as informações da pessoa, como o local da coleta, o local da entrega, quando a pessoa estará pronta para receber o transporte e a janela de tempo, se houver. Respeitar as janelas de tempo é um fator importante para limitar o tempo de espera por parte da pessoa. Em um ambiente hospitalar, informações adicionais de cada pessoa podem ser necessárias, como é o caso da urgência (prioridade), que pode impactar no tamanho da janela de tempo para a coleta e a entrega. A condição médica da pessoa também pode ser considerada para evitar a contaminação de outras pessoas, neste caso não podendo compartilhar um mesmo veículo ([BEAUDRY *et al.*, 2010](#)). É importante também destacar que as

rotas são determinadas de acordo com as restrições existentes. Segundo [Toth e Vigo \(2014\)](#), as restrições podem ser relacionadas ao:

- Atendimento: cada paciente só pode ser atendido uma única vez.
- Depósito: cada veículo deve iniciar e finalizar no mesmo depósito.
- Acoplamento: a coleta e a entrega do paciente devem ser realizadas pelo mesmo veículo.
- Precedência: cada paciente deve ser coletado antes de ser entregue.
- Capacidade: a capacidade do veículo não pode ser violada.
- Janela de tempo: cada paciente deve ser coletado e entregue dentro dos intervalos definidos na janela de tempo.
- Tempo máximo de viagem: o tempo total de viagem de cada paciente não deve exceder um valor pré-estabelecido.

As primeiras pesquisas sobre o DARP dinâmico foram realizadas por [Psaraftis \(1980\)](#), que desenvolveram um algoritmo exato para as versões estática e dinâmica com um único veículo e sem restrições de janela de tempo. Neste problema, as pessoas são atendidas o mais rápido possível e o objetivo é minimizar o tempo total ponderado dos atendimentos. O algoritmo foi adaptado posteriormente para considerar janelas de tempo em [Psaraftis \(1983\)](#). Em [Desrosiers, Dumas e Soumis \(1986\)](#), o DARP com veículo único foi resolvido, considerando ainda restrições de precedência, capacidade e janela de tempo. Os autores conseguiram lidar com instâncias contendo até 40 pessoas.

Para o DARP com múltiplos veículos, [Dumas, Desrosiers e Soumis \(1991\)](#) consideraram um problema de particionamento de conjuntos, desenvolvendo um método exato do tipo *branch-and-price*, sendo cada coluna definida como uma rota para um veículo. As rotas são geradas pelo algoritmo de caminho mínimo com as restrições de emparelhamento, precedência, capacidade e janela de tempo. O algoritmo resolveu instâncias com até 55 solicitações.

[Madsen, Ravn e Rygaard \(1995\)](#) apresentaram uma heurística para o DARP dinâmico para o transporte de idosos e deficientes na cidade de Copenhague, Dinamarca. As rotas dos veículos são atualizadas usando uma heurística de inserção com base em [Jaw et al. \(1986\)](#). Os autores consideraram restrições de janela de tempo, capacidade, prioridade e frota de veículos heterogênea, levando em conta a satisfação do cliente e os custos do serviço. Os testes computacionais foram conduzidos sobre instâncias reais com até 300 solicitações e 24 veículos, mostrando que a heurística é capaz de fornecer boas soluções.

Por se tratar de um problema NP-difícil, a maioria dos métodos de solução propostos na literatura para o DARP são heurísticas ou meta-heurísticas, capazes principalmente de obter boas soluções para instâncias grandes. Uma das primeiras meta-heurísticas publicadas na literatura se encontra em [Toth e Vigo \(1997\)](#), com o objetivo de fornecer serviços de transporte a pessoas com deficiência nas áreas urbanas da cidade de Bolonha, Itália. Os autores desenvolveram uma busca tabu usada para melhorar a solução inicial obtida por um algoritmo paralelo de inserção desenvolvido por [Toth e Vigo \(1996\)](#).

[Cordeau e Laporte \(2003\)](#) propuseram uma busca tabu para o DARP com múltiplos veículos, na sua versão estática. A heurística usa um procedimento de avaliação de vizinhança que ajusta o tempo de visita dos vértices nas rotas de forma a minimizar a duração da rota e os tempos de viagem. Em [Attanasio et al. \(2004\)](#) há heurísticas paralelas para o DARP dinâmico, com base em uma busca tabu para o caso estático. Os experimentos computacionais mostraram que as heurísticas são capazes de atender uma alta porcentagem de solicitações.

[Coslovich, Pesenti e Ukovich \(2006\)](#) lidaram com o DARP dinâmico e com janelas de tempo para um caso em que os clientes solicitam diretamente ao motorista de ônibus uma viagem, em um ponto de ônibus, e ele deve decidir se aceita ou não. Os autores desenvolveram um algoritmo de inserção de duas fases baseado em perturbações de rota. A primeira fase é chamada *offline*, que é quando o veículo se move entre duas paradas sucessivas criando uma vizinhança viável da rota atual. A segunda fase é a *online*, executada em tempo real quando uma nova solicitação ocorre e o cliente é inserido na rota atual, com o objetivo de minimizar o tempo de espera dos clientes. Os testes computacionais foram realizados sobre instâncias geradas aleatoriamente.

[Cordeau \(2006\)](#) apresentou uma formulação de programação linear inteira mista para o caso de múltiplos veículos, resolvendo-a com um algoritmo *branch-and-cut*. O algoritmo utiliza novas desigualdades válidas para o DARP, que são adaptações de desigualdades existentes para o problema do caixeiro viajante e de roteamento de veículos, bem como novas desigualdades que tiram vantagem da estrutura do problema. Os experimentos computacionais foram realizados em instâncias de pequeno e médio porte geradas aleatoriamente. [Ropke, Cordeau e Laporte \(2007\)](#) também propuseram uma formulação de programação linear inteira para o mesmo problema. [Melachrinoudis, Ilhan e Min \(2007\)](#) propuseram um modelo de programação inteira mista e uma heurística de busca tabu para resolver a versão estática do DARP com janelas de tempo flexíveis, com aplicação na área da saúde, na região metropolitana de Boston, Estados Unidos. O objetivo é atender as solicitações de transporte de clientes que buscam algum tipo de serviço, como em centros de reabilitação e asilos, propondo minimizar os custos totais de transporte e o tempo de viagem.

[Xiang, Chu e Chen \(2008\)](#) estudaram o DARP na versão dinâmica, propondo uma heurística de busca local para reotimizar as rotas quando uma nova solicitação é conhecida. Os

autores consideraram uma frota heterogênea, um único depósito, a possibilidade de alterações no tempo de viagem, ausências de clientes, danos aos veículos, a possibilidade de cancelamento de uma solicitação e a existência de engarrafamento no trânsito. [Parragh et al. \(2009\)](#) resolveram um problema com dois objetivos na presença de janelas de tempo. Os autores projetaram uma heurística de duas fases para otimizar os custos totais e o tempo médio de viagem. Na primeira fase, uma busca iterada sobre vizinhança variável é utilizada para gerar soluções otimizando a soma ponderada dos dois objetivos. Na segunda fase, uma heurística de religação de caminhos é aplicada sobre as soluções encontradas inicialmente.

[Beaudry et al. \(2010\)](#) consideraram o transporte de pacientes entre várias unidades de um mesmo hospital. As solicitações de transporte chegam dinamicamente, ou seja, elas não são conhecidas até o momento que o paciente é liberado para o transporte. Portanto, o algoritmo deve ser capaz de atualizar as rotas à medida que as solicitações são reveladas. O estudo forneceu uma descrição detalhada do problema e propôs um procedimento heurístico de duas fases. Na primeira fase, um esquema de inserção simples gera uma solução viável, aprimorada na segunda fase com uma busca tabu. Os autores utilizaram dados reais fornecidos por um hospital na Espanha, mostrando que o algoritmo é capaz de lidar com várias restrições específicas de um contexto hospitalar, fornecendo soluções que permitem reduzir o tempo de espera dos pacientes.

[Schilde, Doerner e Hartl \(2011\)](#) estudaram a versão dinâmica e estocástica do DARP, com o objetivo de projetar rotas, para uma frota fixa de veículos, atendendo solicitações que já são conhecidas e outras que chegam dinamicamente no decorrer das operações. Algumas solicitações são ainda consideradas estocásticas, ou seja, podem ocorrer com uma certa probabilidade. Os autores propuseram quatro modificações diferentes da busca em vizinhança variável, incluindo o uso de cenários para antecipar decisões futuras. Os testes numéricos foram realizados sobre instâncias reais de uma rede rodoviária e considerando vários cenários de demandas com base nos dados disponíveis. Os resultados mostraram que o uso de informações estocásticas permitiu melhorar a solução em torno de 15%.

[Kergosien et al. \(2011\)](#) trataram um problema de transporte de pacientes em um grande complexo hospitalar da França, com o objetivo de minimizar os custos de transporte. Três tipos de transporte são considerados; o clássico, o contagioso e o com acompanhamento médico. Cada solicitação requer um veículo específico. As solicitações são conhecidas com antecedência e outras surgem dinamicamente. As operações de desinfecção após o transporte de pacientes específicos também são levadas em consideração. Os autores propuseram um método que aplica iterativamente uma heurística de busca tabu.

[Parragh \(2011\)](#) desenvolveu um algoritmo *branch-and-cut* para resolver uma variante do DARP que considera clientes e veículos heterogêneos. O problema em estudo foi motivado pela Cruz Vermelha Austríaca no transporte de pacientes. Pode-se transportar os pacientes sentados, em macas ou em cadeiras de rodas. Os autores adaptaram o problema

utilizando uma busca em vizinhança variável e consideraram uma questão relacionada ao serviço: tempo de espera do veículo com os pacientes a bordo. Foram utilizadas instâncias com 40 solicitações para validar o método. [Zidi et al. \(2011\)](#) resolveram uma variante do DARP dinâmico, com a aplicação de um recozimento simulado. Já em [Zidi et al. \(2012\)](#), o problema passa a ser tratado com três objetivos distintos: duração do percurso, tempo decorrido e número de locais visitados por demanda de transporte.

[Parragh et al. \(2012\)](#) lidaram com uma variante dinâmica do DARP que considera veículos heterogêneos e o transporte de pacientes. O problema utiliza dois tipos de veículos e cada um fornece uma capacidade diferente para cada tipo de transporte. Os pacientes podem solicitar o transporte sentado, em uma maca ou cadeiras de rodas, e também podem exigir pessoas para acompanhá-las. Cerca de 80% das solicitações são conhecidas no dia anterior. Uma meta-heurística de busca em vizinhança variável e uma abordagem de geração de colunas foram propostas para resolver o problema. Ambos os métodos de solução são integrados em um esquema colaborativo. Os autores compararam o método colaborativo com a geração de colunas e os resultados mostraram que o método colaborativo é mais eficiente, embora não em todos os casos.

[Berbeglia, Cordeau e Laporte \(2012\)](#) desenvolveram um método híbrido que combina um algoritmo de programação por restrições e uma heurística de busca tabu para resolver um DARP dinâmico. O algoritmo de programação por restrições decide sobre aceitar ou não as solicitações recebidas. O método híbrido supera cada um dos algoritmos quando executados sozinhos. [Reinhardt, Clausen e Pisinger \(2013\)](#) lidaram com o transporte de passageiros feridos, idosos e deficientes com mobilidade reduzida em aeroportos, com o objetivo de atender o maior número de passageiros, além de oferecer tempos de espera curto. Os autores desenvolveram um recozimento simulado para resolver o problema, como também usaram uma heurística gulosa para transformar uma solução candidata em uma programação real para o atendimento das solicitações.

[Khelifi et al. \(2013\)](#) combinaram uma busca tabu e um recozimento simulado para resolver um DARP dinâmico. Os resultados mostraram que o tempo de viagem, o número de locais visitados e a distância total percorrida podem ser reduzidos significativamente com o método híbrido em comparação com o uso apenas do recozimento simulado. [Guerriero et al. \(2014\)](#) abordaram um DARP estático com múltiplos veículos, dois objetivos e restrições de janela de tempo. Os autores propuseram uma heurística de duas fases com o objetivo de otimizar o tempo total máximo de viagem e o tempo total de espera. Na primeira fase, calcula-se um conjunto de rotas viáveis, enquanto na segunda fase se usa as rotas dentro de uma formulação de particionamento de conjuntos resolvida com o método *epsilon-constraint*.

[Schmid e Doerner \(2014\)](#) lidaram com o transporte de pacientes, com o objetivo de criar rotas entre as unidades de atendimento e agendar os pacientes para não gerar atraso e

espera para a coleta dentro do hospital. Os pacientes hospitalizados normalmente passam por diversos exames antes de qualquer procedimento cirúrgico e, por isso, resolver o problema de roteamento e agendamento dos pacientes de forma simultânea traz mais vantagens. [Schilde, Doerner e Hartl \(2014\)](#) resolveram um DARP dinâmico com tempos de viagem estocásticos, que levam em conta informações sobre futuros acidentes e problemas no trânsito. Os autores propuseram uma busca em vizinhança variável com o uso de cenários. Os testes computacionais usaram instâncias com até 762 solicitações de uma rede rodoviária real e permitiram concluir que o uso de cenários traz melhorias significativas na solução.

[Gschwind e Irnich \(2015\)](#) propuseram um algoritmo *branch-and-cut-and-price* para o DARP com janelas de tempo dinâmicas. Para a solução, os autores usaram um procedimento de geração de colunas que permite cálculos rápidos da rota mais curta. Esse algoritmo é comparado a outros algoritmos de geração de colunas que tratam de janelas de tempo, mostrando ser superior. [Parragh, Sousa e Almada-Lobo \(2015\)](#) abordaram o DARP com solicitações e lucros divididos, em que cada solicitação está associada a uma receita e o objetivo é maximizar o lucro total. As solicitações especificam o local de coleta e de entrega, além de uma janela de tempo para os dois. Há ainda uma frota de veículos heterogênea e restrições de duração máxima por rota. Os autores usaram o algoritmo *branch-and-price* para resolver instâncias da literatura com até 40 solicitações e novas instâncias geradas de 27 solicitações. Para lidar com as instâncias com mais solicitações, eles desenvolveram uma heurística de busca em vizinhança variável.

[Liu, Luo e Lim \(2015\)](#) estudaram uma nova variante do DARP, que considera várias viagens simultâneas, veículos heterogêneos, vários tipos de solicitações, capacidade configurável de veículos e planejamento de mão de obra. Os autores propuseram dois modelos matemáticos que utilizam formas diferentes para tratar as solicitações. Para resolver o problema, desenvolveram um algoritmo *branch-and-cut*. Os experimentos computacionais foram realizados em instâncias geradas de acordo com dados de uma aplicação real com até 22 solicitações. [Masmoudi et al. \(2016\)](#) resolveram uma variante do DARP que considera múltiplas viagens e frota heterogênea. Eles desenvolveram uma busca em vizinhança larga e adaptativa e métodos híbridos combinando um algoritmo de colônia de abelhas com o recozimento simulado.

[Detti, Papalini e Lara \(2017\)](#) lidaram com o transporte não emergencial de pacientes na presença de múltiplos depósitos. O problema considera veículos heterogêneos, restrições de compatibilidade veículo-paciente, requisitos de qualidade, preferência dos pacientes e custos adicionais dependendo dos veículos em espera. Os autores propuseram heurísticas baseadas em busca em vizinhança variável e busca tabu. Experimentos computacionais foram realizados sobre instâncias reais, mostrando a eficácia das heurísticas propostas em relação ao custo e qualidade dos serviços.

[Ho et al. \(2018\)](#) fizeram uma revisão da literatura, citando as pesquisas sobre o DARP

desde 2007. Eles forneceram uma classificação das muitas variantes do problema, além de discutir métodos de solução exatos, heurísticas, as instâncias padrão da literatura e algumas sugestões para pesquisas futuras. [Luo, Liu e Lim \(2019\)](#) buscaram maximizar o número de solicitações atendidas e minimizar a distância total de viagem dos veículos. Os autores propuseram um algoritmo de duas fases. Na primeira fase um conjunto de viagens não dominadas são enumeradas por um algoritmo de rótulos para lidar com as restrições de capacidade e tempo máximo de viagens. Na segunda fase, eles propuseram um algoritmo *branch-and-price-and-cut* para resolver o modelo baseado em viagens por decomposição de Benders. Experimentos computacionais foram realizados sobre instâncias da literatura e outras baseadas em dados reais.

[Elmbach, Scholl e Walter \(2019\)](#) estudaram o problema de transporte de pacientes dentro dos hospitais sem a utilização de veículos motorizados. Dividiram em três grupos: os gestores hospitalares, que cuidam do sistema de transporte com carregadores suficientes para evitar atrasos em cirurgias ou exames; os pacientes, em que o tempo de espera para a coleta e entrega não deve ser longo; porteiros, que cuidam do transporte físico dos pacientes dentro do hospital. Os autores integraram as necessidades dos três grupos e propuseram uma busca tabu para o problema.

[Côté et al. \(2020\)](#) consideraram um problema real de transporte dinâmico de pacientes entre as unidades de um grande hospital na Itália, com o objetivo de minimizar o atraso total ponderado. Os autores desenvolveram uma heurística geral com versões diferentes pela forma como os veículos são dispostos após atender uma solicitação. Essa heurística utiliza uma busca em vizinhança larga e adaptativa para otimizar os pacientes que aguardam atendimento. Os resultados trouxeram soluções com atrasos bem menores do que aqueles vivenciados pelo hospital. [Zhao et al. \(2022\)](#) estudaram uma variante do DARP relacionada a prestação de serviços não emergenciais por ambulâncias. A coleta dos pacientes considera a presença de janelas de tempo para consultas médicas e restrições sobre o tempo de viagem. Os autores utilizaram um algoritmo híbrido que combina a busca em vizinhança larga e adaptativa com uma busca local.

Os trabalhos da literatura que motivaram a presente pesquisa foram [Beaudry et al. \(2010\)](#) e [Côté et al. \(2020\)](#), ambos lidando com o transporte de pacientes entre unidades de um mesmo hospital, levando em consideração janelas de tempo e a urgência dos pacientes. De forma diferente a esses autores, propõe-se nesta pesquisa uma heurística de reotimização cujas decisões se diferenciam por regras gulosas baseadas nas informações das solicitações e do hospital. Além disso, desenvolve-se uma heurística baseada no recozimento simulado. Observa-se que o recozimento simulado foi bem empregado para lidar com o DARP e suas variantes nos trabalhos de [Zidi et al. \(2012\)](#), [Reinhardt, Clausen e Pisinger \(2013\)](#), [Masmoudi et al. \(2016\)](#), para o caso estático, e em [Zidi et al. \(2011\)](#) e [Khelifi et al. \(2013\)](#), para o caso dinâmico. É importante mencionar que o problema tratado nesta pesquisa é de

natureza dinâmica e de característica determinística. De toda forma, alguns dos métodos propostos também são aplicados para resolver o caso estático e determinístico.

Capítulo 3

PROBLEMA EM ESTUDO E MÉTODOS PROPOSTOS

Este capítulo apresenta a definição do problema, incluindo seus parâmetros, restrições e objetivo. Além disso, são descritos em detalhes os métodos de solução propostos para resolvê-lo, tanto na versão estática quanto na dinâmica.

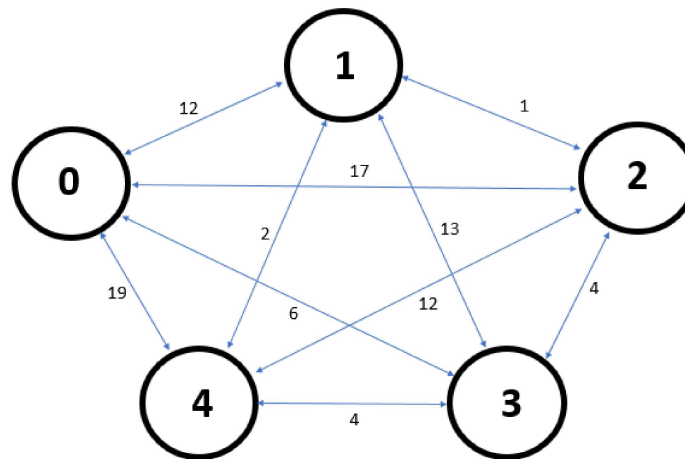
3.1 Definição do Problema

A variante do DARP tratada neste trabalho considera um hospital contendo várias unidades distintas. As solicitações para o transporte chegam no momento da liberação do paciente e o veículo visita as diferentes unidades com o objetivo de minimizar o atraso total ponderado relativo ao atendimento das solicitações. Considera-se que haja uma quantidade de n solicitações, cada uma associada a um paciente, a serem atendidas. Há também um grafo completo direcionado $G = (N, A)$ que modela a rede de transporte entre as unidades do hospital. No conjunto N são representadas as unidades do hospital, ou seja, os nós de coleta e entrega de pacientes pelos veículos. Já o conjunto A é composto pelos arcos que conectam os nós, ou seja, as unidades do hospital. Cada arco é caracterizado pelas informações do tempo de viagem (ou distância) necessário para percorrê-lo.

O problema considera a disponibilidade de uma quantidade k de veículos homogêneos. Inicialmente, os veículos estão posicionados na unidade principal do hospital (por exemplo, no nó 0) e transitam entre as unidades do hospital à medida que solicitações se tornam disponíveis. A Figura 3.1 exemplifica um hospital que contém cinco unidades distintas e as informações do tempo de viagem entre uma unidade e outra. Na Tabela 3.1 estão os dados do hospital com as cinco unidades. Esse exemplo faz parte de uma instância do problema.

Cada solicitação que chega para o departamento de transporte do hospital está associada a um paciente, com as seguintes informações: identificação do paciente (id), horário

Figura 3.1 – Exemplo de representação do grafo de um hospital com cinco unidades



Fonte: a autora.

Tabela 3.1 – Matriz simétrica com o tempo de viagem entre as cinco unidades do hospital

0	12	17	6	19
12	0	1	13	2
17	1	0	4	12
6	13	4	0	4
19	2	12	4	0

Fonte: a autora.

que o paciente está liberado para o transporte (rd), a janela de tempo em que o paciente deveria receber atendimento, com início em rd e fim em um tempo limite (et), a urgência do paciente (w), o nó de coleta (c) e o nó de entrega (e).

É importante destacar que, caso um paciente seja entregue após o fim de sua janela de tempo, ele será considerado como tendo sido entregue com atraso. Esse atraso é definido como a diferença entre o momento em que o veículo entregou o paciente e o fim de sua janela de tempo. Portanto, minimizar o atraso total ponderado no atendimento das solicitações de transporte é fundamental para garantir um serviço eficiente e de qualidade para os pacientes do hospital. As n solicitações chegam durante o horizonte de trabalho do departamento de transporte do hospital, que inicia em um tempo zero e finaliza no tempo T . Esse horizonte é discretizado em minutos. Além disso, o departamento de transporte só tem conhecimento de uma solicitação quando o paciente está liberado para o transporte. Para construir uma solução do problema que minimize o atraso total ponderado, algumas restrições precisam ser respeitadas. Essas restrições incluem:

- O número de pacientes dentro do veículo não pode exceder a sua capacidade máxima;
- O veículo só pode se movimentar dentro do seu horizonte de trabalho;

Tabela 3.2 – Exemplo de solicitações para uma instância do problema

20	5	0,2			
<i>id</i>	<i>rd</i>	<i>et</i>	<i>w</i>	<i>c</i>	<i>e</i>
1	38	98	2	1	5
2	2	77	1	2	3
3	7	27	4	3	4
4	4	79	1	1	2
5	10	30	4	3	4
6	31	51	4	1	4
7	14	74	2	5	1
8	8	68	2	3	4
9	15	60	3	4	3
10	20	40	4	4	3
11	24	44	4	4	1
12	22	97	1	4	5
13	24	69	3	2	5
14	19	79	2	3	4
15	9	29	4	5	4
16	35	95	2	3	1
17	34	79	3	1	5
18	3	78	1	5	1
19	38	83	3	4	1
20	28	48	4	1	2

Fonte: a autora.

- O paciente deve ser primeiro coletado, para depois ser entregue;
- A coleta de um paciente só pode ser feita depois que ele estiver liberado para o transporte;
- O paciente pode ser entregue após o fim da sua janela de tempo, porém isso resultará em atraso;
- O tempo de serviço para a coleta ou entrega de um paciente é assumido como desprezível.

A Tabela 3.2 exemplifica as solicitações para uma dada instância do problema. Na primeira linha da tabela se encontra o número de solicitações, o número de unidades do hospital e o fator utilizado para gerar o tempo que os pacientes são liberados (quanto maior esse fator, mais distante um do outro se encontra o *rd* dos pacientes). As demais linhas contêm as informações de cada solicitação.

O objetivo do problema em estudo é minimizar o atraso total ponderado ao atender todas as solicitações. O atraso ponderado de um paciente é o resultado da multiplicação da sua urgência pelo seu atraso, quando houver. O atraso total ponderado *VS* é obtido da soma

dos atrasos ponderados de cada paciente, segundo a fórmula 3.1, com ar_1 sendo o atraso e w_1 a urgência da primeira solicitação atendida e assim por diante.

$$VS = ar_1w_1 + ar_2w_2 + \dots + ar_nw_n \quad (3.1)$$

3.1.1 Recozimento Simulado

A versão estática do problema assume que todas as informações são conhecidas antes do início do horizonte de tempo. Para essa versão do problema, desenvolve-se uma meta-heurística de recozimento simulado. A estrutura do recozimento simulado para o problema, que é de minimização, é dada no Algoritmo 3.1, em que T_i é a temperatura inicial, T_f é a temperatura final, α é o coeficiente que controla o resfriamento da temperatura e $Iter_{max}$ é o número máximo de iterações. A solução é representada por X , enquanto X_{melhor} é a melhor solução encontrada no processo de otimização. O valor de uma dada solução é calculado pela função $F()$.

O Algoritmo 3.1 parte de uma solução inicial X , que pode ser gerada aleatoriamente ou por algum outro método. A solução é representada por uma matriz, sendo cada linha da matriz associada a um veículo, enquanto as colunas contêm a sequência das solicitações a serem atendidas e qual o tipo de atendimento, se coleta ou entrega.

Algoritmo 3.1: Recozimento simulado para o problema

Entrada: $T_i, T_f, \alpha, Iter_{max}$

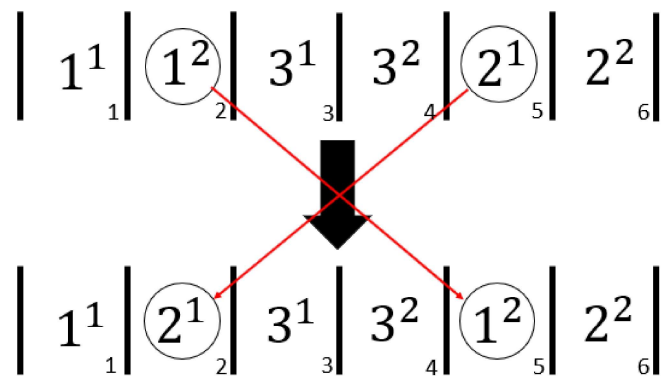
- 1 $X \leftarrow$ gere a solução inicial
- 2 $X_{melhor} \leftarrow X$
- 3 **enquanto** $T_i \geq T_f$ **faça**
- 4 **para** $i \leftarrow 0$ até $Iter_{max}$ **faça**
- 5 $Y \leftarrow$ solução gerada na vizinhança de X
- 6 $\Delta \leftarrow F(Y) - F(X)$
- 7 **se** $\Delta \leq 0$ **então**
- 8 $X \leftarrow Y$
- 9 **senão**
- 10 $aux \leftarrow$ número gerado aleatoriamente entre 0 e 1
- 11 **se** $aux < e^{-\Delta/T_i}$ **então**
- 12 $X \leftarrow Y$
- 13 **se** $F(X) < F(X_{melhor})$ **então**
- 14 $X_{melhor} \leftarrow X$
- 15 $T_i \leftarrow \alpha T_i$

Saída: Valor da solução X_{melhor}

Em relação a linha 5 do Algoritmo 3.1, desenvolvem-se quatro operadores (R_1, R_2, R_3 e R_4) para gerar uma nova solução a partir da solução X . A escolha de qual operador aplicar a cada iteração é feita de forma aleatória. Os operadores trabalham sobre a solução, com operações de troca e inserção de elementos de suas posições originais.

O operador R_1 trabalha com a ideia de troca de elementos de posições em um dado veículo, ou seja, escolhe-se aleatoriamente duas posições associadas a um veículo e realiza-se a troca das informações nelas. A Figura 3.2 ilustra um exemplo desse operador para a posição 2, que contém a informação do id 1 e indicando uma entrega (expoente 2) e a posição 5, com as informações do id 2 indicando uma coleta (expoente 1) sendo trocadas.

Figura 3.2 – Operador R_1

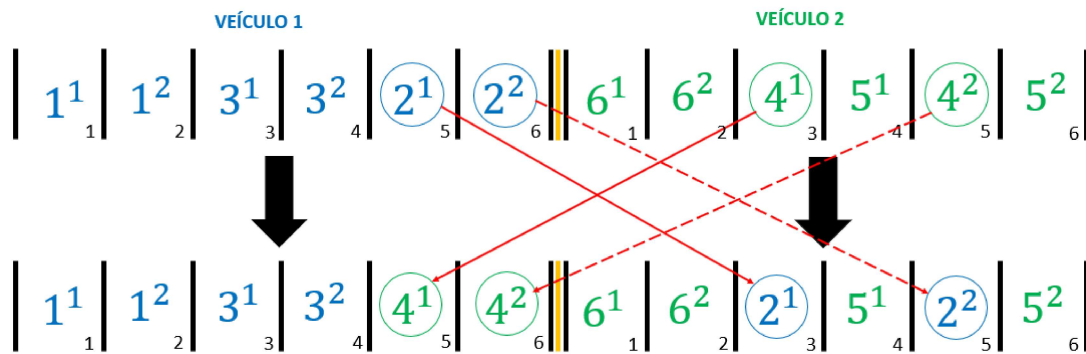


Fonte: a autora.

O operador R_2 trabalha com a mesma ideia do R_1 , porém, em vez de trocar elementos dentro do mesmo veículo, ele escolhe dois veículos aleatoriamente e troca as informações entre as posições selecionadas nesses veículos. Além disso, ao realizar a troca, a coleta ou entrega associada ao *id* escolhido também é trocada. A Figura 3.3 ilustra um exemplo desse operador para as informações das posições 5 do veículo 1, id 2^1 , e 3 do veículo 2, id 4^1 , sendo trocadas. Ao realizar a troca das posições escolhidas (seta vermelha), a entrega do id 2^2 da posição 6 do veículo 1 e a entrega do id 4^2 na posição 5 do veículo 2 (seta vermelha pontilhada) são também trocadas.

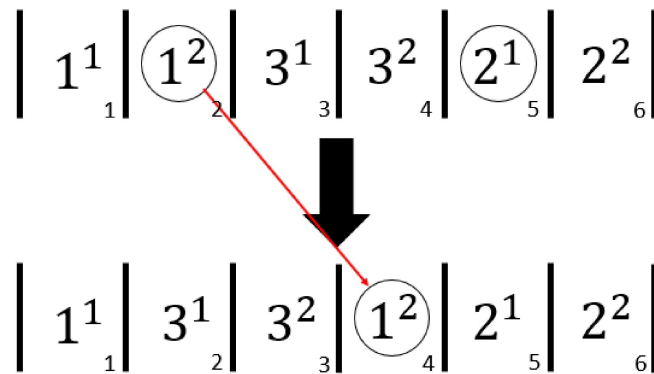
O operador R_3 trabalha com a ideia de inserção de um elemento em uma posição antes de outro elemento em um determinado veículo. Em outras palavras, duas posições associadas a um veículo são escolhidas aleatoriamente e as informações na primeira posição são removidas e inseridas imediatamente antes da segunda posição selecionada. Esse processo pode ser repetido várias vezes em uma solução, o que pode melhorar a qualidade da solução encontrada. A Figura 3.4 exemplifica uma operação de inserção para as informações na posição 2 (id 1^2) antes da posição 5 (id 2^1).

Figura 3.3 – Operador R_2



Fonte: a autora.

Figura 3.4 – Operador R_3

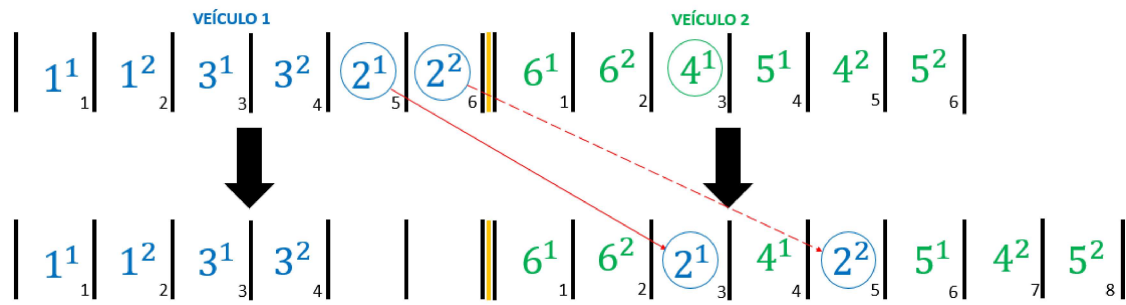


Fonte: a autora.

O último operador, R_4 , também trabalha com a ideia de inserção, como no R_3 , diferenciando apenas que a inserção é feita entre dois veículos diferentes. A Figura 3.5 exemplifica uma operação de inserção para as informações na posição 5 (id 2^1) do veículo 1 sendo inseridas antes das informações do id 4^1 (posição 3) do veículo 2. Fazendo isso, o id 2^1 é inserido na posição 3 (seta vermelha) e as informações dessa posição passam para a posição 4. Como a posição escolhida do veículo 1 contém uma coleta, a sua entrega (id 2^2 , posição 6) também é inserida no veículo 2, mas em uma posição aleatória, por exemplo, na posição 5 (seta vermelha pontilhada).

Continuando no Algoritmo 3.1, a nova solução Y , gerada por um dos quatro operadores, é comparada em termos de atraso total ponderado com a solução corrente X . Se o seu valor é melhor, então a solução corrente é atualizada para ser Y . No caso da solução Y ser pior, ela ainda pode ser aceita através da função de aceitação do recozimento simulado, como apresentado nas linhas 9-12 do algoritmo. Isso propicia que o método possa escapar de ótimos locais ao mesmo tempo que permite explorar outras regiões do espaço de soluções. Na linha 15, a temperatura inicial vai sendo diminuída $\alpha\%$ a cada iteração, até ela ser

Figura 3.5 – Operador R_4



Fonte: a autora.

menor do que a temperatura final, quando o algoritmo finaliza e retorna a melhor solução encontrada.

Uma questão fundamental na implementação do algoritmo de recozimento simulado é garantir que apenas soluções viáveis, ou seja, soluções que respeitem todas as restrições do problema, sejam consideradas durante a busca. Os operadores de vizinhança desenvolvidos não levam em conta diretamente essas restrições, o que pode gerar soluções inviáveis. Dessa forma, após gerar uma nova solução por algum operador, essa solução passa por um procedimento de “garantia”, a fim de resultar em uma solução viável. Nesse procedimento, aplicado a cada linha da matriz solução (ou seja, a cada veículo), primeiro é analisado se a primeira posição contém uma coleta. Se sim, atualizam-se as demais informações como o momento que o veículo sai para atender a solicitação de coleta, o momento que ele finaliza o atendimento da solicitação de coleta e a quantidade de pacientes no veículo. Se não for uma coleta, então se procura a coleta associada e ela é colocada antes da entrega, na primeira posição, atualizando em seguida as demais informações necessárias.

Da segunda posição em diante, o procedimento de “garantia” primeiro verifica se é uma coleta e, então, se a capacidade máxima do veículo está sendo respeitada. Se respeita a capacidade do veículo, verifica-se se a entrega associada a esta coleta se encontra em uma posição posterior (ou seja, vai ser feita em um momento futuro), caso não esteja, faz-se a troca entre as duas posições, além de atualizar as informações necessárias, como o momento que o veículo sairá e terminará de fazer a coleta, e a capacidade do veículo. Se não respeita a capacidade, faz-se a busca de uma entrega cuja coleta já foi efetuada, colocando esta entrega antes da nova coleta como forma de liberar vaga no veículo. A escolha da entrega é feita observando o paciente cuja janela de tempo esteja mais próxima de vencer.

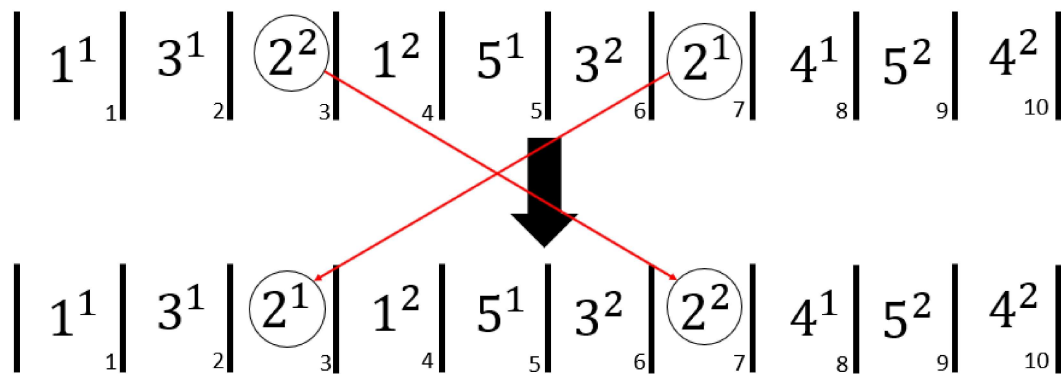
Por outro lado, caso o procedimento de “garantia” identifique que se trata de uma entrega, verifica-se se a sua coleta correspondente já foi feita, ou seja, se a coleta se encontra em uma posição antes da entrega. Se sim, atualizam-se apenas as demais informações como o momento que o veículo sairá e terminará a entrega, e a capacidade do veículo. Caso contrário, a coleta é trocada com a entrega, atualizando-se as informações necessárias. Dessa

forma, o procedimento de “garantia” faz com que a nova solução Y respeite as restrições do problema.

Para exemplificar o garantia, a Figura 3.6 traz uma linha da matriz solução que está associada a um veículo. Cada posição contém as informações associada a um id e um expoente que indica se é uma coleta (representada pelo expoente 1) ou uma entrega (representada pelo expoente 2). Analisando a primeira posição, observa-se que é uma coleta do id 1 (expoente 1) e sua entrega está na posição 4 (1^2), ou seja, está respeitando as restrições do problema. Na segunda posição, verifica-se que há uma coleta (expoente 1) associada ao id 3 e, então, o garantia procura a sua entrega em posições posteriores, encontrando-a na posição 6 (isto é, 3^2).

Ao analisar a terceira posição, identifica-se que há uma entrega associada ao id 2 (ou seja, 2^2). Em seguida, verifica-se se a sua coleta está em posições anteriores a essa posição. Não sendo encontrada, verifica-se as posições posteriores, encontrando-a na posição 7 (2^1). Dessa forma, as duas posições são trocadas, como exemplifica a seta vermelha. Da quarta posição em diante, o garantia realiza esse mesmo procedimento e se encontrar uma entrega antes da sua respectiva coleta, faz-se a devida correção, além de observar também se a capacidade do veículo está sendo respeitada.

Figura 3.6 – Garantia



Fonte: a autora.

3.2 Heurística de Reotimização

Propõe-se para a versão dinâmica do problema uma heurística de reotimização que utiliza diferentes regras para a tomada de decisões. Diante disso, a rota de cada veículo é construída em tempo real para ir atendendo as solicitações que vão sendo conhecidas. No início do horizonte de trabalho, cada veículo se encontra aguardando na unidade principal do hospital até que uma decisão de coletar/entregar seja atribuída a ele. O veículo inicia sempre realizando uma coleta.

A heurística de reotimização se diferencia nas regras que são usadas para a tomada de decisões quanto a coletar e entregar os pacientes por cada veículo. Propõe-se inicialmente a utilização de cinco regras gulosas considerando o momento e a posição do veículo quando ele finaliza uma decisão. Uma última regra considera o uso do recozimento simulado no Algoritmo 3.1. Se o veículo estiver atendendo uma solicitação, o mesmo não pode realizar nenhuma outra decisão e seu estado é “executando uma ação”. Assume-se que somente quando o veículo finalizar a ação em curso e entrar no estado de “aguardando por uma decisão”, que ele poderá receber uma nova ação de uma dada regra.

A heurística considera que a solução é guardada em uma matriz, cada linha associada a um veículo, e cada posição/coluna da linha está relacionada a uma decisão de coleta ou entrega. Assim, cada veículo guarda as informações dos pacientes atribuídos para coletar e entregar, sendo elas a identificação da solicitação, qual ação está sendo feita, se é coleta ou entrega, o nó de coleta/entrega do paciente, o momento de início (tempo no horizonte) do veículo ao sair para atender a ação e o momento de fim quando o veículo finaliza a ação e o paciente se encontra dentro do veículo ou entregue na unidade. Assume-se que não há qualquer tempo de preparo do veículo quando ele chega em algum nó, ou seja, a ação de coletar/entregar um paciente em um nó tem tempo desprezível, não sendo considerado. Por outro lado, se o veículo estiver em movimento, nenhuma ação é atribuída a ele, ou seja, ele permanece bloqueado até que a ação que ele esteja fazendo seja finalizada.

A heurística está descrita no Algoritmo 3.2, em que t contém o tempo atual no horizonte, lc é a lista com os pacientes esperando uma ação de coleta e le é a lista de pacientes já coletados, dentro dos veículos, esperando uma ação de entrega. O algoritmo inicia com as listas lc e le vazias. Essas duas listas são atualizadas dinamicamente conforme os pacientes vão sendo liberados para a coleta ou estejam nos veículos esperando a entrega. Na linha 3, a lista de coleta recebe os pacientes cuja liberação foi feita no tempo t para o transporte. São pacientes esperando para serem coletados. No laço das linhas 4-10, para cada veículo que se encontre parado em um nó “aguardando por uma decisão”, faz-se: linha 6, os pacientes dentro do veículo, cujo nó de entrega seja o próprio que o veículo se encontra, são todos entregues; linha 7, caso existam pacientes na lista lc cujo nó de coleta seja o mesmo que o nó atual do veículo, eles serão coletados até que a capacidade máxima do veículo seja atingida; linha 8; aplica-se uma **Regra** desenvolvida para coletar/entregar um paciente p conforme se encontram nas listas lc e le ; linha 9, o veículo é atualizado com a ação/decisão d definida pela **Regra**, sendo coletar ou entregar, o paciente p , de forma que o estado do veículo muda para “executando uma ação” e permanece nesse estado até chegar em um novo nó para finalizar a ação, retornando ao estado “aguardando por uma decisão”; linha 10, as listas lc e le são atualizadas, removendo os pacientes já coletados de lc e os já entregues de le , além de adicionar os pacientes coletados, mas não entregues em le . Ao final, as ações/decisões

nos veículos são usadas para calcular o valor da solução, que é o atraso total ponderado.

Algoritmo 3.2: Heurística de reotimização para o problema

```

1  $lc, le \leftarrow \emptyset$ 
2 para  $t \leftarrow 0, 1, \dots, T$  faça
3    $lc \leftarrow$  atualize com os pacientes liberados para a coleta até o tempo  $t$ 
4   para cada veículo  $v \leftarrow 1, \dots, k$  faça
5     se  $v$  se encontra em um nó “aguardando por uma decisão” então
6       Atualize  $v$  realizando a entrega dos pacientes no veículo e (em  $le$ ) com
7         destino no nó, caso exista
8       Atualize  $v$  com a coleta, até a capacidade máxima do veículo, dos
9         pacientes em  $lc$  cujo local de coleta seja o próprio nó
10       $p, d \leftarrow$  aplique Regra considerando as listas  $lc$  e  $le$ 
11      Atualize  $v$  com a decisão  $d$  sobre o paciente  $p$ 
12      Atualize as listas  $lc$  e  $le$ 

```

Saída: Valor da solução dada as decisões sobre os k veículos

Para a tomada de decisões na heurística, entre coletar e entregar um paciente, foram desenvolvidas cinco regras gulosas, quais sejam:

Regra G1: dentre todas as solicitações disponíveis na lista de coleta e os pacientes que se encontram dentro dos veículos que estão na lista de entrega, observa-se a solicitação/paciente cujo fim da sua janela de tempo esteja mais próximo de vencer, ou seja, aquele paciente que se não for coletado/entregue o mais breve possível poderia gerar atraso. Então, entre os pacientes que estão dentro do veículo para serem entregues e as solicitações disponíveis na lista de coleta, caso o fim da janela de tempo de um paciente no veículo esteja mais próximo de vencer do que de uma solicitação na lista de coleta, o veículo irá realizar a entrega de um paciente, senão, irá realizar a coleta conforme a solicitação. No caso da coleta, verifica-se se o veículo tenha atingido sua capacidade. Se sim, então se realiza a entrega do paciente com o fim da janela de tempo mais perto de vencer.

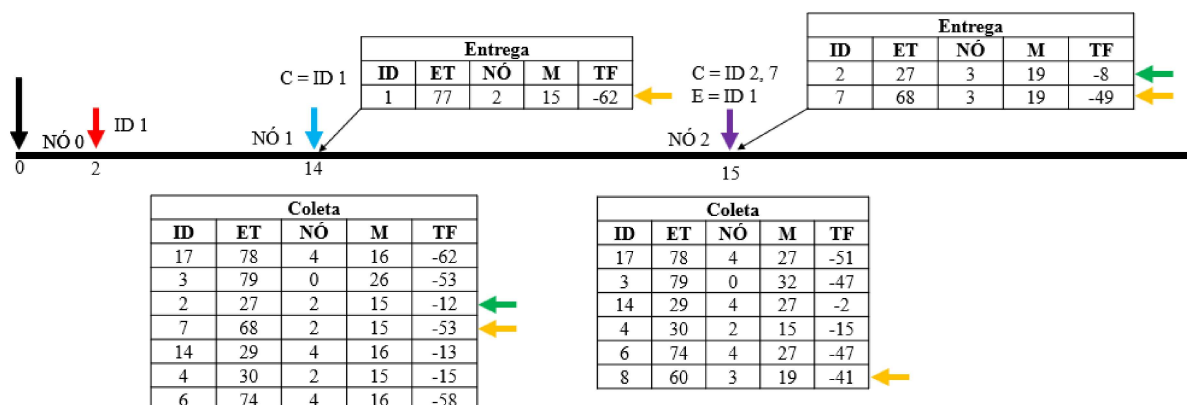
Na Figura 3.7 é ilustrado um exemplo da regra G1. Considera-se o veículo parado no nó 0, com capacidade máxima de 2 pacientes, aguardando uma solicitação no tempo 0 (seta preta). No tempo 2 (seta vermelha), a primeira solicitação chega no departamento de transporte, que seria o paciente de $id = 1$. O veículo recebe a decisão de coletar essa solicitação, já que naquele tempo 2 só existe ela. Assim, ele faz a ação de movimentar do nó 0 até o nó de coleta desse paciente, isto é, nó 1. No tempo 14 (seta azul), o veículo chega no nó 1 para coletar o paciente e, após a coleta, muda o seu estado para “aguardando por uma decisão”. Nesse intervalo, nota-se que várias solicitações vão chegando no departamento de transporte, como exemplifica a lista de “Coleta”, que no tempo 14 já possui 7 solicitações de coleta.

Conforme a regra G1, verifica-se se será coletado um próximo paciente ou se será entregue o paciente de $id = 1$ no veículo. Observando a lista de coleta com as solicitações disponíveis e a lista de “Entrega”, a solicitação/paciente que estiver mais próxima de vencer sua janela de tempo ou que já venceu ela, será escolhida. Nas listas de coleta e de entrega, essa decisão é tomada pegando a solicitação de maior Tempo Final (TF), calculado como o (momento de fim do veículo (M) - fim da janela de tempo (ET)). O momento de fim do veículo é o instante de tempo que o veículo levará para se deslocar desde o nó em que se encontra parado (nó 1) até o nó da solicitação e atendê-la.

Observando a duas listas, o maior TF é do $id = 2$, da lista de coleta (seta verde), então a decisão será de coletar a solicitação de $id = 2$ no nó 2, com o momento de fim do veículo igual a 15, ou seja, o veículo chegará neste nó e finalizará a coleta do paciente no tempo 15. Uma característica da heurística é que, ao finalizar uma ação em um nó, em seguida, ela verifica se naquele nó existem solicitações disponíveis para a entrega/coleta. No exemplo dado, após o veículo realizar a ação no nó 2 (seta roxa) no tempo 15, ele irá executar, no mesmo nó em que está parado (nó 2), a entrega da solicitação com $id = 1$ e a coleta da solicitação com $id = 7$ (seta amarela).

Finalizando a ação, as listas de “Coleta” e “Entrega” são atualizadas, adicionando novas solicitações, no caso, $id = 8$, e removendo as solicitações que foram coletadas, $id = 2$ e 7, e, em seguida inserido-as na lista de “Entrega”. Em seguida, ainda no tempo 15, verifica-se se será coletado um próximo paciente ou se será entregue o $id = 2$ e 7 que estão no veículo. Pode-se observar que o veículo está com toda sua capacidade preenchida, que é de 2 pacientes, então, o veículo irá realizar uma entrega. Aplicando a regra G1 na lista de “Entrega”, a solicitação escolhida para ser entregue será o $id = 2$ no nó 3, que ocorrerá no tempo 19. Quando o veículo finalizar essa entrega (nó 3), poderá realizar ainda a entrega do $id = 7$ e a coleta do $id = 8$ (seta amarela) que se encontram no nó 3.

Figura 3.7 – Exemplo da regra G1

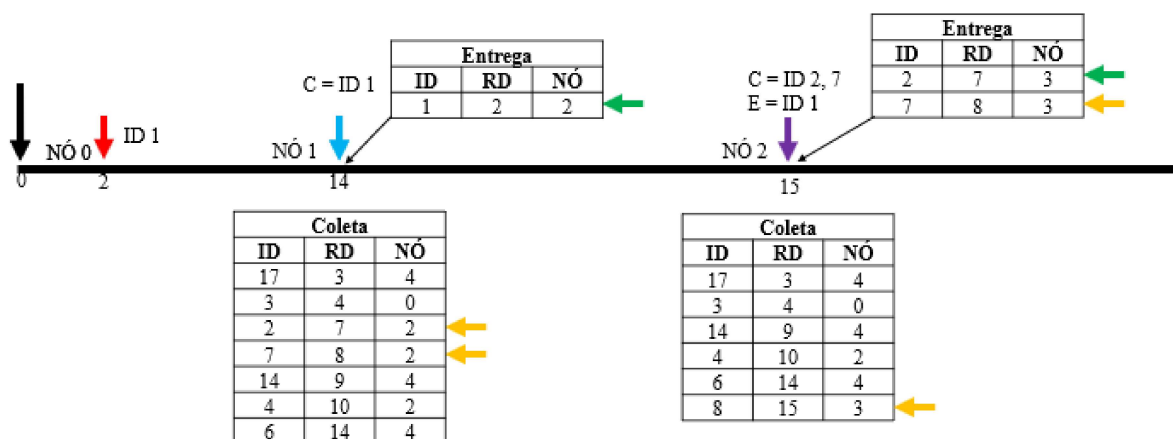


Fonte: a autora.

Regra G2: a diferença dessa regra com a G1 está na forma de escolher qual solicitação/paciente será atendida em cada momento. Agora, ela é baseada no momento em que o paciente está liberado para o transporte (isto é, no parâmetro *rd* da solicitação). Ou seja, a coleta ou entrega será com base no paciente com o menor tempo de liberação. No caso da coleta, verifica-se se o veículo possui capacidade para tal, caso não, realiza-se a entrega do paciente com o menor momento de liberação.

A Figura 3.8 se diferencia da Figura 3.7 no momento da tomada de decisões (seta azul), ou seja, a escolha agora é pelo menor *rd* dentre as solicitações nas listas de coleta e entrega. Observando essas listas, a solicitação/paciente que possui o menor *rd* é o *id* = 1. Então, a decisão será de entregá-lo (seta verde). As setas amarelas indicam que, como explicado na Figura 3.7, as solicitações de *id* = 2 e 7 serão coletadas, pois elas estão disponíveis no mesmo nó de entrega da solicitação de *id* = 1. Quando o veículo finalizar a ação (seta roxa), a lista de coleta e entrega será atualizada, ou seja, *id* = 2 e 7 são removidos da coleta e adicionados na entrega, o *id* = 1 é removido da entrega e o *id* = 8 é adicionado na lista de coleta. Em seguida, será tomada a decisão entre coletar/entregar, no tempo 15. Observando as duas listas e a capacidade do veículo, a decisão será entregar o *id* = 2 no nó 3, pois apresenta o menor *rd*, mas no mesmo nó poderá ser feita a ação de entregar o *id* = 7 e coletar o *id* = 8.

Figura 3.8 – Exemplo da regra G2

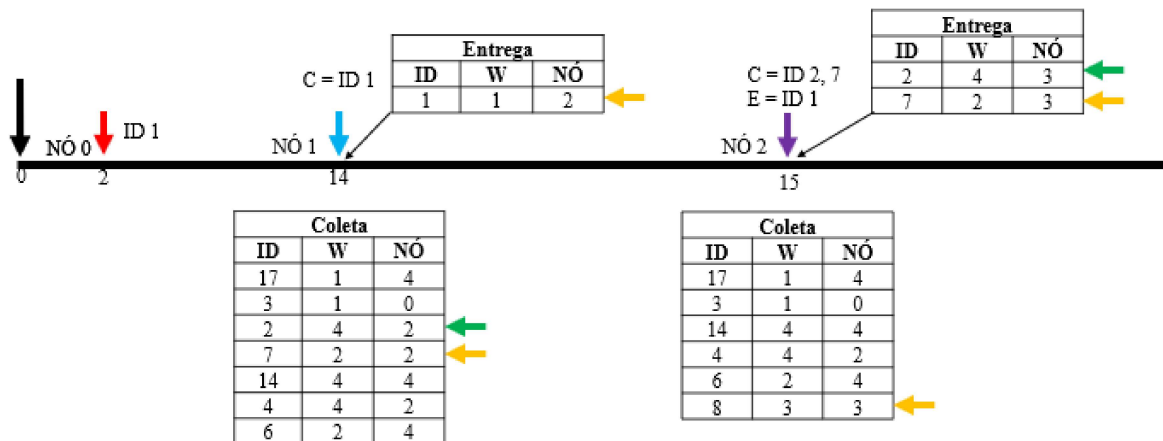


Fonte: a autora.

Regra G3: a diferença em relação às regras anteriores está na maneira como a solicitação/paciente é selecionado para ser atendido pelo veículo. Nesse caso, a tomada de decisões é pela urgência dos pacientes, ou seja, escolhe-se o paciente que tem a maior urgência. Espera-se que atendendo o paciente de maior urgência o mais rápido possível, uma vez que a sua janela de tempo para receber atendimento é pequena, o atraso total ponderado seja reduzido. E, caso a capacidade do veículo tenha sido atingida, faz-se uma entrega, escolhendo, dentre todos os pacientes disponíveis para entrega, o de maior urgência.

A Figura 3.9 segue das anteriores e se diferencia no momento da tomada de decisões (seta azul). Nas listas de coleta e entrega, a maior urgência é identificada nas solicitações de $id = 2, 14$ e 4 , dando preferência, no caso de empate, pelo paciente com o menor tempo de liberação, ou seja, a solicitação de $id = 2$ será escolhida para ser coletada (seta verde). As setas amarelas indicam as solicitações que também serão atendidas naquele nó que o veículo se encontra parado, sendo para a entrega o $id = 1$ e coleta o $id = 7$. Finalizando essa ação (seta roxa) no tempo 15, as listas de coleta e entrega são atualizadas, ou seja, o $id = 2$ e 7 são removidos da lista de coleta e adicionados na lista de entrega, o $id = 1$ é removido da lista de entrega e o $id = 8$ é adicionado na lista de coleta. Ainda no tempo 15, observando a maior urgência dentre as solicitações e a capacidade do veículo, a decisão será entregar o $id = 2$ no nó 3. No mesmo nó que o veículo estará parado, poderá ainda ser entregue o $id = 7$ e coletado o $id = 8$.

Figura 3.9 – Exemplo da regra G3



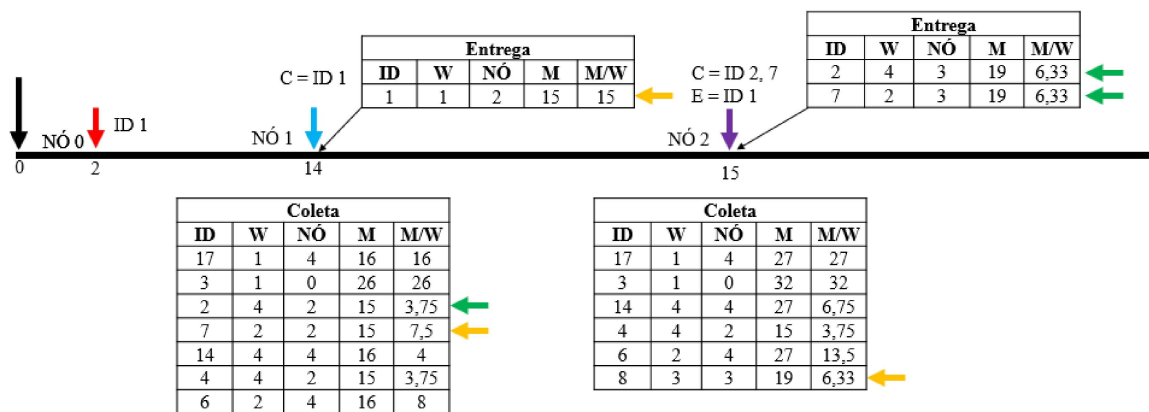
Fonte: a autora.

Regra G4: nessa versão, as decisões são tomadas considerando as solicitações/pacientes disponíveis para a entrega/coleta, selecionando aquela que resulte no menor momento de fim do veículo dividido pela urgência. Ou seja, dado o nó em que o veículo se encontra, dentre os pacientes nos seus respectivos nós, calcula-se o tempo para o veículo atender cada paciente disponível, depois se divide esse tempo pela urgência do respectivo paciente. Então, faz-se a escolha do paciente a ser coletado ou entregue que tiver a menor razão entre o momento de fim do veículo pela sua urgência. Caso a capacidade do veículo tenha sido atingida, faz-se a escolha de um paciente para a entrega conforme essa menor razão.

Na Figura 3.10, tem-se no tempo 14 (seta azul) a decisão partindo da menor razão (M/W), que é calculada pelo momento de fim do veículo (M) para atender a solicitação dividido pela urgência (W) da solicitação. Observa-se que a menor razão é apresentada para as solicitações de $id = 2$ e 4 . Como as duas possuem o mesmo nó de coleta, as duas solici-

tações poderão ser coletadas havendo capacidade no veículo. Porém, como no veículo há apenas uma capacidade livre, a decisão é pelo menor tempo de liberação ($id = 2$). Estando parado naquele nó das solicitações, o veículo ainda atenderá as solicitações de $id = 7$ e 1 (seta amarela). Finalizando essa ação (seta roxa) no tempo 15, as listas de coleta e entrega são atualizadas, ou seja, $id = 2$ e 7 são removidos da lista de coleta e adicionados na lista de entrega, o $id = 1$ é removido da lista de entrega e o $id = 8$ adicionado na lista de coleta. Observando o menor valor da razão M/W dentre as solicitações e a capacidade do veículo, a decisão será entregar o $id = 2$ e 7 (seta verde) no nó 3. No mesmo nó que o veículo estará parado, poderá ainda ser coletado o $id = 8$.

Figura 3.10 – Exemplo da regra G4



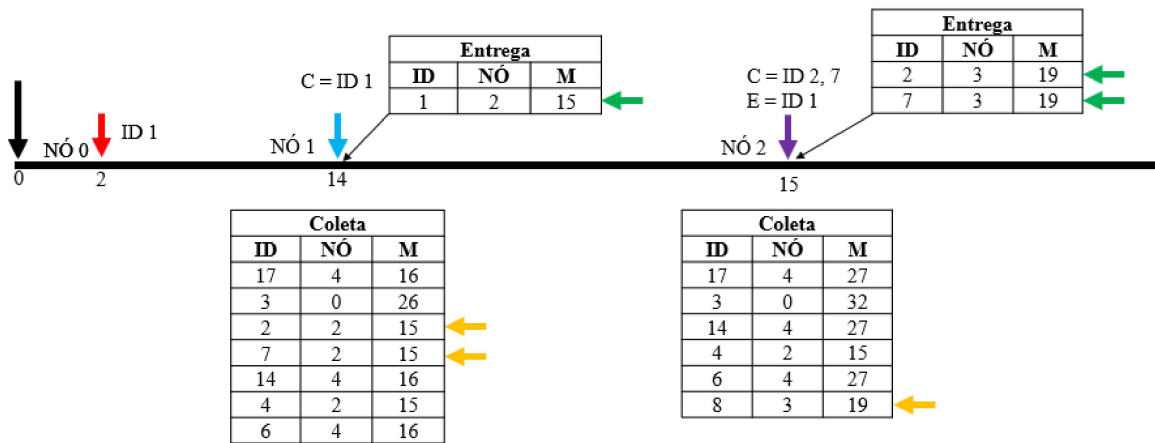
Fonte: a autora.

Regra G5: a diferença entre essa versão e a regra G4 é que ela não utiliza a urgência do paciente para ponderar o momento em que o veículo atende a solicitação. Ou seja, nessa versão, a decisão a ser tomada observa apenas o momento de fim do veículo, partindo do nó que o veículo se encontra até o nó dos pacientes disponíveis para a coleta e entrega. Caso a capacidade do veículo tenha sido atingida, faz-se a escolha de um paciente para realizar a entrega, pegando sempre aquele que vai gerar o menor momento de fim do veículo.

A Figura 3.11 exemplifica a decisão da regra G5 quando o veículo está no tempo 14 (seta azul), conforme exemplificado nas figuras das regras anteriores. Nesse tempo, escolhe-se nas listas de coleta e entrega a solicitação que possui o menor momento de veículo. Observa-se que a lista de entrega traz o menor momento para a solicitação de $id = 1$ (seta verde). Além disso, quando o veículo se encontrar parado no nó de $id = 1$, ele também buscará atender as solicitações de $id = 2$ e 7 (seta amarela). Finalizando essa ação (seta roxa) no tempo, as listas de coleta e entrega são atualizadas, ou seja, $id = 2$ e 7 são removidos da lista de coleta e adicionados na lista de entrega, $id = 1$ é removido da lista de entrega e o $id = 8$ é adicionado na lista de coleta. Observando o menor momento de fim dentre as solicitações e a capacidade do veículo, a decisão será entregar o $id = 2$ e 7, que apresentam o mesmo valor

para o momento, com entrega no nó 3. No mesmo nó que o veículo estará parado, poderá ser coletado o $id = 8$.

Figura 3.11 – Exemplo da regra G5



Fonte: a autora.

Regra SA-D: Uma nova regra é considerada, além das cinco regras gulosas definidas anteriormente para a heurística de reotimização. Essa nova regra consiste no emprego do algoritmo de recozimento simulado para decidir as próximas decisões a serem tomadas sobre a coleta/entrega de pacientes. Dessa forma, a cada decisão na linha 8 do Algoritmo 3.2, o recozimento simulado é aplicado sobre as solicitações disponíveis nas listas de coleta e entrega.

Para esta regra, cria-se uma variável *estado* para guardar a informação sobre a solicitação já ter sido atendida ou que está sendo atendida no tempo atual t (estado 1), ou se é uma solicitação de coleta/entrega que será atendida após o tempo t (estado 0). Assim, ao aplicar o recozimento simulado, somente os pacientes com estado igual a 0 é que poderão ser modificados por algum operador. Todos os pacientes com estado igual a 1 são fixos e não podem ser mais alterados. A cada chamada do recozimento simulado, a sua solução inicial é definida pelos pacientes com estado igual a 1, enquanto os pacientes nas listas de coleta e entrega (que tem o estado igual a 0) são adicionados aos veículos usando a Regra G5. Em seguida, o recozimento simulado realiza o laço das linhas 3-15 do Algoritmo 3.1. Ao final, com a solução X_{melhor} , define-se a primeira solicitação com estado igual a 0 para ser a próxima ação a ser feita por cada veículo. Em seguida, cada solicitação cujo momento de início seja igual ou inferior ao tempo t tem o seu estado modificado para 1. As listas de coleta e entrega também são atualizadas de acordo, conforme a linha 10 da heurística de reotimização.

Capítulo 4

EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS

Este capítulo tem como objetivo apresentar as instâncias utilizadas para os experimentos computacionais e discutir os resultados obtidos pelas heurísticas desenvolvidas aplicadas a essas instâncias. Inicialmente, são apresentados os resultados do problema em sua configuração básica de 2 veículos, com capacidade para transportar até 2 pacientes por veículo. Nessa configuração, faz-se uma comparação entre a aplicação do recozimento simulado na versão estática do problema com a heurística de reotimização com as diferentes regras para o problema dinâmico. Em seguida, apresentam-se resultados com o objetivo de avaliar o desempenho de cada uma das regras gulosas e da regra baseada no recozimento simulado dentro da heurística de reotimização. Esta análise é feita variando a quantidade de veículos e a capacidade dos mesmos ao transportar os pacientes, trazendo figuras e tabelas para evidenciar os resultados.

Todos os métodos heurísticos foram codificados na linguagem de programação Python e os experimentos foram realizados em um computador com processador Intel(R) Xeon(R) E3-1245 3,50 GHz, 32 GB de RAM e sistema operacional Ubuntu 18.04 LTS. Os experimentos foram feitos sobre 150 instâncias, todas geradas aleatoriamente usando uma distribuição uniforme inteira, sendo 50 instâncias para um hospital com 5 unidades, 50 instâncias para um hospital com 10 unidades e 50 instâncias para um hospital com 15 unidades. A matriz de tempo para o veículo ir de uma unidade até a outra foi gerada de forma aleatória, para valores em um intervalo de 1 a 20 minutos.

Para cada tamanho de hospital, com 5, 10 e 15 unidades, geraram-se 10 instâncias com a combinação da quantidade de solicitações (isto é, 20, 40, 60, 80 e 100) com fatores diversos para o momento em que os pacientes são liberados para o transporte (isto é, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 1,25, 1,50, 1,75, 2,0 e 3,0). Ou seja, para o hospital de 5 unidades, são criadas 10 instâncias com 20 solicitações, cada uma definida sobre um dos fatores usado para o momento de liberação dos pacientes. Com isso, foram geradas um total de 150 instâncias.

Os fatores usados para o momento de liberação dos pacientes foram geradas com base na proposta de [Nessah, Yalaoui e Chu \(2008\)](#) para gerar datas de liberação em um problema de programação de máquinas. Dessa forma, a data de liberação rd de cada paciente é obtida de uma distribuição uniforme no intervalo $[0; 50,5\frac{n}{m}\beta]$, com n sendo o número de solicitações, $m = 3$ e $\beta \in \{0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75; 2,0; 3,0\}$ sendo o parâmetro que controla quão dispersas são essas datas de liberação. O intuito é gerar instâncias que tenham um menor/maior espaçamento entre a liberação de um paciente e outro. Quanto maior o fator, mais espaçados estão as liberações dos pacientes umas das outras.

Além das instâncias descritas anteriormente, esta pesquisa também utiliza-se das instâncias publicadas por [Côté et al. \(2020\)](#). Esses autores obtiveram instâncias reais do ano de 2016 de um grande hospital na Itália com mais de 20 unidades. Eles resolveram um total de 50 instâncias para uma frota heterogênea de veículos, composta por 2 ambulâncias e 3 minicarros com capacidades diferentes. Nesta pesquisa, como foi considerada uma frota homogênea de veículos, não foi realizada uma comparação direta de resultados com os autores citados que consideram frotas heterogêneas. Por outro lado, aplicam-se as heurísticas propostas considerando uma configuração básica de 2 veículos com capacidade de até 2 pacientes por veículo. Além disso, investiga-se também as situações para diferentes quantidades de veículos e capacidades para eles.

Com relação aos parâmetros utilizados pelo recozimento simulado, foram realizados vários testes preliminares buscando definir valores que permitissem boas soluções dentro de um tempo aceitável para o problema estático. Como resultado, optou-se pelos seguintes parâmetros: $T_i = 100$, $T_f = 0,1$, $\alpha = 0,97$ e $Iter_{max} = 20$. Para o problema dinâmico, usando $Iter_{max} = 20$, nota-se um elevado tempo computacional, já que o recozimento simulado é aplicado na ocorrência de qualquer evento. Desta forma, após testar vários valores no intervalo de $[5, 50]$, chega-se em $Iter_{max} = 10$ como um valor adequado para este parâmetro, permitindo balancear a qualidade da solução final com o tempo computacional exigido para obtê-la. É importante mencionar que nos resultados seguintes, cada instância é resolvida 5 vezes por cada método, sendo reportada a melhor solução encontrada em termos de atraso total ponderado.

4.1 Resultados sobre as Instâncias Aleatórias

Os resultados da aplicação dos métodos para a resolução das instâncias aleatórias, considerando a configuração básica, são apresentados nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 para as 50 instâncias do hospital com 5, 10 e 15 unidades, respectivamente. Cada tabela contém as seguintes informações: o nome da instância, que identifica quantas solicitações (O), a quantidade de unidades que o hospital contém (H) e o fator usado para gerar o momento de liberação dos pacientes (R); e para cada heurística, o tempo para encontrar a solução (TM)

em segundos e o valor da solução (VS) para cada instância (isto é, o atraso total ponderado). Para facilitar a leitura e identificação dos resultados, adota-se a nomenclatura SA-E para o recozimento simulado aplicada ao problema estático. Quanto à heurística de reotimização, usaremos o nome da regra em questão para identificar os resultados obtidos (G1, G2, G3, G4, G5 ou SA-D)

Na Tabela 4.1, para o hospital com 5 unidades, o recozimento simulado para o problema estático (isto é, o SA-E) apresentou um tempo médio computacional e valor da solução médio iguais a 11,90 segundos e 235, respectivamente. Esses valores, com a heurística de reotimização, usando a regra baseada no recozimento simulado (isto é, SA-D) são 364,43 segundos e 592. Já para a regra G1, eles são de 0,20 segundos e 1759; para a regra G2, são de 0,20 segundos e 1427; para a regra G3, são de 0,19 segundos e 1388; para a regra G4 são de 0,20 segundos e 1116; e para a regra G5 são de 0,20 segundos e 603, respectivamente.

Ao tomar os resultados da regra G5 como base para a heurística de reotimização, já que ela traz os melhores valores de atraso total ponderado médio entre as cinco regras gulosas, nota-se que o uso da regra SA-D permite ainda uma redução de 1,82% sobre ele, na média. Claramente, os melhores resultados são alcançados quando se tem um problema estático, com uma redução de 61,03%, na média, embora ele não represente a situação real do hospital. A regra G1, por sua vez, apresenta o maior valor de solução, de 1759 na média. O menor valor de solução com a regra G5 é encontrado para a instância O20_H5_R9, de 8. Por outro lado, com a G5, a instância que tem o maior valor de solução é a O100_H5_R1, sendo de 8720. Este valor também é retornado pela SA-D. O menor valor médio de atraso total ponderado com o SA-E é igual a zero, valor apresentado para 22 instâncias. O maior valor médio de solução obtido com o SA-E é para a instância O100_H5_R1, sendo de 5209. Com a regra SA-D é possível obter a média de atraso total ponderado igual a zero para uma instância, a O40_H5_R9. O maior valor médio é para a instância O100_H5_R1, sendo de 8720.

Com relação ao tempo computacional, para o hospital com 5 unidades, a SA-D apresenta o maior valor em relação as regras, com uma média de 364,43 segundos. Isso era esperado pensando que o recozimento simulado é aplicado na ocorrência de qualquer evento. Por outro lado, com o SA-E, o tempo médio é de 11,90 segundos. Nas instâncias com 20 solicitações, o tempo computacional médio do SA-E é de 3,51 segundos e da SA-D é de 26,63 segundos. Já para as instâncias com 100 solicitações, esse valor passa a ser de 21,41 segundos e 868,94 segundos, respectivamente. Assim, a medida que o número de solicitações aumenta, o tempo computacional também aumenta. A instância com o maior tempo computacional para o SA-E é a O100_H5_R6, com 21,59 segundos, e para a SA-D é a instância O100_H5_R10, com 912,44 segundos. O tempo computacional da heurística de reotimização com as cinco regras gulosas não ultrapassa 1 segundo, na média. Ao analisar as instâncias com 20 solicitações, o tempo computacional com a G5 varia entre 0,08 e 0,11 segundos, enquanto para as instâncias com 100 solicitações, ele varia entre 0,27 e 0,33 segundos.

Tabela 4.1 – Resultados para o hospital com 5 unidades

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H5_R1	3,47	0	16,70	16	0,09	162	0,09	367	0,11	332	0,08	166	0,09	56
O20_H5_R2	3,48	0	23,08	76	0,08	495	0,08	397	0,08	439	0,08	238	0,09	486
O20_H5_R3	3,54	0	26,46	104	0,08	165	0,09	100	0,08	36	0,11	36	0,08	104
O20_H5_R4	3,58	0	26,01	0	0,09	56	0,09	28	0,11	0	0,09	0	0,11	24
O20_H5_R5	3,60	0	29,10	80	0,08	180	0,08	80	0,06	136	0,08	112	0,09	80
O20_H5_R6	3,52	0	27,24	44	0,08	92	0,09	92	0,06	92	0,11	92	0,08	92
O20_H5_R7	3,46	0	25,13	40	0,09	40	0,08	40	0,09	40	0,09	40	0,11	40
O20_H5_R8	3,45	0	31,31	84	0,09	128	0,14	84	0,09	40	0,09	40	0,09	84
O20_H5_R9	3,55	0	31,14	36	0,08	60	0,09	36	0,09	60	0,08	60	0,09	36
O20_H5_R10	3,40	0	30,14	76	0,08	80	0,09	80	0,09	80	0,08	80	0,11	76
O40_H5_R1	7,01	44	95,33	985	0,12	3214	0,14	2912	0,14	1681	0,12	1238	0,16	985
O40_H5_R2	6,83	43	111,35	435	0,11	2924	0,11	1562	0,14	579	0,16	1265	0,16	435
O40_H5_R3	7,00	0	115,81	103	0,12	76	0,14	536	0,12	138	0,17	411	0,16	103
O40_H5_R4	7,20	0	117,85	104	0,11	188	0,12	308	0,14	204	0,12	204	0,14	104
O40_H5_R5	7,16	0	126,81	132	0,16	152	0,14	196	0,12	164	0,12	164	0,12	132
O40_H5_R6	7,19	0	118,04	372	0,17	445	0,14	584	0,14	493	0,12	593	0,14	372
O40_H5_R7	7,21	0	122,37	120	0,17	120	0,11	96	0,16	120	0,14	120	0,11	120
O40_H5_R8	7,14	2	121,58	348	0,17	208	0,14	396	0,12	208	0,12	208	0,11	348
O40_H5_R9	7,26	0	124,48	8	0,19	8	0,14	8	0,12	8	0,16	8	0,14	8
O40_H5_R10	7,17	0	126,14	156	0,16	156	0,11	156	0,20	156	0,12	156	0,14	156
O60_H5_R1	11,34	181	232,45	1018	0,22	5230	0,23	4838	0,17	5337	0,17	4665	0,20	1018
O60_H5_R2	11,28	312	286,35	682	0,22	4220	0,22	1989	0,19	3111	0,20	1383	0,22	682
O60_H5_R3	11,37	0	286,58	33	0,20	358	0,19	768	0,17	589	0,17	295	0,22	33
O60_H5_R4	11,44	52	283,99	448	0,20	500	0,19	740	0,19	354	0,17	320	0,19	448
O60_H5_R5	11,41	67	288,91	280	0,20	454	0,16	500	0,19	420	0,22	488	0,17	280
O60_H5_R6	11,50	28	292,70	164	0,19	314	0,22	360	0,20	136	0,20	212	0,19	164
O60_H5_R7	11,44	0	290,16	84	0,20	84	0,23	96	0,17	100	0,20	84	0,19	84
O60_H5_R8	11,51	0	284,34	156	0,20	136	0,25	176	0,20	136	0,17	136	0,22	156
O60_H5_R9	11,39	21	298,51	280	0,17	363	0,22	388	0,20	361	0,19	291	0,20	280
O60_H5_R10	11,27	0	284,18	272	0,30	292	0,20	212	0,20	292	0,17	292	0,20	272
O80_H5_R1	16,04	3238	446,99	6114	0,28	19786	0,25	13990	0,22	14861	0,22	11360	0,25	6114
O80_H5_R2	15,98	180	500,04	712	0,27	3476	0,28	2988	0,23	3902	0,25	2970	0,30	712
O80_H5_R3	15,99	177	515,50	479	0,25	2140	0,23	1366	0,25	964	0,25	597	0,25	479
O80_H5_R4	16,33	51	523,65	286	0,27	435	0,25	938	0,25	387	0,27	432	0,23	286
O80_H5_R5	16,23	44	539,94	228	0,25	367	0,23	1078	0,23	330	0,28	267	0,23	228
O80_H5_R6	16,09	79	549,32	496	0,27	396	0,22	319	0,20	380	0,25	439	0,28	496
O80_H5_R7	16,22	44	551,70	144	0,33	132	0,25	180	0,22	132	0,27	132	0,25	144
O80_H5_R8	16,08	0	536,18	124	0,27	124	0,25	236	0,22	124	0,25	124	0,27	124
O80_H5_R9	15,90	28	544,68	264	0,25	232	0,25	284	0,23	232	0,23	260	0,27	264
O80_H5_R10	15,95	12	549,90	260	0,23	436	0,23	320	0,25	236	0,23	288	0,27	260
O100_H5_R1	21,28	5209	662,12	8720	0,33	27487	0,47	23843	0,30	25246	0,31	19959	0,31	8720
O100_H5_R2	21,28	791	783,23	1046	0,25	6012	0,38	2451	0,31	1916	0,33	1606	0,31	1046
O100_H5_R3	21,37	468	890,20	1344	0,23	2807	0,34	1498	0,28	1705	0,34	1289	0,30	1344
O100_H5_R4	21,48	201	884,29	638	0,27	729	0,30	876	0,27	827	0,31	654	0,33	638
O100_H5_R5	21,48	125	924,63	416	0,44	881	0,36	500	0,44	824	0,33	533	0,31	416
O100_H5_R6	21,59	115	908,32	536	0,33	394	0,34	600	0,31	364	0,33	424	0,28	536
O100_H5_R7	21,42	82	904,62	208	0,31	220	0,34	344	0,27	200	0,31	200	0,30	208
O100_H5_R8	21,50	108	908,01	496	0,30	354	0,31	682	0,31	368	0,31	393	0,31	496
O100_H5_R9	21,26	12	911,49	164	0,23	420	0,31	515	0,31	340	0,30	264	0,27	164
O100_H5_R10	21,45	44	912,44	192	0,28	236	0,28	212	0,31	212	0,28	212	0,30	192
Média	11,90	235	364,43	592	0,20	1759	0,20	1427	0,19	1388	0,20	1116	0,20	603

Fonte: a autora

Para uma investigação mais detalhada do SA-E e da heurística de reotimização com a regra SA-D, analisa-se o comportamento destes métodos sobre duas instâncias, a O20_H5_R1 e a O20_H5_R10. Com a regra G5 é possível obter o valor da solução igual a 56 e 76,

respectivamente. Com o SA-E é possível obter uma solução melhor, que nesse caso permite reduzir para zero as soluções. Por outro lado, como o problema é da natureza dinâmica, comparando com a SA-D, a solução reduz-se em 71,43% para a instância O20_H5_R1, enquanto que para a instância O20_H5_R10 o resultado se manteve igual ao da G5. Para as instâncias do hospital com 5 unidades, com a SA-D é possível melhorar a solução de 4 instâncias ao comparar com a regra G5, sendo elas: a O20_H5_R1, com redução de 71,43%; a O20_H5_R2, com redução de 84,36%; a O20_H5_R4, com redução de 100%; e a O20_H5_R6, com redução de 52,17%. Se o problema fosse estático, com o SA-E seria possível reduzir o valor do atraso total podendo de todas as instâncias.

Na Tabela 4.2, para o hospital com 10 unidades, o SA-E apresentou um tempo computacional médio e valor da solução média iguais a 11,71 segundos e 5558. Para o problema dinâmico, esses valores com a regra SA-D são de 324,03 segundos e 7330; com a G1, são de 0,17 segundos e 13149; com a G2, são de 0,18 segundos e 12512; com a G3, são de 0,19 segundos e 10685; com a G4, são de 0,19 segundos e 9066; e com a G5, são de 0,19 segundos e 7330, respectivamente.

A análise dos resultados dessa tabela segue conclusões similares a da Tabela 4.1. Entre as regras gulosas para a heurística de reotimização, a G5 tem os melhores resultados em termos de valor da solução (isto é, atraso total ponderado) na média. Se o problema fosse estático, com o SA-E seria possível reduzir a solução média da G5 em 24,17%. Já com a SA-D não é possível melhorar o valor médio da solução retornado pela G5. A regra G1 apresenta o maior valor da solução média, de 13149. Para as instâncias desse hospital é possível obter o atraso total ponderado igual a zero apenas para a instância O20_H10_R10, ainda assim, com o SA-E. Por outro lado, a instância que tem o maior valor da solução é a O100_H10_R1, de 49691 com regra G5, ao passo que com o SA-E é possível reduzir em 6,70%, enquanto com a SA-D não é possível reduzir.

Em relação ao tempo computacional médio para o hospital com 10 unidades, a SA-D apresenta o maior tempo em relação as regras, sendo de 324,03 segundos. Por sua vez, o SA-E apresenta o segundo maior tempo, de 11,71 segundos. Nas instâncias com 20 solicitações, a média do tempo computacional para o SA-E é de 3,48 segundos e da SA-D é de 26,52 segundos. Para as instâncias com 100 solicitações, esses valores são 20,69 e 774,87 segundos, respectivamente. A instância que apresenta o maior tempo computacional para o SA-E é a O100_H10_R1, com um valor de 21,58 segundos. Para a SA-D, isso ocorre para a instância O100_H10_R10, com um valor de 920,78 segundos. Em relação a heurística de reotimização, independentemente da regra utilizada, o seu tempo computacional não ultrapassa 1 segundo na média.

Em uma análise mais detalhada do SA-E e da SA-D, escolhem-se as instâncias O20_H10_R1 e a O20_H10_R10. As duas apresentam o valor da solução com a regra G5 de 2395 e 93. Por sua vez, com o SA-E é possível reduzir em 48,43% e 100,00%, respectivamente. Para

a SA-D não é possível reduzir os valores obtidos com a G5. Essa observação permanece para as demais instâncias do hospital com 10 unidades. Ou seja, com o SA-E é possível melhorar o valor médio do atraso total ponderado das instâncias, enquanto que com a regra SA-D isso não é possível, ao comparar com as soluções da regra G5.

Tabela 4.2 – Resultados para o hospital com 10 unidades

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H10_R1	3,49	1235	24,11	2395	0,09	2635	0,09	2977	0,09	3028	0,09	2646	0,08	2395
O20_H10_R2	3,47	207	20,75	1054	0,09	1763	0,08	1675	0,08	1705	0,09	1592	0,09	1054
O20_H10_R3	3,52	469	27,13	1778	0,08	1903	0,08	1398	0,11	1903	0,08	1454	0,06	1778
O20_H10_R4	3,47	122	27,59	401	0,08	1114	0,08	970	0,08	1002	0,08	481	0,09	401
O20_H10_R5	3,46	40	27,96	365	0,09	1376	0,09	1459	0,09	649	0,09	596	0,08	365
O20_H10_R6	3,44	87	25,29	709	0,08	1466	0,09	1400	0,09	816	0,08	781	0,09	709
O20_H10_R7	3,48	315	26,38	1532	0,09	2018	0,08	1512	0,08	1140	0,09	780	0,08	1532
O20_H10_R8	3,49	24	28,39	905	0,08	480	0,08	622	0,09	451	0,09	561	0,08	905
O20_H10_R9	3,49	41	26,21	551	0,09	533	0,09	896	0,06	417	0,09	338	0,09	551
O20_H10_R10	3,49	0	31,36	93	0,08	127	0,09	196	0,08	116	0,09	115	0,08	93
O40_H10_R1	7,04	5970	75,96	10397	0,14	12147	0,12	12471	0,20	10819	0,16	9717	0,11	10397
O40_H10_R2	7,14	2972	99,59	4586	0,12	9772	0,14	10097	0,16	6669	0,16	6560	0,14	4586
O40_H10_R3	7,02	3147	103,97	4963	0,12	11616	0,17	10323	0,12	7928	0,14	7907	0,19	4963
O40_H10_R4	7,10	2452	117,78	3927	0,14	6168	0,14	7483	0,12	5018	0,12	4843	0,14	3927
O40_H10_R5	7,08	1605	102,57	2990	0,14	5641	0,12	4454	0,14	4496	0,14	4182	0,12	2990
O40_H10_R6	7,09	1027	88,38	2056	0,11	4742	0,14	4247	0,12	3409	0,12	3084	0,12	2056
O40_H10_R7	7,18	1319	112,18	3162	0,12	5823	0,12	5193	0,14	2700	0,11	3191	0,11	3162
O40_H10_R8	7,12	426	118,66	1539	0,12	2045	0,11	2740	0,14	2165	0,14	1571	0,12	1539
O40_H10_R9	7,10	19	119,83	616	0,14	811	0,12	968	0,12	696	0,12	679	0,14	616
O40_H10_R10	7,08	52	114,65	361	0,12	529	0,14	699	0,12	477	0,14	485	0,16	361
O60_H10_R1	11,24	9553	148,30	12567	0,17	22501	0,20	21211	0,19	19571	0,17	15023	0,16	12567
O60_H10_R2	11,24	8995	207,63	10889	0,19	17575	0,17	15999	0,17	18755	0,17	15970	0,30	10889
O60_H10_R3	11,47	4846	215,57	7892	0,16	13262	0,22	12671	0,20	13522	0,19	8462	0,23	7892
O60_H10_R4	11,30	6891	228,98	9531	0,19	14778	0,20	12054	0,20	12483	0,19	9799	0,23	9531
O60_H10_R5	11,29	5804	278,78	8202	0,17	12974	0,17	9170	0,22	7993	0,19	7272	0,17	8202
O60_H10_R6	11,11	2627	268,66	4076	0,17	8866	0,20	9594	0,16	6277	0,17	5293	0,19	4076
O60_H10_R7	11,23	1172	273,41	1776	0,17	4848	0,16	4356	0,19	3677	0,19	2488	0,19	1776
O60_H10_R8	11,36	747	265,07	2084	0,17	5856	0,19	5090	0,19	2533	0,19	3166	0,19	2084
O60_H10_R9	11,32	82	289,74	916	0,16	2096	0,17	2774	0,17	1370	0,20	846	0,16	916
O60_H10_R10	11,22	48	291,71	843	0,17	1201	0,19	1254	0,17	1243	0,19	1236	0,17	843
O80_H10_R1	16,19	28443	298,53	35410	0,23	52838	0,25	49600	0,27	45630	0,27	40232	0,22	35410
O80_H10_R2	16,17	16908	377,84	20683	0,23	33487	0,23	32611	0,27	27850	0,28	21258	0,22	20683
O80_H10_R3	16,01	8680	435,18	11179	0,22	24901	0,22	25192	0,27	18459	0,27	12692	0,23	11179
O80_H10_R4	16,08	7938	458,55	9703	0,19	24951	0,25	18350	0,23	18249	0,28	13984	0,23	9703
O80_H10_R5	16,12	8364	497,29	10841	0,22	24515	0,23	19289	0,27	18776	0,25	18381	0,22	10841
O80_H10_R6	15,94	2385	524,02	3274	0,22	13286	0,22	8369	0,23	12505	0,23	9427	0,22	3274
O80_H10_R7	16,04	749	481,37	1342	0,22	10163	0,22	8547	0,25	6843	0,23	4913	0,23	1342
O80_H10_R8	15,98	675	511,77	1689	0,22	6760	0,22	7578	0,25	5277	0,28	3655	0,22	1689
O80_H10_R9	15,94	615	542,14	1783	0,23	3692	0,22	2802	0,25	3161	0,23	2698	0,22	1783
O80_H10_R10	15,83	197	539,38	1048	0,20	1205	0,20	1895	0,25	1309	0,28	1040	0,25	1048
O100_H10_R1	21,58	46360	524,73	49691	0,27	68841	0,31	75306	0,28	64092	0,27	63917	0,27	49691
O100_H10_R2	21,04	29882	652,83	34713	0,25	53947	0,27	51397	0,30	53050	0,31	43326	0,27	34713
O100_H10_R3	20,74	22853	653,28	29013	0,28	41346	0,28	41578	0,31	37504	0,31	29054	0,30	29013
O100_H10_R4	20,59	16379	753,03	18632	0,27	38754	0,27	38902	0,28	25973	0,31	24545	0,30	18632
O100_H10_R5	20,45	8025	857,32	9382	0,27	23717	0,28	24010	0,28	18368	0,31	14898	0,30	9382
O100_H10_R6	20,71	7543	826,47	9643	0,28	21948	0,30	25219	0,28	15078	0,28	10355	0,38	9643
O100_H10_R7	20,46	5248	783,16	6836	0,27	12105	0,25	10486	0,33	8844	0,31	8194	0,33	6836
O100_H10_R8	20,50	2097	888,53	3275	0,25	10430	0,28	8600	0,28	5013	0,28	4811	0,34	3275
O100_H10_R9	20,53	1649	888,60	3247	0,25	11835	0,27	7325	0,30	3311	0,33	2743	0,31	3247
O100_H10_R10	20,27	608	920,78	1960	0,25	2063	0,28	2583	0,27	1909	0,27	2041	0,36	1960
Média	11,71	5558	324,03	7330	0,17	13149	0,18	12512	0,19	10685	0,19	9066	0,19	7330

Fonte: a autora

Na Tabela 4.3, para o hospital com 15 unidades, o SA-E apresenta um tempo computacional médio e o valor da solução média iguais a 11,43 segundos e 2515, respectivamente. Para o problema dinâmico, com a heurística de reotimização e as suas regras, tem-se: para a SA-D, esses valores são 309,37 segundos e 3539; para a G1, são de 0,18 segundos e 13016; para a G2, são de 0,18 segundos e 11430; para a G3, são de 0,18 segundos e 9433; para a G4 são de 0,22 segundos e 6806; e para a G5 são de 0,19 segundos e 3539, respectivamente. As análises dos resultados dessa tabela trazem conclusões similares as anteriores para o hospital com 5 e 10 unidades. Mais uma vez, dentre as regras gulosas para heurística de reotimização, a regra G5 tem os melhores resultados. Claramente, se o problema fosse estático, com o SA-E seria possível reduzir o valor médio da solução em 28,93%. Por outro lado, dado o problema dinâmico, com a SA-D não é possível reduzir o atraso total ponderado médio obtido com a regra G5. A regra G1 trouxe o maior valor médio da solução, de 13016. Para as instâncias desse hospital é possível obter o atraso total ponderado igual a zero para 8 instâncias, com o SA-E. O menor valor de solução com a SA-D e G5 é para a instância O20_H15_R8, de 57. Por outro lado, a instância que apresentou o maior valor de solução com a SA-D e G5 é a instância O100_H15_R1, de 23019, ao passo que o SA-E conseguiu reduzir em 17,49%, apresentando também o maior valor de solução.

Em relação ao tempo computacional para o hospital com 15 unidades, a SA-D apresenta o maior tempo médio para o problema dinâmico, sendo ele de 309,37 segundos. O SA-E apresenta o segundo maior tempo médio, de 11,43 segundos, mas para o problema estático. Nas instâncias com 20 solicitações, a média do tempo computacional para o SA-E é de 3,43 segundos, enquanto ele passa para 25,03 segundos com a SA-D. Para as instâncias com 100 solicitações, os valores são de 20,46 segundos e 739,31 segundos, respectivamente. A instância que apresenta o maior tempo computacional para o SA-E é a O100_H15_R2, com o valor de 20,78 segundos. Para a SA-D, isso ocorre para a instância O100_H15_R10, com o valor de 898,01 segundos. Para as regras gulosas na heurística de reotimização, mais uma vez, o tempo computacional médio ficou inferior a 1 segundo.

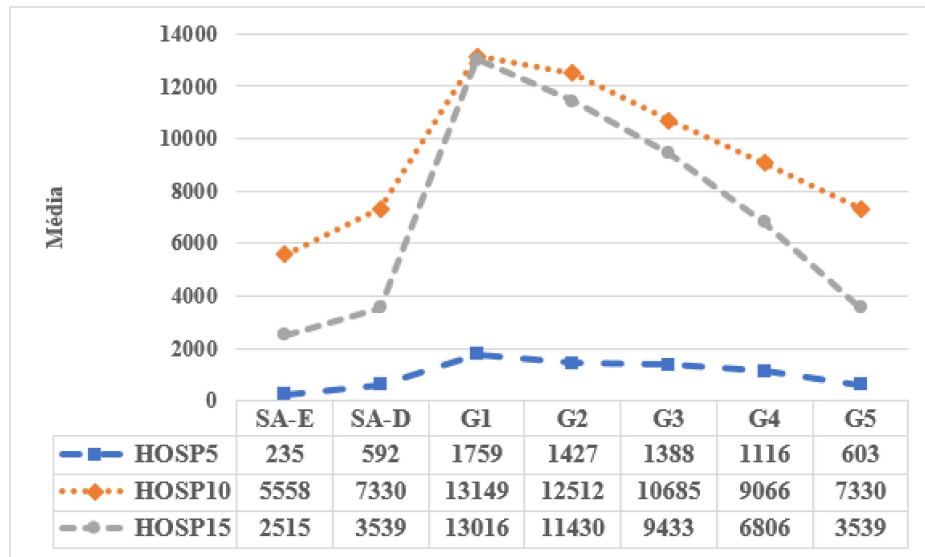
Com os resultados das Tabelas 4.1 a 4.3, ilustra-se na Figura 4.1 o valor médio das soluções obtido com todos os métodos. Observa-se que, no problema dinâmico, as regras SA-D e G5 permitem os melhores resultados gerais, enquanto a G1 tem os piores resultados em comparação a todos os outros métodos. Observa-se que a tendência é o tempo computacional aumentar a medida que o tamanho da instância cresce, seja em número de unidades do hospital, seja no número de solicitações para atender. Além disso, em geral, quanto menor o fator para gerar o tempo de liberação dos pacientes, maior o valor da solução.

Tabela 4.3 – Resultados para o hospital com 15 unidades

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H15_R1	3,39	284	13,46	730	0,09	3100	0,09	2002	0,11	2648	0,11	1129	0,09	730
O20_H15_R2	3,38	163	20,50	883	0,08	1955	0,08	2568	0,09	1591	0,08	1217	0,09	883
O20_H15_R3	3,35	161	24,06	679	0,11	2192	0,06	2088	0,09	1614	0,08	1085	0,09	679
O20_H15_R4	3,49	0	27,01	158	0,08	417	0,09	898	0,08	482	0,09	183	0,09	158
O20_H15_R5	3,37	0	24,69	96	0,08	615	0,08	1077	0,09	556	0,08	297	0,08	96
O20_H15_R6	3,40	0	26,40	328	0,09	658	0,08	532	0,06	239	0,08	210	0,11	328
O20_H15_R7	3,46	0	25,89	252	0,09	896	0,09	472	0,09	617	0,09	112	0,09	252
O20_H15_R8	3,49	0	30,94	57	0,08	87	0,08	116	0,08	58	0,09	69	0,08	57
O20_H15_R9	3,45	0	26,19	88	0,08	930	0,08	656	0,09	131	0,08	319	0,09	88
O20_H15_R10	3,49	0	31,13	100	0,08	304	0,08	204	0,08	230	0,09	339	0,06	100
O40_H15_R1	6,82	2146	54,64	4671	0,14	8421	0,14	9181	0,14	6965	0,12	6020	0,14	4671
O40_H15_R2	6,83	1300	77,36	1980	0,16	6741	0,09	6881	0,16	5724	0,16	2799	0,12	1980
O40_H15_R3	6,82	720	85,04	1615	0,12	4343	0,14	3730	0,14	2912	0,12	2713	0,14	1615
O40_H15_R4	6,78	425	97,60	1701	0,12	4796	0,14	4632	0,14	2573	0,12	1636	0,12	1701
O40_H15_R5	6,83	891	109,09	2401	0,11	6691	0,12	7783	0,14	4267	0,12	3082	0,14	2401
O40_H15_R6	6,85	391	110,00	1057	0,12	2624	0,12	4687	0,11	2323	0,14	1485	0,11	1057
O40_H15_R7	6,93	175	112,10	877	0,14	5360	0,11	4767	0,12	4489	0,12	2746	0,14	877
O40_H15_R8	6,88	138	120,32	651	0,14	5098	0,16	4422	0,12	3847	0,14	1923	0,16	651
O40_H15_R9	6,89	0	113,84	270	0,12	634	0,16	882	0,14	489	0,16	412	0,12	270
O40_H15_R10	6,99	4	119,02	548	0,12	365	0,14	308	0,11	454	0,14	341	0,16	548
O60_H15_R1	10,95	5197	147,74	7153	0,17	16053	0,14	14840	0,17	13569	0,22	10604	0,17	7153
O60_H15_R2	11,11	6215	201,95	8053	0,19	13614	0,20	14522	0,20	15097	0,20	11928	0,17	8053
O60_H15_R3	10,97	4626	216,26	5978	0,20	19854	0,17	14113	0,17	11340	0,20	10650	0,20	5978
O60_H15_R4	10,89	2133	238,74	2747	0,16	11102	0,19	8642	0,19	10199	0,19	8285	0,19	2747
O60_H15_R5	10,87	1077	226,79	1677	0,16	15092	0,14	9596	0,17	6825	0,20	5590	0,17	1677
O60_H15_R6	10,81	924	266,61	1431	0,19	11484	0,19	8508	0,22	7634	0,23	5779	0,19	1431
O60_H15_R7	10,95	511	276,64	1117	0,16	10692	0,19	6905	0,17	7434	0,17	2064	0,19	1117
O60_H15_R8	10,98	157	271,19	715	0,17	8696	0,17	6328	0,20	4521	0,19	1372	0,19	715
O60_H15_R9	10,86	72	278,00	509	0,19	5851	0,19	6069	0,16	4374	0,20	3281	0,22	509
O60_H15_R10	10,93	48	283,65	382	0,22	1452	0,17	2288	0,19	1054	0,19	615	0,17	382
O80_H15_R1	15,52	12525	238,62	17842	0,22	37141	0,23	34645	0,23	32199	0,25	28993	0,25	17842
O80_H15_R2	15,43	11020	343,68	14684	0,22	32691	0,22	27230	0,22	27645	0,31	20587	0,23	14684
O80_H15_R3	15,55	7237	408,03	9305	0,27	28855	0,25	25894	0,23	20482	0,38	13483	0,23	9305
O80_H15_R4	15,52	1944	421,47	2725	0,22	19258	0,22	20043	0,19	13684	0,38	10109	0,30	2725
O80_H15_R5	15,46	2837	452,91	3437	0,23	16174	0,22	17979	0,23	10073	0,41	8300	0,22	3437
O80_H15_R6	15,46	1020	495,29	1322	0,22	16526	0,23	14893	0,27	9028	0,30	5944	0,23	1322
O80_H15_R7	15,31	231	477,52	402	0,22	7305	0,25	6991	0,25	6900	0,39	3954	0,20	402
O80_H15_R8	15,39	168	524,87	449	0,20	8209	0,23	4890	0,25	3397	0,36	2250	0,23	449
O80_H15_R9	15,51	356	512,53	887	0,20	9774	0,23	7607	0,22	6027	0,28	3470	0,19	887
O80_H15_R10	15,48	79	543,77	448	0,22	1013	0,25	1148	0,27	424	0,34	820	0,25	448
O100_H15_R1	20,49	19067	437,40	23109	0,25	56954	0,31	52147	0,30	50290	0,39	41232	0,27	23109
O100_H15_R2	20,78	13910	608,31	16535	0,28	47383	0,30	43405	0,30	38519	0,41	30012	0,28	16535
O100_H15_R3	20,62	11643	624,88	16565	0,28	41281	0,30	36517	0,28	30214	0,31	23781	0,33	16565
O100_H15_R4	20,64	8454	727,18	9433	0,28	32964	0,28	34101	0,28	30114	0,31	17131	0,31	9433
O100_H15_R5	20,64	2360	780,39	2752	0,30	43015	0,28	34579	0,27	22902	0,41	14762	0,31	2752
O100_H15_R6	20,42	1034	752,62	1389	0,27	25960	0,28	20590	0,25	17663	0,33	11067	0,25	1389
O100_H15_R7	20,50	2911	847,74	4152	0,28	23579	0,28	21512	0,27	13606	0,31	7187	0,30	4152
O100_H15_R8	20,22	471	829,02	1001	0,25	15014	0,25	7555	0,25	6852	0,28	4879	0,30	1001
O100_H15_R9	20,11	632	887,50	1184	0,27	14497	0,28	8834	0,31	6247	0,30	2784	0,25	1184
O100_H15_R10	20,20	92	898,01	432	0,28	3113	0,31	1238	0,28	1111	0,28	1269	0,28	432
Média	11,43	2515	309,37	3539	0,18	13016	0,18	11430	0,18	9433	0,22	6806	0,19	3539

Fonte: a autora

Figura 4.1 – A atraso total ponderado médio para as instâncias do hospital com 5 (HOSP5), 10 (HOSP10) e 15 (HOSP15) unidades



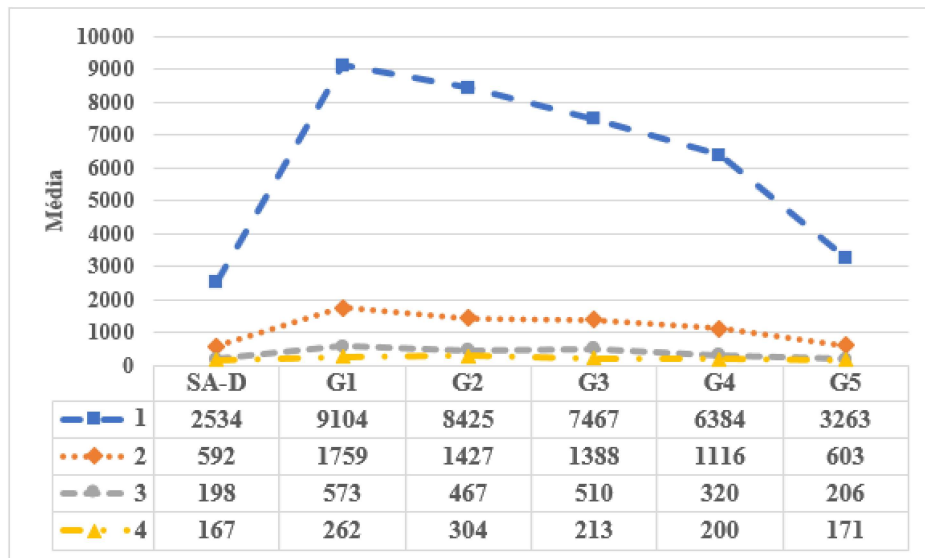
Fonte: a autora.

Além dos resultados para a configuração básica, apresenta-se adiante resultados obtidos com os métodos para diferentes parâmetros do problema, em particular, variando a quantidade de veículos e a capacidade dos mesmos. Considera-se que haja a disponibilidade de 1 a 4 veículos, com a capacidade variando de 1 a até 4 pacientes por veículo. Os resultados completos desses experimentos, para cada quantidade de veículo e capacidade de transporte, estão apresentados no Apêndice A. A seguir, os resultados foram sumarizados na forma de figuras, contendo a média geral do atraso total ponderado retornado por cada método.

A primeira análise considera a influência da quantidade de veículos na solução do problema, assumindo uma capacidade máxima de até 2 pacientes por veículo. As Figuras 4.2, 4.3 e 4.4 trazem as médias do atraso total ponderado variando o número de veículos para o hospital com 5, 10 e 15 unidades, respectivamente. Na Figura 4.2, para as instâncias do hospital com 5 unidades, dentre as cinco regras gulosas, a G5 traz os menores valores de atraso total ponderado, para qualquer que seja a quantidade de veículos, com as médias de 3263, 603, 206 e 171 para o valor da solução, respectivamente. Por outro lado, com a SA-D, torna-se possível reduzir em 22,34%, 1,82%, 3,88% e 2,34%, respectivamente, os valores reportados pela G5. A regra G1, por sua vez, apresenta os piores valores para o atraso total ponderado para a quantidade de 1, 2 e 3 veículos, com a média de 9104, 1759 e 573, respectivamente, enquanto a regra G2 apresenta o pior resultado para a quantidade de 4 veículos, com o valor médio de 304. Analisando a SA-D em comparação a quantidade de veículos, observa-se uma redução no valor médio do atraso total ponderado de 76,64% para o aumento do número de 1 para 2 veículos, de 66,55% ao aumentar de 2 para 3 veículos e de 15,66% ao aumentar de

3 para 4 veículos. Ao considerar um aumento de 1 para 4 veículos, a redução é ainda maior, chegando a 93,41% no atraso total ponderado médio.

Figura 4.2 – Influência do número de veículos para o hospital com 5 unidades



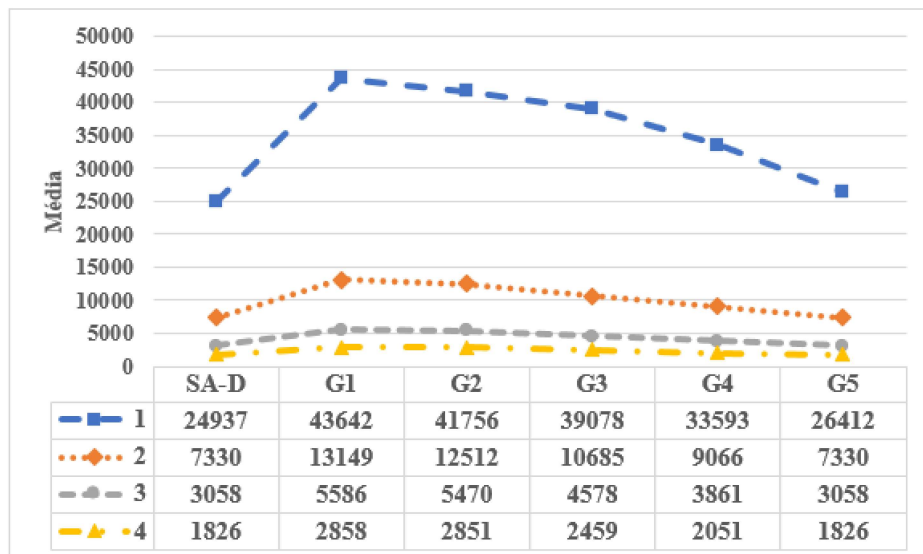
Fonte: a autora.

Para as instâncias em que o hospital contém 10 unidades, a Figura 4.3 mostra como as soluções variam conforme se muda a quantidade de veículos. Mais uma vez, dentre as regras gulosas, a G5 continua permitindo a heurística de reotimização obter os melhores valores de solução para qualquer que seja a quantidade de veículos, com o atraso total ponderado médio de 26412, 7330, 3058 e 1826, respectivamente. Com a SA-D é possível reduzir em 5,58% a média do atraso total ponderado apenas para a quantidade de 1 veículo. Nas quantidades de 2, 3 e 4 veículos, o valor médio permanece o mesmo entre a SA-D e a G5. Por outro lado, a regra G1 apresenta os piores valores para o atraso total ponderado para todas as quantidades de veículos, com médias de 43642, 13149 e 5586 e 2858, respectivamente. Ao analisar a SA-D em comparação a quantidade de veículos, observa-se uma redução no valor médio do atraso total ponderado de 70,61% para o aumento do número de 1 para 2 veículos, de 58,28% ao aumentar de 2 para 3 veículos, de 40,29% ao aumentar de 3 para 4 veículos. Se o aumento é de 1 para 4 veículos, torna-se possível ter uma redução de 92,68% no valor médio da solução.

Nas instâncias do hospital com 15 unidades, com os resultados ilustrados na Figura 4.4, para a quantidade de veículos variando, a regra G5 continua apresentando os melhores resultados dentre as regras gulosas, para qualquer quantidade de veículos. Os seus valores de atraso total ponderado médio são 16103, 3539, 1359 e 638, respectivamente. Com a SA-D é possível reduzir em 9,75% a média do atraso total ponderado apenas para a quantidade de 1 veículo. Por outro lado, a G1 traz os piores valores de atraso total ponderado médio para todas as quantidades de veículos, de 39352, 13016, 5517 e 2749, respectivamente. Analisando

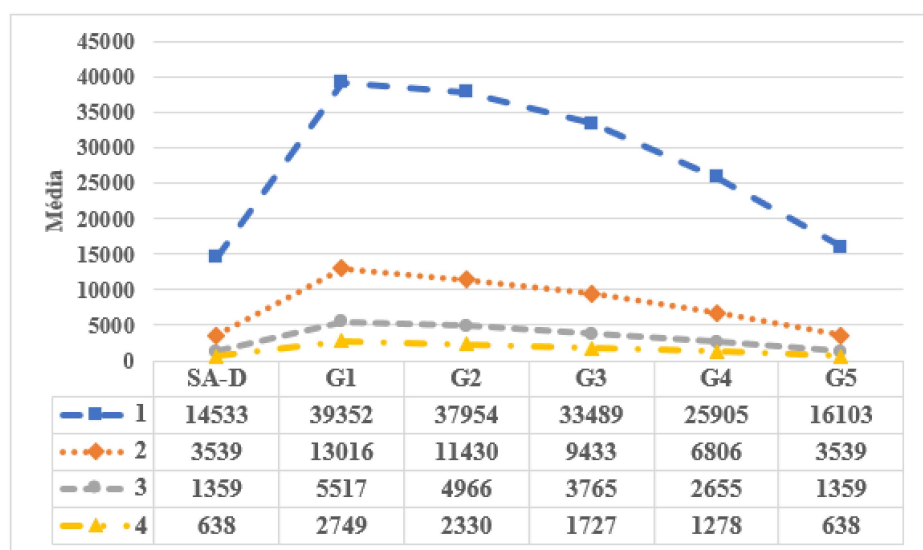
a SA-D em comparação a quantidade de veículos utilizados, tem-se uma redução no valor médio do atraso total ponderado de 75,65% para o aumento do número de 1 para 2 veículos, de 61,60% ao aumentar de 2 para 3 veículos e de 53,05% ao aumentar de 3 para 4 veículos. Ao considerar um aumento de 1 para 4 veículos, torna-se possível obter uma redução de 95,61%. Observa-se que quanto maior a quantidade de veículos, menores são os atrasos totais ponderados retornados pela SA-D e G5.

Figura 4.3 – Influência do número de veículos para o hospital com 10 unidades



Fonte: a autora.

Figura 4.4 – Influência do número de veículos para o hospital com 15 unidades

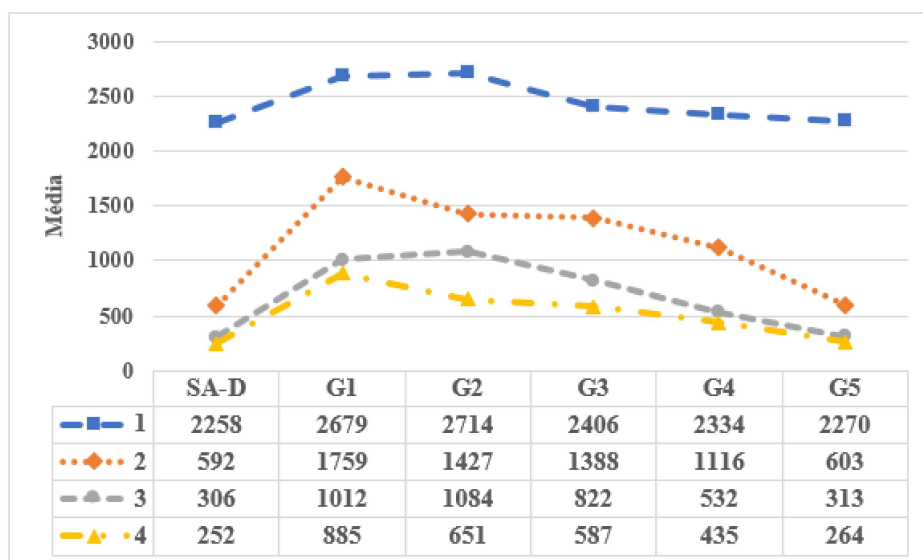


Fonte: a autora.

As Figuras 4.5, 4.6 e 4.7 contêm os resultados do atraso total ponderado médio quando se analisa a influência da capacidade dos veículos, para uma quantidade fixa de 2 veículos.

Considera-se as suas capacidades variando de 1 a até 4 pacientes, por veículo. Nas instâncias do hospital com 5 unidades, com os resultados ilustrados na Figura 4.5, dentre as regras gulosas, a G5 traz os melhores valores de atraso total ponderado médio para as capacidades 1, 2, 3 e 4, com valores de 2270, 603, 313 e 264, respectivamente. Com a SA-D é possível reduzir em 0,53%, 1,82%, 2,24% e 4,55% a média do atraso total ponderado, respectivamente. Por outro lado, a regra G1 apresenta os piores valores de atraso total ponderado para as capacidades de 2 e 4 pacientes, com médias de 1759 e 885, respectivamente, enquanto a G2 apresenta os piores resultados para as capacidades de 1 e 3 pacientes, com médias de 2714 e 1084, respectivamente. Analisando a SA-D em comparação a capacidade dos veículos, tem-se uma redução no valor médio do atraso total ponderado de 73,78% para o aumento da capacidade de 1 para 2 pacientes, de 48,31% ao aumentar de 2 para 3 pacientes e de 17,65% ao aumentar de 3 para 4 pacientes. Ao considerar que a capacidade aumenta de 1 para 4 pacientes, tem-se uma redução na média de 88,84%.

Figura 4.5 – Influência da capacidade dos veículos para o hospital com 5 unidades

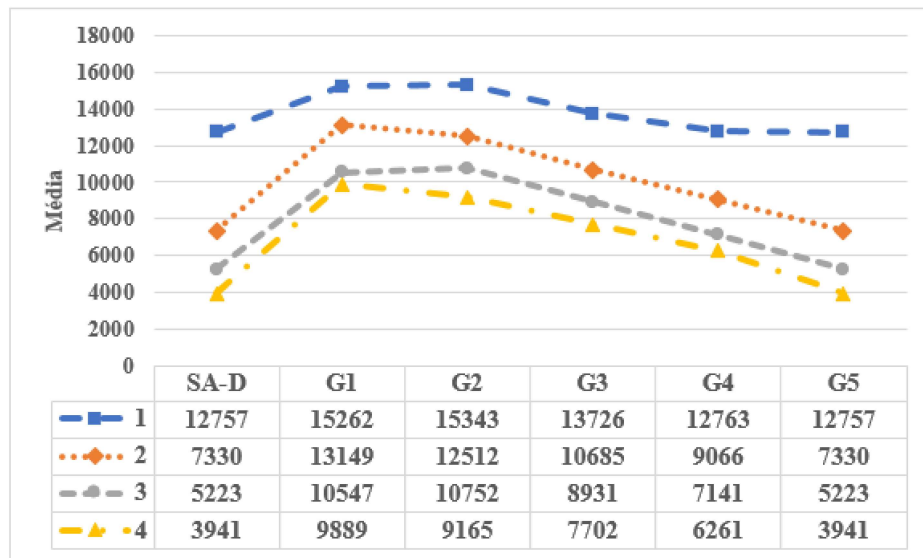


Fonte: a autora.

Para as instâncias em que o hospital contém 10 unidades, com os valores médios de solução ilustrados na Figura 4.6, variando a capacidade dos veículos, dentre as regras gulosas, a G5 continua apresentando os melhores valores de atraso total ponderado para todas as capacidades, com médias de 12757, 7330, 5223 e 3941, respectivamente. Com a SA-D não é possível melhorar a média do atraso total ponderado para nenhuma das capacidades. A regra G1 apresenta os piores valores de atraso total ponderado para as capacidades de 2 e 4 pacientes, com médias de 13149 e 9889, respectivamente, enquanto a regra G2 apresenta os piores valores para as capacidades de 1 e 3 pacientes, com médias de 15343 e 10752, respectivamente. Analisando a SA-D em comparação a capacidade dos veículos, observa-se uma redução no valor médio do atraso total ponderado de 42,54% para o aumento da capacidade

de 1 para 2 pacientes, de 28,74% ao aumentar de 2 para 3 pacientes e de 24,55% ao aumentar de 3 para 4 pacientes. Ao passar de 1 para 4 pacientes, tem-se uma redução de 69,11%.

Figura 4.6 – Influência da capacidade dos veículos para o hospital com 10 unidades

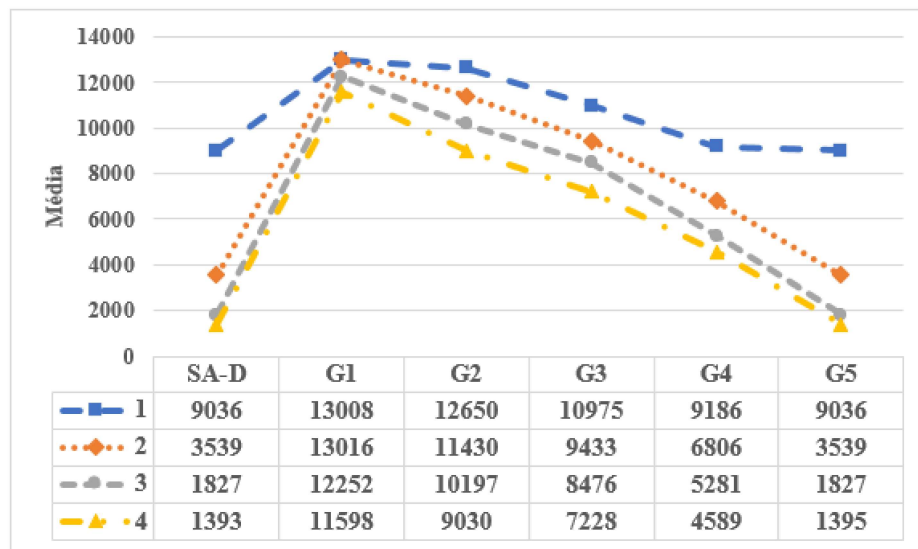


Fonte: a autora.

Nas instâncias do hospital com 15 unidades, com os resultados na Figura 4.7 para as diferentes capacidades do veículo, dentre as regras gulosas, a G5 continua trazendo os melhores valores de atraso total ponderado médio para todas as capacidades, com valores iguais a 9036, 3539, 1827 e 1395, respectivamente. Com a SA-D é possível reduzir em 0,14% a média do atraso total ponderado apenas para a quantidade de 4 pacientes, obtendo os mesmos valores médios da G5 para as quantidades de 1, 2 e 3 pacientes. Por outro lado, a regra G1 apresenta os piores valores de atraso total ponderado para as capacidades de 1, 2, 3 e 4 pacientes, com médias de 13008, 13016, 12252 e 11589, respectivamente. Analisando a SA-D em comparação a capacidade dos veículos, tem-se uma redução no valor médio do atraso total ponderado de 60,83% para o aumento da capacidade de 1 para 2 pacientes, de 48,38% ao aumentar de 2 para 3 pacientes e de 23,75% ao aumentar de 3 para 4 pacientes. Ao passar de 1 para 4 pacientes, nota-se uma redução significativa de 84,58%. Observa-se, então, que quanto maior a capacidade do veículo, menor é o atraso total ponderado.

Observando as Figuras 4.2 a 4.7, dentre as regras gulosas, a G5 apresenta os melhores resultados para a heurística de reotimização em termos de atraso total ponderado. Por outro lado, a regra G1 apresenta os piores resultados de atraso total ponderado. Apenas para algumas instâncias que a regra G2 superou a G1, apresentando resultados inferiores. Dessa forma, a regra G5, que considera apenas o tempo de deslocamento entre as unidades para decidir sobre qual paciente coletar/entregar, parece ser a mais indicada para a tomada de decisões. A regra G1, que considera a escolha do paciente pelo fim da sua janela de tempo, é a que apresenta os piores resultados gerais, sendo a menos indicada. Com a regra SA-D,

Figura 4.7 – Influência da capacidade dos veículos para o hospital com 15 unidades



Fonte: a autora.

os resultados melhoram bem em comparação com a G5 para várias instâncias, como as do hospital com 5 unidades. Para o hospital com 10 unidades, apenas para a configuração de 1 veículo é que se tem uma melhora, enquanto que para o hospital com 15 unidades, apenas para a configuração de 1 veículo e 4 pacientes é que se encontra resultados melhores com a SA-D.

4.2 Resultados sobre as Instâncias da Literatura

A seguir, apresenta-se os resultados para o problema sobre as instâncias de um hospital na Itália. Essas instâncias foram definidas no trabalho de *Côté et al. (2020)*. Esses autores consideraram uma frota heterogênea de veículos, enquanto esta pesquisa lidou com uma frota homogênea, por isso não é possível comparar diretamente os resultados obtidos com os resultados deles. Por outro lado, a análise é feita com os métodos propostos considerando uma configuração básica de 2 veículos com capacidade de até 2 pacientes por veículo. Realiza-se também um estudo variando a quantidade de veículos e fixando a capacidade em 2 pacientes por veículo, bem como variando a capacidade dos veículos e fixando uma quantidade de 2 veículos.

Os resultados considerando a configuração básica são apresentados na Tabela 4.4 para as 50 instâncias da literatura. Cada instância faz referência a um dia da semana, começando e terminando na sexta-feira. Para cada heurística, o tempo médio para encontrar a solução (TM) em segundos e o valor médio da solução (VS) são reportados. Em relação ao tempo computacional, a SA-D apresenta o valor maior, com uma média de 2439,38 segundos, enquanto SA-E apresenta uma média de 48,51 segundos. A instância que apresenta

o maior tempo computacional para o SA-E é a 46, com um valor de 81,25 segundos. Para a SA-D, isso ocorre com a mesma instância, com um valor de 5188,66 segundos.

Na Tabela 4.4, com o SA-E é possível obter um tempo médio computacional e valor da solução médio iguais a 48,51 segundos e 8527,42, respectivamente. Para o problema dinâmico, com a heurística de reotimização usando a regra SA-D, esses valores são 2439,38 segundos e 8889,06; com a regra G1, eles são 1,84 segundos e 94201,01; com a regra G2, eles são 1,81 segundos e 68143,00; com a regra G3, eles são 1,84 segundos e 51350,36; com a regra G4, eles são 1,85 segundos e 27656,14; e com a regra G5, eles são 1,79 segundos e 9450,20, respectivamente.

Analisando as regras gulosas, a G5 traz os melhores resultados, embora seja possível reduzir ainda mais o valor da solução com o SA-E em 9,76%. Com a SA-D é possível reduzir em 5,94% os resultados médios da G5. A regra G1 traz o maior valor de solução médio, de 94201,02. O menor valor de solução para a regra G5 é o da instância 1, de 0,49, que é o mesmo valor obtido pelo SA-E e a SA-D. Por outro lado, a instância que apresenta o maior valor de solução é a 50, de 36451,74. Com o SA-E é possível reduzir esse valor em 3,85%. Com a regra SA-D não é possível obter a média do atraso total ponderado igual a zero para qualquer instância. O menor valor médio da solução é para a instância 1, de 0,49. O maior valor médio é para a instância 50, de 35048,08.

Em relação a quantidade de solicitações na Tabela 4.4, a instância com menor quantidade é a 10, com 64 solicitações. Pode-se observar que para essa instância, a regra G5 não apresentou o menor valor médio da solução. Com o SA-E é ainda possível reduzir o valor da solução obtido com a regra G5, sendo a redução de 98,26%. Por outro lado, a instância com o maior número de solicitações é a 46, com 252 solicitações. Nesse caso, as regras G5 e SA-D apresentam o menor valor médio da solução. Se o problema fosse estático, poderia-se ainda reduzir este valor em 3,74% com o uso do SA-E.

Comparando as regras em relação a regra G5 na Tabela 4.4, observa-se que a G1 apresenta menores valores médios de solução para as instâncias 3, 6, 10, 17, 24 e 31. Com a regra G2, os melhores valores médios são para as instâncias 3, 10 e 16. Com a G3, os melhores valores médios são para as instâncias 3, 10, 16 e 31, enquanto para a G4, eles são para as instâncias 3, 6, 10, 17 e 31. Para as instâncias 3 e 10, a regra G5 apresenta os piores valores médio em comparação com as outras regras gulosas. Nestes casos, as decisões das outras regras gulosas são melhores do que observando apenas o tempo de deslocamento para atender as solicitações.

Tabela 4.4 – Resultados sobre as instâncias de Côté *et al.* (2020)

Instância	Solicitação	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
		TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
1	69	13,93	0,49	349,85	0,49	0,81	0,49	0,82	38,91	0,83	34,94	0,85	0,49	0,85	0,49
2	90	19,25	6,48	656,62	35,27	1,02	208,24	1,00	226,48	1,03	243,93	1,07	77,14	1,05	35,27
3	71	14,23	2,66	412,87	87,02	0,83	49,39	0,82	58,36	0,86	61,94	0,87	61,98	0,91	87,02
4	211	64,12	12525,94	3758,21	13539,36	2,34	139117,78	2,18	110616,24	2,21	73295,29	2,33	46360,68	2,34	13964,87
5	187	52,24	1871,41	2830,06	1964,67	2,00	99626,63	1,93	74370,45	1,97	47850,98	2,13	22957,59	2,06	1964,67
6	74	15,32	0	441,95	34,62	0,89	24,89	0,85	109,25	0,90	118,60	0,90	16,05	0,88	34,62
7	203	59,37	13242,87	3105,05	14434,37	2,14	163410,08	2,09	111877,18	2,14	93934,65	2,24	53412,40	2,22	14434,37
8	178	51,19	12619,13	2107,49	12619,13	1,96	84887,50	1,84	68434,43	1,89	44621,85	2,03	23095,04	1,90	13764,13
9	99	22,30	753,41	843,70	1087,45	1,15	10782,59	1,09	10078,43	1,12	8268,31	1,17	2670,22	1,12	1087,45
10	64	13,34	1,48	327,89	85,20	0,76	9,80	0,75	17,42	0,80	16,17	0,80	19,71	0,78	85,20
11	211	65,96	10210,39	3588,67	11390,74	2,25	135108,77	2,15	96164,59	2,23	64019,48	2,33	39861,73	2,26	11390,74
12	194	57,62	17013,90	2861,14	17013,90	2,04	119776,26	2,02	85490,37	2,13	59101,47	2,13	40571,33	2,07	19402,76
13	209	64,42	8777,59	3181,53	9405,65	2,20	153493,55	2,14	106986,56	2,22	78602,28	2,26	36745,42	2,26	9405,65
14	172	48,26	2012,07	2152,37	2012,07	1,89	59077,53	1,79	40504,89	1,83	29498,93	1,86	14943,45	1,86	2552,98
15	196	58,94	9587,82	2809,90	9587,82	2,12	128375,20	2,08	77997,59	2,15	71040,53	2,14	33782,11	2,09	10428,32
16	90	20,07	76,48	631,44	76,48	1,06	488,63	1,04	109,81	1,03	120,78	1,05	37,70	1,03	128,82
17	69	14,60	0	385,10	5,81	0,86	0	0,82	115,72	0,89	37,62	0,84	0	0,81	5,81
18	204	62,17	11179,28	3187,88	12673,92	2,20	152202,12	2,15	110561,61	2,19	78762,96	2,26	40338,02	2,18	12673,92
19	226	72,09	17749,48	3882,75	17749,48	2,39	164971,46	2,36	108128,70	2,49	79517,21	2,44	47814,39	2,39	19537,21
20	201	60,20	4115,07	2947,43	4449,35	2,11	128514,73	2,20	85138,62	2,18	71073,26	2,23	34108,23	2,13	4449,35
21	196	58,48	11344,73	2919,99	11344,73	2,06	112446,84	2,07	84638,95	2,11	61325,80	2,17	38638,70	2,06	13378,74
22	205	63,57	11932,68	3243,17	11932,68	2,13	121693,11	2,15	87036,00	2,23	68631,33	2,28	42860,43	2,18	14590,81
23	101	23,34	300,15	811,53	300,15	1,12	3435,24	1,15	1913,79	1,17	2535,34	1,18	1600,37	1,16	547,00
24	94	21,07	38,21	746,25	88,26	1,08	43,35	1,07	271,40	1,09	433,69	1,12	143,24	1,06	88,26
25	240	79,14	26709,47	4333,63	26709,47	2,60	200430,14	2,50	155856,62	2,68	120734,79	2,62	56499,87	2,49	27721,89
26	212	66,14	7819,42	3258,28	10123,86	2,21	118817,57	2,23	87062,51	2,24	64703,15	2,29	34294,31	2,20	10149,41
27	181	52,26	5665,00	2501,56	5665,00	1,96	77627,54	1,93	59620,20	1,92	48995,06	1,97	23844,29	1,90	6405,87
28	208	64,79	9297,50	3382,27	9297,50	2,19	127549,67	2,19	89717,47	2,17	69315,64	2,24	29444,56	2,20	10836,99
29	165	45,01	768,36	2002,34	896,01	1,86	52273,15	1,83	39119,37	1,76	33135,26	1,84	8562,34	1,76	896,01
30	120	28,98	186,90	1054,54	437,42	1,41	10979,28	1,36	4602,74	1,34	6596,83	1,34	1494,01	1,31	437,42
31	70	14,84	0	400,82	7,80	0,90	0	0,85	33,03	0,87	0	0,86	0	0,81	7,80
32	222	71,16	14221,83	3815,64	14221,83	2,40	160521,57	2,40	115979,61	2,49	90749,42	2,40	38383,31	2,30	15511,27
33	225	71,55	7062,22	3939,09	7407,21	2,43	121075,11	2,43	97276,61	2,39	81463,33	2,52	48697,57	2,31	7407,21
34	197	58,80	4781,21	2823,60	4781,21	2,10	117532,99	2,13	73911,92	2,13	63180,43	2,19	29799,53	2,05	5169,54
35	191	56,94	5772,18	2777,61	7561,14	2,12	127350,25	2,09	82446,56	2,07	63600,43	2,07	30057,13	1,99	7561,14
36	202	60,39	14019,26	3349,70	14019,26	2,23	140807,42	2,19	100360,66	2,19	82478,39	2,21	39593,74	2,09	15097,02
37	119	28,35	563,98	1274,32	1066,08	1,33	8503,91	1,35	6032,83	1,39	4865,15	1,32	2085,98	1,27	1066,08
38	80	17,36	9,00	543,62	12,29	0,96	13,21	0,97	33,84	0,97	43,37	0,94	27,92	0,91	12,29
39	237	75,47	14744,47	4584,79	16497,19	2,61	230805,46	2,50	158982,44	2,59	109862,80	2,49	55606,48	2,43	16497,19
40	194	54,63	7012,30	2793,74	7769,09	2,07	95931,50	2,05	78939,38	2,13	51489,95	2,07	32750,29	2,00	7769,09
41	229	71,49	18467,82	4054,24	18467,82	2,49	153163,99	2,40	120759,41	2,43	84209,77	2,42	46565,00	2,34	21656,32
42	211	62,19	14590,78	3342,75	16272,33	2,35	143644,03	2,22	101618,31	2,22	77742,27	2,25	52234,26	2,25	16272,33
43	223	68,19	13785,29	4024,67	13785,29	2,44	124130,63	2,41	87361,75	2,52	75995,05	2,34	45369,57	2,31	15529,15
44	108	24,24	286,35	971,96	677,84	1,25	6382,13	1,21	4389,75	1,21	4105,46	1,21	1771,95	1,19	677,84
45	77	15,69	10,65	515,04	68,29	0,94	443,48	0,90	634,82	0,93	1213,14	0,89	474,83	0,88	68,29
46	252	81,25	25705,73	5188,66	26704,65	2,84	261277,09	2,69	205264,24	2,67	142128,72	2,66	97427,64	2,58	26704,65
47	196	56,33	18109,18	2925,43	18109,18	2,15	144024,50	2,14	105303,23	2,13	84175,85	2,10	46715,74	2,07	19170,93
48	190	52,78	5588,11	2763,76	6144,54	2,12	109919,78	2,06	68381,26	2,01	58347,97	2,05	29760,48	1,99	6144,54
49	223	68,75	30784,15	3905,40	30784,15	2,48	195182,09	2,39	149429,61	2,38	106840,99	2,36	47623,41	2,27	33249,50
50	211	62,61	35048,08	3258,47	35048,08	2,33	203920,13	2,27	153146,30	2,25	108397,71	2,24	63606,36	2,18	36451,74
Média	-	48,51	8527,42	2439,38	8889,06	1,84	94201,02	1,81	68143,00	1,84	51350,36	1,85	27656,14	1,79	9450,20

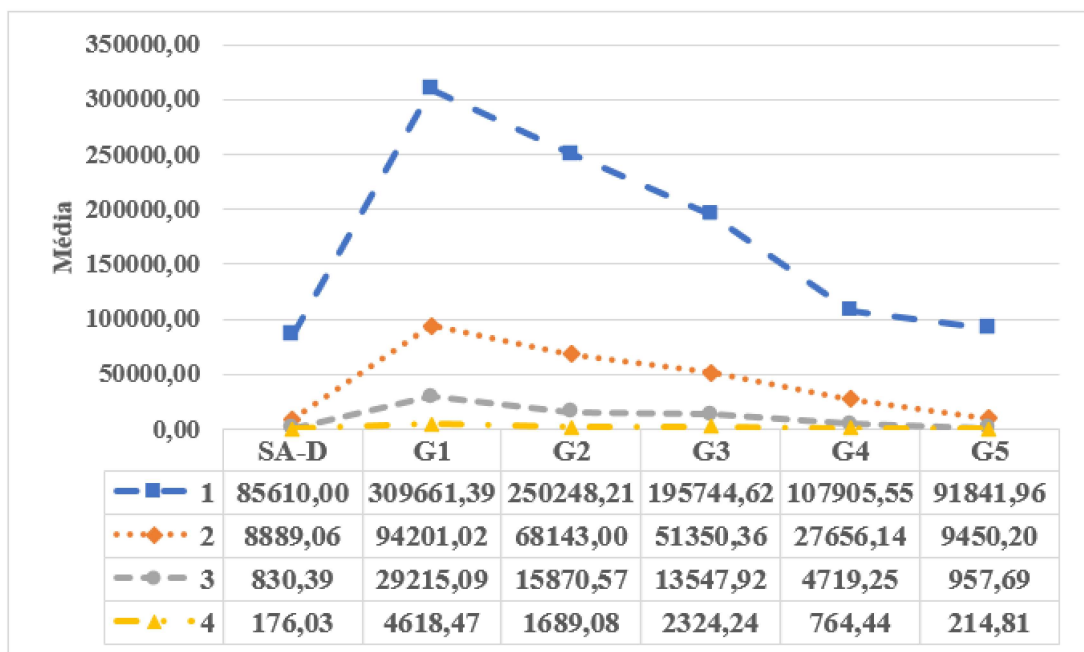
Fonte: a autora

Além de experimentos sobre a configuração básica, apresenta-se também resultados considerando a disponibilidade de 1 a 4 veículos, com capacidade de 1 a até 4 pacientes por veículo. Os resultados completos dos experimentos, para cada quantidade de veículos e capacidade de transporte, são apresentados no Apêndice B.

A primeira análise considera a influência da quantidade veículos na solução do problema, assumindo uma capacidade máxima de até 2 pacientes por veículo. Na Figura 4.8, dentre as regras gulosas para a heurística de reotimização, a regra G5 traz os menores valores de atraso total ponderado, para as quantidade de 1, 2, 3 e 4 veículos, com as médias de 91841,96, 9450,20, 957,69 e 214,81 para o valor da solução, respectivamente. Com a SA-D é possível reduzir em 6,79%, 5,94%, 13,29% e 18,05%, respectivamente. Por outro lado, a regra G1 apresenta os piores valores para o atraso total ponderado para a quantidade de 1, 2, 3 e 4

veículos, com as médias de 309661,39, 94201,02, 29215,09 e 4618,47, respectivamente. Analisando a SA-D em comparação a quantidade de veículos, observa-se uma redução no valor médio do atraso total ponderado de 89,62% para o aumento do número de 1 para 2 veículos, de 90,66% ao aumentar de 2 para 3 veículos e de 78,80% ao aumentar de 3 para 4 veículos. Ao passar diretamente de 1 para 4 veículos, a redução é de 99,79%, bastante significativa. Observa-se que quanto maior o número de veículos, menores são as médias do atraso total ponderado obtidas com a SA-D.

Figura 4.8 – Influência do número de veículos sobre as instâncias de Côté *et al.* (2020)

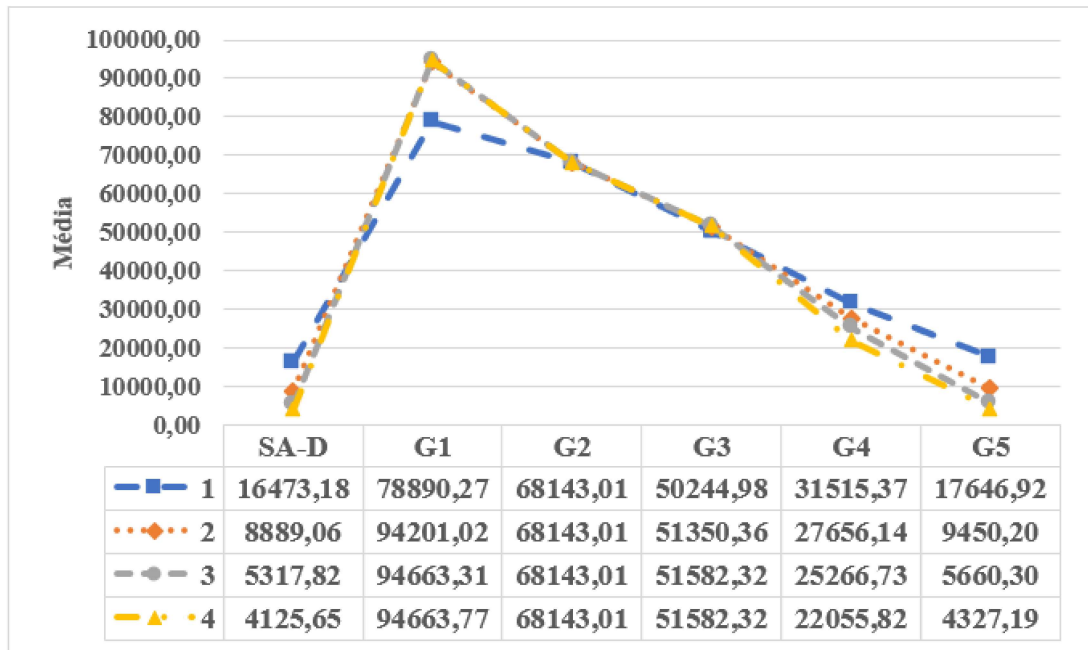


Fonte: a autora.

A Figura 4.9 traz a influência da capacidade dos veículos, para uma quantidade fixa de 2 veículos para o problema. Dentre as regras gulosas, a G5 traz os melhores valores de atraso total ponderado médio para as capacidades 1, 2, 3 e 4, com valores de 17646,92, 9450,20, 5660,30 e 4327,19, respectivamente. Com a SA-D é possível reduzir em 6,65%, 5,94%, 6,05% e 4,66% as médias do atraso total ponderado, respectivamente. Por outro lado, a regra G1 apresenta os piores valores de atraso total ponderado para as capacidades de 1, 2, 3 e 4, com médias de 78890,27, 94201,02, 94663,31, 94663,77, respectivamente. Analisando a SA-D em comparação a capacidade dos veículos, tem-se uma redução no valor médio do atraso total ponderado de 46,04% para o aumento da capacidade de 1 para 2 pacientes, de 40,18% ao aumentar de 2 para 3 pacientes e de 22,42% ao aumentar de 3 para 4 pacientes. Ao passar diretamente de 1 para 4 pacientes, obtém-se uma redução de 74,96% com a SA-D. Observa-se que para a regra G2, mesmo com o aumento da capacidade dos veículos, o valor médio da solução continua o mesmo. Para a regra G1, os valores médios para 2, 3 e 4 pacientes permaneceram bem próximos uns dos outros. Para essas regras, o aumento da capacidade

não resultou em valores melhores. Por outro lado, com as regras G4 e G5, observa-se uma redução no valor da solução quando se aumenta a capacidade dos veículos.

Figura 4.9 – Influência da capacidade dos veículos sobre as instâncias de *Côté et al. (2020)*



Fonte: a autora.

Capítulo 5

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa busca desenvolver heurísticas capazes de encontrar boas soluções para o problema de coleta e entrega de pacientes entre as unidades de um hospital. Além de ser um problema computacionalmente difícil, ele tem natureza dinâmica e, por isso, fez-se a escolha pela proposta de heurísticas. Uma heurística de reotimização com diferentes regras para a tomada de decisões é proposta. Ela, inclusive, considera um recozimento simulado como uma das regras. As solicitações para o transporte de pacientes são conhecidas no momento da liberação do paciente, de forma que cinco das regras propostas levam em consideração informações dos pacientes e/ou do hospital. Quando solicitações ficam disponíveis, decisões são tomadas sobre como os veículos devem proceder para atendê-las, seja com uma ação de coleta ou de entrega de um paciente, com o objetivo de minimizar o atraso total ponderado. Um dos fatores que afeta a qualidade dos serviços de um hospital é justamente o atraso. O atraso pode causar transtornos e trazer inconveniência aos pacientes, além de afetar os índices de performance dos serviços prestados pelo hospital.

Cinco das regras propostas para a heurística de reotimização se diferenciam na tomada de decisões, de forma gulosa, sobre coletar ou entregar os pacientes disponíveis para o transporte. Elas são aplicadas quando algum veículo está parado, aguardando por uma nova decisão. A regra G1 considera a escolha do paciente cuja janela de tempo esteja próxima de vencer. A regra G2 considera a escolha do paciente com o menor tempo de liberação, enquanto a regra G3 faz a escolha do paciente que possui a maior urgência. Na regra G4 é escolhido o paciente que possui a menor razão entre o tempo (distância) para atendê-lo e a sua urgência, enquanto a regra G5 considera a escolha do paciente apenas observando o tempo para o veículo atendê-lo. Uma última regra considera o emprego do recozimento simulado para decidir sobre qual próxima ação tomar para cada veículo parado e aguardando por uma decisão. O recozimento simulado proposto contém movimentos de troca e inserção de solicitações no mesmo veículo ou em veículos diferentes, como forma de gerar novas

soluções, enquanto a sua solução inicial é gerada pela regra G5.

Em relação aos experimentos computacionais, fez-se a aplicação do recozimento simulado no problema estático (SA-E) e da heurística de reotimização no problema dinâmico, variando as regras. Consideram-se 150 instâncias geradas aleatoriamente, para uma configuração básica de 2 veículo e 2 pacientes por veículo. Os resultados obtidos indicam que a regra gulosa G5 possibilita obter o menor atraso total ponderado médio quando comparada com as outras regras gulosas testadas.

Para o hospital com 5 unidades, esse valor é de 603, enquanto para o de 10 unidades é de 7330 e para o de 15 unidades é de 3539, respectivamente. Com o uso da regra SA-D, torna-se ainda possível melhorar o valor da solução para o hospital com 5 unidades, com uma redução de 1,82%. O maior atraso total ponderado médio é para a regra G1, com os valores para o hospital com 5 unidades de 1759, para o de 10 unidades de 13149 e para o de 15 unidades de 13016. Por outro lado, se o problema fosse estático, o recozimento simulado seria capaz de melhorar mais o valor da solução, reduzindo o atraso total ponderado médio em 61,03%, 24,17% e 28,93% para o hospital com 5, 10 e 15 unidades, respectivamente.

No problema dinâmico, avalia-se a heurística de reotimização com as cinco regras gulosas e também com a regra baseada no recozimento simulado (SA-D) sobre as 150 instâncias. Os resultados indicam que as regras SA-D e G5 permitem obter o menor atraso total ponderado variando a quantidade de veículos para o hospital com 5, 10 e 15 unidades, com a SA-D sobressaindo-se em alguns casos. Considerando a variação no número de veículos, para o hospital com 5 unidades, com a SA-D é possível reduzir o atraso total ponderado para a quantidade de 1 veículo em 22,34%, com 2 veículos em 1,82%, com 3 veículos em 3,88% e com 4 veículos em 2,34%, comparado com regra G5. No hospital com 10 unidades, a redução se dá apenas para a quantidade de 1 veículo, em 5,58% comparado a G5. E no hospital com 15 unidades, a redução média é também para apenas 1 veículo, em 9,75% comparado a G5.

Com relação a variação da capacidade dos veículos, as regras SA-D e G5 também trazem os melhores resultados para o hospital com 5, 10 e 15 unidades. Para o hospital com 5 unidades, a SA-D consegue reduzir o atraso total ponderado para a capacidade de 1 paciente em 0,53%, de 2 pacientes em 1,82%, de 3 pacientes em 2,24% e de 4 pacientes em 4,55% comparado a regra G5. No hospital com 10 unidades, a SA-D não consegue reduzir o atraso total ponderado para nenhuma das capacidades. Já no hospital com 15 unidades, a redução ocorre apenas para a capacidade de 4 pacientes, em 0,14% comparado a G5.

Em geral, os resultados obtidos com a heurística de reotimização indicam que quanto mais veículos menor é o atraso total ponderado. Isso pode ser observado ao comparar os resultados obtidos para diferentes quantidades de veículos em cada uma das regras gulosas e na SA-D. De maneira geral, o aumento da frota de veículos leva a um melhor desempenho da heurística em relação ao atraso total ponderado, corroborando a importância da alocação eficiente de recursos para a prestação de serviços de emergência médica. Para o hospital

com 5, 10 e 15 unidades, a redução que se tem ao passar de 1 para 4 veículos é de 93,41%, 92,68% e 95,61%, respectivamente. De forma similar, observa-se uma melhora no valor da solução ao analisar as diferentes capacidades dos veículos. Quando se aumenta a capacidade de cada veículo de 1 para 4 pacientes, o atraso total ponderado reduz-se em 88,84% para o hospital de 5 unidades, 69,11% para o de 10 unidades e 84,58% para o de 15 unidades.

Os experimentos computacionais apontam para conclusões similares sobre as 50 instâncias da literatura. Para a configuração básica de 2 veículos e 2 pacientes, os melhores resultados são para a regra SA-D e a G5 em termos do atraso total ponderado médio em comparação com as outras regras. Com a SA-D é possível reduzir em 5,94% as soluções reportadas pela G5. Por outro lado, o maior atraso total ponderado médio é para a regra G1. De forma similar, ao variar a quantidade de veículos, a regra SA-D permite obter o menor atraso total ponderado, reduzindo em 6,79%, 5,94%, 13,29% e 18,05%, para a quantidade de 1, 2, 3 e 4 de veículos, respectivamente, comparado a regra G5. A regra G1 tem os piores valores médio para o atraso total ponderado. Com relação a capacidade dos veículos, a regra SA-D traz uma redução sobre a G5 de 6,65%, 5,94%, 6,05% e 4,66% no atraso total ponderado médio, para as capacidades de 1, 2, 3 e 4 pacientes, respectivamente.

A partir da realização desta pesquisa, foram identificadas várias oportunidades para o desenvolvimento de pesquisas futuras. Uma primeira linha diz respeito a novos algoritmos para o problema dinâmico, como novas regras para a heurística de reotimização ou algoritmos baseados em cenários. Outra linha diz respeito a avaliar o impacto de decisões sobre o veículo, como “aguardar por algum tempo em algum nó”, como forma de tentar antecipar decisões futuras sobre solicitações urgentes que poderiam tornar-se disponíveis. Poderia ser interessante investigar o impacto de outras restrições no problema, bem como da possibilidade de se ter incerteza nos dados. Por exemplo, poderia-se interromper um veículo em curso para atender uma solicitação menos urgente, caso surja alguma solicitação mais urgente. Também, seria interessante considerar uma frota heterogênea de veículos, a fim de comparar com outros trabalhos da literatura que também consideram a frota heterogênea. Outra possibilidade de pesquisa seria a busca por novas instâncias reais, a fim de aplicar os métodos propostos e comparar os resultados com os obtidos nesta pesquisa, bem como com outras soluções propostas na literatura.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-BASSET, M.; ABDEL-FATAH, L.; SANGAIAH, A. K. Chapter 10: Metaheuristic algorithms: A comprehensive review. In: SANGAIAH, A. K.; SHENG, M.; ZHANG, Z. (Ed.). *Computational Intelligence for Multimedia Big Data on the Cloud with Engineering Applications*. [S.l.]: Academic Press, 2018, (Intelligent Data-Centric Systems). p. 185–231. Citado na página [20](#).
- ATTANASIO, A. *et al.* Parallel tabu search heuristics for the dynamic multi-vehicle dial-a-ride problem. *Parallel Computing*, Elsevier, v. 30, n. 3, p. 377–387, 2004. Citado na página [29](#).
- BATTARRA, M.; CORDEAU, J.-F.; IORI, M. Chapter 6: pickup-and-delivery problems for goods transportation. In: *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications, Second Edition*. [S.l.]: SIAM, 2014. p. 161–191. Citado 2 vezes nas páginas [22](#) e [24](#).
- BEAUDRY, A. *et al.* Dynamic transportation of patients in hospitals. *OR Spectrum*, Springer, v. 32, n. 1, p. 77–107, 2010. Citado 5 vezes nas páginas [14](#), [15](#), [27](#), [30](#) e [33](#).
- BERBEGLIA, G. *et al.* Static pickup and delivery problems: a classification scheme and survey. *Top*, Springer, v. 15, n. 1, p. 1–31, 2007. Citado na página [25](#).
- BERBEGLIA, G.; CORDEAU, J.-F.; LAPORTE, G. Dynamic pickup and delivery problems. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 202, n. 1, p. 8–15, 2010. Citado na página [26](#).
- _____. A hybrid tabu search and constraint programming algorithm for the dynamic dial-a-ride problem. *INFORMS Journal on Computing*, INFORMS, v. 24, n. 3, p. 343–355, 2012. Citado na página [31](#).
- BRANKE, J. *et al.* Waiting strategies for dynamic vehicle routing. *Transportation Science*, INFORMS, v. 39, n. 3, p. 298–312, 2005. Citado na página [23](#).
- BRUCK, B. P.; IORI, M. Non-elementary formulations for single vehicle routing problems with pickups and deliveries. *Operations Research*, INFORMS, v. 65, n. 6, p. 1597–1614, 2017. Citado na página [25](#).
- CARLETTI, C.; MEOLI, P.; CRAVERO, W. R. A modified simulated annealing algorithm for parameter determination for a hybrid virtual model. *Physics in Medicine & Biology*, IOP Publishing, v. 51, n. 16, p. 3941, 2006. Citado na página [21](#).

CISSÉ, M. *et al.* Or problems related to home health care: A review of relevant routing and scheduling problems. *Operations Research for Health Care*, Elsevier, v. 13, p. 1–22, 2017. Citado na página 15.

CORDEAU, J.-F. A branch-and-cut algorithm for the dial-a-ride problem. *Operations Research*, INFORMS, v. 54, n. 3, p. 573–586, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 29.

CORDEAU, J.-F.; LAPORTE, G. A tabu search heuristic for the static multi-vehicle dial-a-ride problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 37, n. 6, p. 579–594, 2003. Citado na página 29.

_____. The dial-a-ride problem: models and algorithms. *Annals of operations research*, Springer, v. 153, n. 1, p. 29–46, 2007. Citado 4 vezes nas páginas 15, 22, 23 e 27.

CORDEAU, J.-F.; LAPORTE, G.; ROPKE, S. Recent models and algorithms for one-to-one pickup and delivery problems. In: GOLDEN, B.; RAGHAVAN, S.; WASIL, E. (Ed.). *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. [S.l.]: Springer US, 2008. p. 327–357. Citado na página 25.

COSLOVICH, L.; PESENTI, R.; UKOVICH, W. A two-phase insertion technique of unexpected customers for a dynamic dial-a-ride problem. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 175, n. 3, p. 1605–1615, 2006. Citado na página 29.

CÔTÉ, J.-F. *et al.* Transporte dinâmico de pacientes dentro de um hospital. *Anais do LII SBPO Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, SOBRAPO, v. 1, p. 1–12, 2020. Citado 20 vezes nas páginas 9, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 33, 51, 63, 65, 66, 67, 100, 101, 102, 103, 104, 105 e 106.

DANTZIG, G. B.; RAMSER, J. H. The truck dispatching problem. *Management Science*, INFORMS, v. 6, n. 1, p. 80–91, 1959. Citado na página 23.

DELAHAYE, D.; CHAIMATANAN, S.; MONGEAU, M. Simulated annealing: From basics to applications. In: GENDREAU, M.; POTVIN, J.-Y. (Ed.). *Handbook of Metaheuristics*. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 1–35. Citado na página 20.

DESROSIERS, J.; DUMAS, Y.; SOUMIS, F. A dynamic programming solution of the large-scale single-vehicle dial-a-ride problem with time windows. *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, Taylor & Francis, v. 6, n. 3-4, p. 301–325, 1986. Citado na página 28.

DETTI, P.; PAPALINI, E.; LARA, G. Z. M. de. A multi-depot dial-a-ride problem with heterogeneous vehicles and compatibility constraints in healthcare. *Omega*, Elsevier, v. 70, p. 1–14, 2017. Citado na página 32.

DOERNER, K. F.; SALAZAR-GONZÁLEZ, J.-J. Chapter 7: Pickup-and-delivery problems for people transportation. In: *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications, Second Edition*. [S.l.]: SIAM, 2014. p. 193–212. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 27.

DUMAS, Y.; DESROSIERS, J.; SOUMIS, F. The pickup and delivery problem with time windows. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 54, n. 1, p. 7–22, 1991. Citado na página 28.

ELMBACH, A. F. von; SCHOLL, A.; WALTER, R. Minimizing the maximal ergonomic burden in intra-hospital patient transportation. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 276, n. 3, p. 840–854, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 33.

- FIKAR, C.; HIRSCH, P. Home health care routing and scheduling: A review. *Computers & Operations Research*, Elsevier, v. 77, p. 86–95, 2017. Citado na página 15.
- GAREY, M. R.; JOHNSON, D. S. *Computers and intractability: a guide to the theory of NP-completeness*. San Francisco: Freeman, 1979. Citado na página 17.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. *Atlas*, 2 Edição, São Paulo-SP, 2009. Citado na página 17.
- GSCHWIND, T.; IRNICH, S. Effective handling of dynamic time windows and its application to solving the dial-a-ride problem. *Transportation Science*, INFORMS, v. 49, n. 2, p. 335–354, 2015. Citado na página 32.
- GUERRIERO, F. *et al.* Multi-objective optimization in dial-a-ride public transportation. *Transportation Research Procedia*, Elsevier, v. 3, p. 299–308, 2014. Citado na página 31.
- HO, S. C. *et al.* A survey of dial-a-ride problems: Literature review and recent developments. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 111, p. 395–421, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 32.
- IRNICH, S.; TOTH, P.; VIGO, D. Chapter 1: The family of vehicle routing problems. In: *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications, Second Edition*. [S.l.]: SIAM, 2014. p. 1–33. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 24.
- JAILLET, P.; WAGNER, M. R. Online vehicle routing problems: A survey. In: GOLDEN, B.; RAGHAVAN, S.; WASIL, E. (Ed.). *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. [S.l.]: Springer US, 2008. p. 221–237. Citado na página 23.
- JAW, J.-J. *et al.* A heuristic algorithm for the multi-vehicle advance request dial-a-ride problem with time windows. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 20, n. 3, p. 243–257, 1986. Citado na página 28.
- KERGOSIEN, Y. *et al.* A tabu search heuristic for the dynamic transportation of patients between care units. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 214, n. 2, p. 442–452, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 30.
- KHELIFI, L. *et al.* A hybrid approach based on multi-objective simulated annealing and tabu search to solve the dynamic dial a ride problem. In: IEEE. *2013 International Conference on Advanced Logistics and Transport*. [S.l.], 2013. p. 227–232. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 33.
- KIRKPATRICK, S.; JUNIOR, C. D. G.; VECCHI, M. P. Optimization by simulated annealing. *Science*, American association for the advancement of science, v. 220, n. 4598, p. 671–680, 1983. Citado na página 20.
- KÖCHE, J. C. *Fundamentos de metodologia científica*. Petrópolis-RJ: Editora Vozes, 2016. Citado na página 17.
- LIM, A.; ZHANG, Z.; QIN, H. Pickup and delivery service with manpower planning in Hong Kong public hospitals. *Transportation Science*, INFORMS, v. 51, n. 2, p. 688–705, 2017. Citado na página 27.
- LIU, M.; LUO, Z.; LIM, A. A branch-and-cut algorithm for a realistic dial-a-ride problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 81, p. 267–288, 2015. Citado na página 32.

LUO, Z.; LIU, M.; LIM, A. A two-phase branch-and-price-and-cut for a dial-a-ride problem in patient transportation. *Transportation Science*, INFORMS, v. 53, n. 1, p. 113–130, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 33.

MADSEN, O. B. G.; RAVN, H. F.; RYGAARD, J. M. A heuristic algorithm for a dial-a-ride problem with time windows, multiple capacities, and multiple objectives. *Annals of Operations Research*, Springer, v. 60, n. 1, p. 193–208, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 28.

MARTÍ, R.; REINELT, G. Heuristic methods. In: *The Linear Ordering Problem: Exact and Heuristic Methods in Combinatorial Optimization*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 17–40. Citado na página 19.

MASMOUDI, M. A. *et al.* Three effective metaheuristics to solve the multi-depot multi-trip heterogeneous dial-a-ride problem. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Elsevier, v. 96, p. 60–80, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 33.

MELACHRINOUDIS, E.; ILHAN, A. B.; MIN, H. A dial-a-ride problem for client transportation in a health-care organization. *Computers & Operations Research*, Elsevier, v. 34, n. 3, p. 742–759, 2007. Citado na página 29.

METROPOLIS, N. *et al.* Equation of state calculations by fast computing machines. *The journal of chemical physics*, American Institute of Physics, v. 21, n. 6, p. 1087–1092, 1953. Citado na página 20.

MITROVIĆ-MINIĆ, S.; KRISHNAMURTI, R.; LAPORTE, G. Double-horizon based heuristics for the dynamic pickup and delivery problem with time windows. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 38, n. 8, p. 669–685, 2004. Citado na página 26.

MITROVIĆ-MINIĆ, S.; LAPORTE, G. Waiting strategies for the dynamic pickup and delivery problem with time windows. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, v. 38, n. 7, p. 635–655, 2004. Citado na página 26.

NEARCHOU, A. C. Flow-shop sequencing using hybrid simulated annealing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Springer, v. 15, n. 3, p. 317–328, 2004. Citado na página 21.

NESSAH, R.; YALAOUI, F.; CHU, C. A branch-and-bound algorithm to minimize total weighted completion time on identical parallel machines with job release dates. *Computers & Operations Research*, v. 35, n. 4, p. 1176–1190, 2008. Citado na página 51.

OLIVEIRA, A. L. de. Saúde no Brasil—realidades e perspectivas. *Vida Pastoral*, v. 53, n. 283, p. 1, 2012. Citado na página 15.

PARRAGH, S. N. Introducing heterogeneous users and vehicles into models and algorithms for the dial-a-ride problem. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Elsevier, v. 19, n. 5, p. 912–930, 2011. Citado na página 30.

PARRAGH, S. N. *et al.* Models and algorithms for the heterogeneous dial-a-ride problem with driver-related constraints. *OR Spectrum*, Springer, v. 34, n. 3, p. 593–633, 2012. Citado na página 31.

_____. A heuristic two-phase solution approach for the multi-objective dial-a-ride problem. *Networks: An International Journal*, Wiley Online Library, v. 54, n. 4, p. 227–242, 2009. Citado na página 30.

- PARRAGH, S. N.; SOUSA, J. Pinho de; ALMADA-LOBO, B. The dial-a-ride problem with split requests and profits. *Transportation Science*, INFORMS, v. 49, n. 2, p. 311–334, 2015. Citado na página 32.
- PEREIRA, A. S. *et al.* *Metodologia da pesquisa científica*. Santa Maria-RS: NTE, Universidade Federal de Santa Maria, 2018. Citado na página 17.
- PILLAC, V. *et al.* A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 225, n. 1, p. 1–11, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- PILLAC, V.; GUÉRET, C.; MEDAGLIA, A.-L. A fast reoptimization approach for the dynamic technician routing and scheduling problem. *Recent Developments in Metaheuristics*, Springer, p. 347–367, 2017. Citado na página 23.
- PINEDO, M. L. *Scheduling*. [S.l.]: Springer, 2012. v. 29. Citado na página 22.
- PSARAFTIS, H. N. A dynamic programming solution to the single vehicle many-to-many immediate request dial-a-ride problem. *Transportation Science*, INFORMS, v. 14, n. 2, p. 130–154, 1980. Citado na página 28.
- _____. An exact algorithm for the single vehicle many-to-many dial-a-ride problem with time windows. *Transportation Science*, INFORMS, v. 17, n. 3, p. 351–357, 1983. Citado na página 28.
- REINHARDT, L. B.; CLAUSEN, T.; PISINGER, D. Synchronized dial-a-ride transportation of disabled passengers at airports. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 225, n. 1, p. 106–117, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 15, 31 e 33.
- RIOS, B. H. O. *et al.* Recent dynamic vehicle routing problems: A survey. *Computers & Industrial Engineering*, Elsevier, v. 160, p. 107604, 2021. Citado na página 22.
- RITZINGER, U.; PUCHINGER, J.; HARTL, R. F. A survey on dynamic and stochastic vehicle routing problems. *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, v. 54, n. 1, p. 215–231, 2016. Citado na página 24.
- ROPKE, S.; CORDEAU, J.-F. Branch and cut and price for the pickup and delivery problem with time windows. *Transportation Science*, INFORMS, v. 43, n. 3, p. 267–286, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 26.
- ROPKE, S.; CORDEAU, J.-F.; LAPORTE, G. Models and branch-and-cut algorithms for pickup and delivery problems with time windows. *Networks: An International Journal*, Wiley Online Library, v. 49, n. 4, p. 258–272, 2007. Citado 3 vezes nas páginas 24, 26 e 29.
- ROPKE, S.; PISINGER, D. An adaptive large neighborhood search heuristic for the pickup and delivery problem with time windows. *Transportation Science*, INFORMS, v. 40, n. 4, p. 455–472, 2006. Citado na página 26.
- SCHILDE, M.; DOERNER, K. F.; HARTL, R. F. Metaheuristics for the dynamic stochastic dial-a-ride problem with expected return transports. *Computers & Operations Research*, Elsevier, v. 38, n. 12, p. 1719–1730, 2011. Citado na página 30.
- _____. Integrating stochastic time-dependent travel speed in solution methods for the dynamic dial-a-ride problem. *European journal of operational research*, Elsevier, v. 238, n. 1, p. 18–30, 2014. Citado na página 32.

SCHMID, V.; DOERNER, K. F. Examination and operating room scheduling including optimization of intrahospital routing. *Transportation Science*, INFORMS, v. 48, n. 1, p. 59–77, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 31.

SUBRAMANIAN, A. *et al.* A parallel heuristic for the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery. *Computers & Operations Research*, Elsevier, v. 37, n. 11, p. 1899–1911, 2010. Citado na página 25.

THOMAS, B. W. Waiting strategies for anticipating service requests from known customer locations. *Transportation Science*, INFORMS, v. 41, n. 3, p. 319–331, 2007. Citado na página 23.

TING, C.-K.; LIAO, X.-L. The selective pickup and delivery problem: Formulation and a memetic algorithm. *International Journal of Production Economics*, Elsevier, v. 141, n. 1, p. 199–211, 2013. Citado na página 25.

TING, C.-K. *et al.* Multi-vehicle selective pickup and delivery using metaheuristic algorithms. *Information Sciences*, Elsevier, v. 406, p. 146–169, 2017. Citado na página 25.

TOTH, P.; VIGO, D. Fast local search algorithms for the handicapped persons transportation problem. In: OSMAN, I. H.; KELLY, J. P. (Ed.). *Meta-Heuristics: Theory and Applications*. [S.l.]: Springer US, 1996. p. 677–690. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 29.

_____. Heuristic algorithms for the handicapped persons transportation problem. *Transportation Science*, INFORMS, v. 31, n. 1, p. 60–71, 1997. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 29.

_____. *The vehicle routing problem*. [S.l.]: SIAM, 2002. Citado na página 23.

_____. *Vehicle Routing: Problems, methods, and applications*. Siam, Philadelphia: 2nd Edition, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 28.

VIDAL, T. *et al.* Heuristics for multi-attribute vehicle routing problems: A survey and synthesis. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 231, n. 1, p. 1–21, 2013. Citado na página 23.

VIDAL, T.; LAPORTE, G.; MATL, P. A concise guide to existing and emerging vehicle routing problem variants. *European Journal of Operational Research*, v. 286, n. 2, p. 401–416, 2020. Citado na página 21.

VONOLFEN, S.; AFFENZELLER, M. Distribution of waiting time for dynamic pickup and delivery problems. *Annals of Operations Research*, Springer, v. 236, n. 2, p. 359–382, 2016. Citado na página 27.

XIANG, Y.; GUBIAN, S.; MARTIN, F. Generalized simulated annealing. In: PEYVANDI, H. (Ed.). *Computational Optimization in Engineering*. Rijeka: IntechOpen, 2017. cap. 2. Citado na página 21.

XIANG, Z.; CHU, C.; CHEN, H. The study of a dynamic dial-a-ride problem under time-dependent and stochastic environments. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 185, n. 2, p. 534–551, 2008. Citado na página 29.

ZHANG, J. *et al.* Solving large-scale dynamic vehicle routing problems with stochastic requests. *European Journal of Operational Research*, in press, 2022. ISSN 0377-2217. Citado na página 24.

ZHAO, J. *et al.* Adaptive large neighborhood search for the time-dependent profitable dial-a-ride problem. *Computers & Operations Research*, Elsevier, v. 147, p. 105938, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 33.

ZIDI, I. *et al.* A new approach based on the multi-objective simulated annealing to solving the dynamic dial a ride problem. In: IEEE. *2011 4th International Conference on Logistics*. [S.l.], 2011. p. 157–163. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 33.

_____. A multi-objective simulated annealing for the multi-criteria dial a ride problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Elsevier, v. 25, n. 6, p. 1121–1131, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 33.

APÊNDICE A

TABELAS COM OS RESULTADOS SOBRE AS INSTÂNCIAS COM 5, 10 E 15 UNIDADES

As Tabelas [A.1](#) a [A.21](#) contêm os resultados obtidos para os problemas estático, com o uso do recozimento simulado (SA-E), e dinâmico, com a heurística de reotimização nas suas diferentes regras (G1, G2, G3, G4, G5 e SA-D). Os resultados consideram os diferentes hospitais, quantidades de veículos e capacidade dos veículos. Cada linha dessas tabelas traz informação quanto ao nome da instância e, para cada heurística, o tempo computacional em segundos (TM) e o valor da solução (VS), que é o atraso total ponderado. A última linha das tabelas contém a média dos valores da coluna.

Tabela A.1 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 1 veículo com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H5_R1	3,47	202	15,27	202	0,12	733	0,06	1399	0,09	918	0,09	685	0,08	234
O20_H5_R2	3,39	239	18,02	239	0,08	2044	0,12	2579	0,08	1800	0,08	1064	0,11	1543
O20_H5_R3	3,84	404	11,45	404	0,08	1319	0,08	1856	0,08	911	0,08	1208	0,06	1081
O20_H5_R4	3,50	2	20,41	62	0,06	1022	0,05	530	0,08	764	0,09	578	0,09	186
O20_H5_R5	3,70	0	21,40	20	0,11	523	0,08	533	0,11	529	0,08	346	0,09	108
O20_H5_R6	3,42	0	22,81	54	0,06	89	0,06	176	0,12	80	0,12	80	0,08	188
O20_H5_R7	3,60	0	26,33	131	0,06	289	0,06	451	0,12	191	0,08	191	0,09	131
O20_H5_R8	3,68	24	29,37	137	0,08	788	0,09	817	0,08	604	0,08	338	0,06	453
O20_H5_R9	3,48	0	32,01	48	0,08	76	0,06	76	0,08	76	0,08	76	0,09	48
O20_H5_R10	3,68	0	32,81	80	0,08	140	0,08	112	0,08	140	0,08	128	0,09	80
O40_H5_R1	9,06	1976	48,22	2723	0,14	8604	0,14	10333	0,14	7068	0,11	6550	0,16	5842
O40_H5_R2	8,63	2625	50,01	3187	0,16	10814	0,11	8735	0,12	11529	0,14	8606	0,16	5279
O40_H5_R3	8,15	225	85,31	345	0,12	2554	0,14	2311	0,12	2629	0,14	1720	0,12	601
O40_H5_R4	7,73	179	93,10	204	0,12	1952	0,11	2267	0,12	1921	0,11	1781	0,16	579
O40_H5_R5	9,09	248	94,98	385	0,12	1581	0,12	1264	0,14	1270	0,12	1231	0,14	1228
O40_H5_R6	9,28	246	87,48	550	0,08	4202	0,09	2224	0,14	2247	0,16	1906	0,17	724
O40_H5_R7	8,18	29	114,80	205	0,12	326	0,16	753	0,14	415	0,14	455	0,11	322
O40_H5_R8	7,98	110	124,19	346	0,12	1100	0,11	901	0,14	1139	0,12	729	0,14	610
O40_H5_R9	7,21	0	124,89	230	0,16	388	0,11	500	0,14	532	0,11	534	0,12	318
O40_H5_R10	8,07	0	123,38	216	0,14	307	0,11	232	0,14	307	0,11	307	0,14	216
O60_H5_R1	12,93	7385	86,71	7385	0,20	26179	0,17	30936	0,17	18937	0,20	19275	0,16	10145
O60_H5_R2	14,40	6927	156,93	6927	0,19	25161	0,19	18684	0,16	14361	0,17	15471	0,22	10192
O60_H5_R3	14,49	2667	173,39	2667	0,19	13441	0,20	10048	0,17	9917	0,17	3757	0,17	3338
O60_H5_R4	12,82	364	218,68	765	0,20	8044	0,20	6597	0,19	5177	0,17	5169	0,16	765
O60_H5_R5	12,42	595	215,40	834	0,17	3373	0,19	5405	0,20	1858	0,17	2221	0,19	962
O60_H5_R6	12,27	120	261,36	184	0,19	472	0,17	2697	0,19	570	0,17	979	0,22	184
O60_H5_R7	13,70	20	281,28	121	0,17	1129	0,20	1822	0,19	499	0,16	244	0,19	121
O60_H5_R8	12,47	208	279,16	208	0,17	1014	0,20	655	0,20	390	0,17	451	0,16	403
O60_H5_R9	13,62	148	285,66	362	0,17	1220	0,17	684	0,19	825	0,17	732	0,19	362
O60_H5_R10	14,46	71	324,55	188	0,17	206	0,19	257	0,19	271	0,14	271	0,19	236
O80_H5_R1	19,17	24232	213,62	24232	0,28	44263	0,23	52259	0,25	42391	0,27	39059	0,25	34750
O80_H5_R2	20,31	9148	268,75	9374	0,38	36030	0,20	33806	0,23	30762	0,27	24299	0,23	12602
O80_H5_R3	18,35	5129	418,07	5408	0,25	25270	0,20	18366	0,22	22167	0,27	16099	0,23	5572
O80_H5_R4	19,84	2650	400,47	2650	0,25	8784	0,22	4625	0,23	9628	0,27	6128	0,23	3081
O80_H5_R5	20,57	604	443,98	830	0,23	7034	0,23	7321	0,22	3898	0,27	2327	0,22	830
O80_H5_R6	20,90	661	460,04	908	0,25	2377	0,27	4292	0,23	1417	0,27	1363	0,23	921
O80_H5_R7	20,13	305	526,20	566	0,25	1404	0,22	1384	0,27	994	0,20	1027	0,20	725
O80_H5_R8	18,71	108	502,13	444	0,20	1599	0,34	1299	0,22	1925	0,22	1026	0,23	444
O80_H5_R9	19,71	250	619,26	486	0,31	1498	0,23	1111	0,22	889	0,23	643	0,22	486
O80_H5_R10	20,63	41	646,00	492	0,27	647	0,25	844	0,23	744	0,25	620	0,23	596
O100_H5_R1	27,92	29112	376,74	30127	0,34	74150	0,33	77465	0,31	71754	0,36	73954	0,30	34358
O100_H5_R2	25,26	6943	506,73	7657	0,31	53203	0,28	41938	0,34	28099	0,27	17905	0,27	7657
O100_H5_R3	24,44	5806	662,94	6695	0,30	34453	0,28	24801	0,31	35504	0,30	27239	0,27	6695
O100_H5_R4	27,83	1330	748,41	2387	0,30	22650	0,28	18771	0,33	18869	0,27	18143	0,28	2387
O100_H5_R5	28,89	1361	731,90	1718	0,28	10842	0,27	8777	0,30	9023	0,30	6816	0,28	1718
O100_H5_R6	25,07	477	798,72	850	0,34	4105	0,28	2142	0,31	1303	0,30	1423	0,27	850
O100_H5_R7	26,93	695	828,87	814	0,34	2989	0,25	1335	0,27	2637	0,27	1396	0,27	1031
O100_H5_R8	27,89	103	886,21	669	0,28	2152	0,27	3177	0,31	1561	0,27	907	0,27	669
O100_H5_R9	27,31	588	1054,22	658	0,31	1841	0,30	1102	0,28	1389	0,23	1316	0,28	979
O100_H5_R10	26,41	148	1121,74	332	0,30	798	0,30	619	0,31	538	0,27	432	0,27	344
Média	14,38	2294	313,49	2534	0,19	9104	0,18	8425	0,19	7467	0,18	6384	0,18	3263

Fonte: a autora

Tabela A.2 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H5_R1	3,47	0	16,70	16	0,09	162	0,09	367	0,11	332	0,08	166	0,09	56
O20_H5_R2	3,48	0	23,08	76	0,08	495	0,08	397	0,08	439	0,08	238	0,09	486
O20_H5_R3	3,54	0	26,46	104	0,08	165	0,09	100	0,08	36	0,11	36	0,08	104
O20_H5_R4	3,58	0	26,01	0	0,09	56	0,09	28	0,11	0	0,09	0	0,11	24
O20_H5_R5	3,60	0	29,10	80	0,08	180	0,08	80	0,06	136	0,08	112	0,09	80
O20_H5_R6	3,52	0	27,24	44	0,08	92	0,09	92	0,06	92	0,11	92	0,08	92
O20_H5_R7	3,46	0	25,13	40	0,09	40	0,08	40	0,09	40	0,09	40	0,11	40
O20_H5_R8	3,45	0	31,31	84	0,09	128	0,14	84	0,09	40	0,09	40	0,09	84
O20_H5_R9	3,55	0	31,14	36	0,08	60	0,09	36	0,09	60	0,08	60	0,09	36
O20_H5_R10	3,40	0	30,14	76	0,08	80	0,09	80	0,09	80	0,08	80	0,11	76
O40_H5_R1	7,01	44	95,33	985	0,12	3214	0,14	2912	0,14	1681	0,12	1238	0,16	985
O40_H5_R2	6,83	43	111,35	435	0,11	2924	0,11	1562	0,14	579	0,16	1265	0,16	435
O40_H5_R3	7,00	0	115,81	103	0,12	76	0,14	536	0,12	138	0,17	411	0,16	103
O40_H5_R4	7,20	0	117,85	104	0,11	188	0,12	308	0,14	204	0,12	204	0,14	104
O40_H5_R5	7,16	0	126,81	132	0,16	152	0,14	196	0,12	164	0,12	164	0,12	132
O40_H5_R6	7,19	0	118,04	372	0,17	445	0,14	584	0,14	493	0,12	593	0,14	372
O40_H5_R7	7,21	0	122,37	120	0,17	120	0,11	96	0,16	120	0,14	120	0,11	120
O40_H5_R8	7,14	2	121,58	348	0,17	208	0,14	396	0,12	208	0,12	208	0,11	348
O40_H5_R9	7,26	0	124,48	8	0,19	8	0,14	8	0,12	8	0,16	8	0,14	8
O40_H5_R10	7,17	0	126,14	156	0,16	156	0,11	156	0,20	156	0,12	156	0,14	156
O60_H5_R1	11,34	181	232,45	1018	0,22	5230	0,23	4838	0,17	5337	0,17	4665	0,20	1018
O60_H5_R2	11,28	312	286,35	682	0,22	4220	0,22	1989	0,19	3111	0,20	1383	0,22	682
O60_H5_R3	11,37	0	286,58	33	0,20	358	0,19	768	0,17	589	0,17	295	0,22	33
O60_H5_R4	11,44	52	283,99	448	0,20	500	0,19	740	0,19	354	0,17	320	0,19	448
O60_H5_R5	11,41	67	288,91	280	0,20	454	0,16	500	0,19	420	0,22	488	0,17	280
O60_H5_R6	11,50	28	292,70	164	0,19	314	0,22	360	0,20	136	0,20	212	0,19	164
O60_H5_R7	11,44	0	290,16	84	0,20	84	0,23	96	0,17	100	0,20	84	0,19	84
O60_H5_R8	11,51	0	284,34	156	0,20	136	0,25	176	0,20	136	0,17	136	0,22	156
O60_H5_R9	11,39	21	298,51	280	0,17	363	0,22	388	0,20	361	0,19	291	0,20	280
O60_H5_R10	11,27	0	284,18	272	0,30	292	0,20	212	0,20	292	0,17	292	0,20	272
O80_H5_R1	16,04	3238	446,99	6114	0,28	19786	0,25	13990	0,22	14861	0,22	11360	0,25	6114
O80_H5_R2	15,98	180	500,04	712	0,27	3476	0,28	2988	0,23	3902	0,25	2970	0,30	712
O80_H5_R3	15,99	177	515,50	479	0,25	2140	0,23	1366	0,25	964	0,25	597	0,25	479
O80_H5_R4	16,33	51	523,65	286	0,27	435	0,25	938	0,25	387	0,27	432	0,23	286
O80_H5_R5	16,23	44	539,94	228	0,25	367	0,23	1078	0,23	330	0,28	267	0,23	228
O80_H5_R6	16,09	79	549,32	496	0,27	396	0,22	319	0,20	380	0,25	439	0,28	496
O80_H5_R7	16,22	44	551,70	144	0,33	132	0,25	180	0,22	132	0,27	132	0,25	144
O80_H5_R8	16,08	0	536,18	124	0,27	124	0,25	236	0,22	124	0,25	124	0,27	124
O80_H5_R9	15,90	28	544,68	264	0,25	232	0,25	284	0,23	232	0,23	260	0,27	264
O80_H5_R10	15,95	12	549,90	260	0,23	436	0,23	320	0,25	236	0,23	288	0,27	260
O100_H5_R1	21,28	5209	662,12	8720	0,33	27487	0,47	23843	0,30	25246	0,31	19959	0,31	8720
O100_H5_R2	21,28	791	783,23	1046	0,25	6012	0,38	2451	0,31	1916	0,33	1606	0,31	1046
O100_H5_R3	21,37	468	890,20	1344	0,23	2807	0,34	1498	0,28	1705	0,34	1289	0,30	1344
O100_H5_R4	21,48	201	884,29	638	0,27	729	0,30	876	0,27	827	0,31	654	0,33	638
O100_H5_R5	21,48	125	924,63	416	0,44	881	0,36	500	0,44	824	0,33	533	0,31	416
O100_H5_R6	21,59	115	908,32	536	0,33	394	0,34	600	0,31	364	0,33	424	0,28	536
O100_H5_R7	21,42	82	904,62	208	0,31	220	0,34	344	0,27	200	0,31	200	0,30	208
O100_H5_R8	21,50	108	908,01	496	0,30	354	0,31	682	0,31	368	0,31	393	0,31	496
O100_H5_R9	21,26	12	911,49	164	0,23	420	0,31	515	0,31	340	0,30	264	0,27	164
O100_H5_R10	21,45	44	912,44	192	0,28	236	0,28	212	0,31	212	0,28	212	0,30	192
Média	11,90	235	364,43	592	0,20	1759	0,20	1427	0,19	1388	0,20	1116	0,20	603

Fonte: a autora

Tabela A.3 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 3 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H5_R1	3,61	0	20,23	4	0,16	40	0,11	44	0,08	40	0,08	68	0,11	92
O20_H5_R2	3,60	0	25,27	10	0,09	60	0,11	160	0,09	60	0,09	60	0,11	72
O20_H5_R3	3,69	0	29,07	36	0,16	36	0,09	36	0,08	36	0,08	36	0,11	36
O20_H5_R4	3,70	0	30,89	12	0,11	0	0,08	36	0,09	0	0,09	0	0,08	36
O20_H5_R5	3,73	0	30,91	104	0,11	192	0,08	148	0,11	132	0,09	132	0,11	148
O20_H5_R6	3,61	0	29,16	4	0,09	4	0,09	4	0,08	4	0,11	4	0,09	4
O20_H5_R7	3,52	0	26,58	40	0,09	40	0,09	40	0,11	40	0,11	40	0,11	40
O20_H5_R8	3,54	0	31,27	36	0,09	36	0,09	36	0,09	36	0,16	36	0,09	36
O20_H5_R9	3,60	0	30,88	0	0,09	24	0,08	0	0,11	24	0,09	24	0,08	0
O20_H5_R10	3,51	0	29,89	60	0,09	80	0,08	80	0,16	80	0,08	80	0,12	80
O40_H5_R1	6,92	0	94,18	184	0,14	870	0,14	722	0,17	217	0,16	143	0,12	184
O40_H5_R2	6,97	0	109,28	279	0,12	390	0,12	200	0,17	421	0,12	144	0,17	279
O40_H5_R3	7,11	0	113,11	12	0,12	20	0,16	32	0,16	96	0,14	32	0,14	12
O40_H5_R4	7,00	0	115,38	44	0,12	96	0,14	120	0,17	128	0,16	92	0,12	44
O40_H5_R5	7,04	0	123,82	180	0,12	128	0,12	128	0,17	128	0,14	128	0,14	180
O40_H5_R6	6,97	0	115,23	216	0,14	350	0,16	296	0,14	270	0,14	270	0,16	216
O40_H5_R7	6,89	0	119,85	120	0,11	120	0,12	120	0,14	120	0,12	120	0,12	120
O40_H5_R8	6,86	0	118,97	224	0,14	168	0,12	188	0,14	168	0,16	168	0,14	224
O40_H5_R9	7,03	0	121,50	8	0,12	8	0,17	8	0,11	8	0,17	8	0,14	8
O40_H5_R10	6,89	0	123,46	92	0,11	156	0,12	156	0,14	156	0,17	156	0,14	156
O60_H5_R1	10,71	24	229,39	92	0,16	1466	0,22	2780	0,20	601	0,25	391	0,20	92
O60_H5_R2	10,81	62	285,20	266	0,17	777	0,17	721	0,22	275	0,27	337	0,22	266
O60_H5_R3	10,96	0	285,16	200	0,17	137	0,20	285	0,17	137	0,20	243	0,20	200
O60_H5_R4	10,86	0	282,85	232	0,19	292	0,19	308	0,16	292	0,22	292	0,22	232
O60_H5_R5	10,66	0	286,98	376	0,17	464	0,20	216	0,16	340	0,20	468	0,22	376
O60_H5_R6	10,84	0	291,65	44	0,16	104	0,19	36	0,17	36	0,20	36	0,20	44
O60_H5_R7	10,72	4	288,76	120	0,19	88	0,22	96	0,20	76	0,19	76	0,17	120
O60_H5_R8	10,85	0	286,09	160	0,19	136	0,19	136	0,17	136	0,20	136	0,20	160
O60_H5_R9	10,69	8	303,02	240	0,17	240	0,20	240	0,19	240	0,17	240	0,17	240
O60_H5_R10	10,89	0	295,31	128	0,14	168	0,19	220	0,20	168	0,20	168	0,20	220
O80_H5_R1	14,98	490	455,85	764	0,23	4589	0,25	3385	0,23	7314	0,23	2801	0,27	764
O80_H5_R2	15,29	105	511,24	432	0,23	847	0,27	876	0,23	955	0,27	951	0,31	432
O80_H5_R3	15,08	69	525,38	198	0,25	610	0,28	444	0,27	449	0,27	188	0,27	198
O80_H5_R4	15,18	20	529,94	184	0,25	288	0,22	420	0,19	220	0,25	244	0,27	184
O80_H5_R5	15,17	52	551,50	96	0,23	152	0,31	120	0,25	168	0,25	60	0,27	96
O80_H5_R6	15,02	32	561,51	235	0,23	260	0,34	300	0,23	279	0,31	279	0,30	235
O80_H5_R7	15,16	0	562,85	96	0,22	88	0,41	112	0,25	88	0,27	88	0,28	96
O80_H5_R8	15,06	6	545,83	149	0,22	176	0,33	164	0,22	176	0,27	176	0,27	149
O80_H5_R9	15,12	8	553,45	192	0,22	212	0,22	208	0,25	212	0,27	240	0,27	192
O80_H5_R10	15,23	12	558,09	264	0,23	228	0,22	272	0,22	252	0,25	252	0,20	264
O100_H5_R1	19,76	756	684,39	1287	0,30	10635	0,30	5979	0,30	7998	0,30	3635	0,27	1287
O100_H5_R2	19,78	51	793,91	256	0,28	910	0,27	973	0,30	474	0,33	441	0,30	256
O100_H5_R3	20,10	88	899,69	492	0,30	468	0,31	376	0,33	496	0,30	702	0,28	492
O100_H5_R4	19,96	18	895,21	148	0,28	616	0,28	434	0,31	280	0,31	216	0,28	148
O100_H5_R5	20,09	99	927,65	428	0,28	570	0,27	496	0,33	455	0,31	400	0,31	428
O100_H5_R6	20,03	104	912,87	416	0,31	392	0,33	416	0,30	348	0,31	299	0,31	416
O100_H5_R7	20,02	4	917,51	84	0,28	136	0,25	84	0,28	136	0,33	136	0,48	84
O100_H5_R8	19,91	0	1096,08	292	0,28	280	0,28	292	0,28	320	0,27	320	0,33	292
O100_H5_R9	20,14	56	1185,22	240	0,27	304	0,28	264	0,27	260	0,38	264	0,33	240
O100_H5_R10	20,35	0	950,76	136	0,23	180	0,25	156	0,28	156	0,28	156	0,33	136
Média	11,30	41	377,85	198	0,18	573	0,20	467	0,19	510	0,21	320	0,21	206

Fonte: a autora

Tabela A.4 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 4 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H5_R1	4,24	0	31,38	0	0,11	36	0,12	48	0,11	36	0,11	24	0,12	68
O20_H5_R2	3,99	0	31,78	6	0,09	92	0,09	164	0,09	92	0,09	92	0,11	12
O20_H5_R3	4,02	0	36,70	36	0,09	36	0,11	36	0,12	36	0,11	36	0,08	36
O20_H5_R4	4,32	0	39,49	0	0,11	0	0,09	36	0,09	0	0,09	0	0,09	36
O20_H5_R5	3,99	0	40,07	128	0,11	148	0,08	148	0,12	148	0,11	148	0,09	148
O20_H5_R6	4,23	0	37,57	4	0,17	4	0,11	4	0,16	4	0,09	4	0,09	4
O20_H5_R7	4,16	0	34,40	40	0,11	40	0,11	40	0,16	40	0,09	40	0,09	40
O20_H5_R8	3,62	0	40,23	36	0,11	36	0,09	36	0,08	36	0,09	36	0,09	36
O20_H5_R9	4,21	0	39,89	0	0,14	24	0,09	0	0,12	24	0,09	24	0,09	0
O20_H5_R10	4,27	0	38,56	60	0,11	80	0,09	80	0,09	80	0,12	80	0,12	80
O40_H5_R1	7,15	0	122,06	132	0,14	188	0,14	240	0,17	174	0,14	45	0,14	132
O40_H5_R2	7,11	0	141,65	152	0,17	36	0,14	44	0,14	204	0,14	224	0,12	152
O40_H5_R3	7,11	0	147,78	12	0,16	20	0,14	0	0,16	20	0,17	12	0,14	12
O40_H5_R4	7,09	0	152,17	100	0,17	52	0,14	72	0,16	52	0,17	52	0,16	100
O40_H5_R5	6,98	0	166,36	84	0,17	180	0,14	180	0,14	180	0,12	128	0,16	84
O40_H5_R6	6,90	0	154,46	192	0,17	144	0,17	192	0,16	144	0,16	132	0,12	192
O40_H5_R7	6,97	0	160,73	104	0,19	104	0,12	104	0,16	104	0,12	104	0,14	104
O40_H5_R8	6,87	0	159,23	208	0,25	212	0,16	208	0,12	212	0,14	212	0,14	208
O40_H5_R9	6,93	0	162,89	8	0,27	8	0,14	8	0,16	8	0,14	8	0,12	8
O40_H5_R10	8,42	0	165,37	108	0,17	156	0,16	156	0,14	156	0,14	156	0,16	156
O60_H5_R1	10,85	4	303,87	56	0,22	188	0,20	724	0,19	208	0,20	231	0,17	56
O60_H5_R2	10,70	36	377,86	224	0,20	505	0,17	368	0,20	272	0,19	256	0,22	224
O60_H5_R3	10,90	0	375,64	120	0,20	144	0,20	144	0,23	124	0,20	136	0,23	120
O60_H5_R4	10,86	0	373,91	228	0,20	300	0,19	336	0,22	300	0,19	300	0,20	228
O60_H5_R5	10,72	0	378,93	300	0,20	296	0,20	272	0,22	424	0,19	428	0,23	300
O60_H5_R6	10,78	0	384,37	44	0,19	76	0,22	44	0,19	76	0,19	44	0,19	44
O60_H5_R7	10,77	4	378,00	88	0,25	88	0,22	88	0,22	88	0,20	88	0,20	88
O60_H5_R8	10,95	0	371,70	148	0,19	148	0,19	148	0,20	148	0,17	148	0,23	148
O60_H5_R9	10,87	11	389,85	232	0,20	232	0,19	232	0,19	232	0,17	232	0,17	232
O60_H5_R10	11,35	0	379,48	112	0,19	132	0,20	112	0,19	132	0,19	132	0,19	112
O80_H5_R1	14,76	59	587,18	221	0,25	1860	0,25	1906	0,23	1433	0,27	1135	0,27	221
O80_H5_R2	14,88	31	652,48	466	0,23	632	0,23	831	0,27	312	0,22	332	0,27	466
O80_H5_R3	14,94	47	676,82	248	0,25	280	0,25	236	0,25	106	0,23	203	0,25	248
O80_H5_R4	14,91	10	686,51	332	0,28	180	0,25	312	0,25	180	0,20	220	0,23	332
O80_H5_R5	14,87	9	707,43	116	0,33	116	0,28	204	0,27	210	0,25	210	0,23	116
O80_H5_R6	14,83	0	719,57	241	0,25	241	0,22	252	0,23	241	0,22	241	0,23	241
O80_H5_R7	15,20	12	722,88	120	0,23	80	0,27	136	0,27	80	0,22	80	0,28	120
O80_H5_R8	14,91	15	699,32	148	0,23	176	0,27	212	0,23	176	0,27	176	0,25	148
O80_H5_R9	15,12	12	713,47	192	0,23	212	0,20	208	0,22	212	0,20	240	0,27	192
O80_H5_R10	15,09	12	717,68	252	0,27	228	0,22	296	0,25	252	0,22	252	0,27	252
O100_H5_R1	19,39	159	884,39	385	0,28	2198	0,33	3601	0,31	985	0,28	660	0,27	385
O100_H5_R2	19,64	54	1020,11	384	0,30	368	0,30	348	0,27	304	0,28	272	0,28	384
O100_H5_R3	19,56	5	1163,46	492	0,27	628	0,27	416	0,28	576	0,31	524	0,30	492
O100_H5_R4	19,50	43	1153,64	264	0,25	532	0,28	428	0,31	192	0,28	192	0,28	264
O100_H5_R5	19,54	128	1209,70	320	0,31	480	0,28	416	0,28	432	0,28	388	0,28	320
O100_H5_R6	19,74	20	1180,62	408	0,30	360	0,31	360	0,31	360	0,36	415	0,30	408
O100_H5_R7	19,68	22	1197,43	108	0,41	124	0,28	124	0,27	124	0,28	124	0,28	108
O100_H5_R8	19,50	24	1196,89	332	0,28	244	0,31	292	0,34	336	0,30	336	0,27	332
O100_H5_R9	19,69	22	1210,42	244	0,30	284	0,27	216	0,30	216	0,28	268	0,31	244
O100_H5_R10	24,12	0	1202,42	136	0,30	180	0,31	156	0,33	156	0,30	156	0,28	136
Média	11,42	15	478,38	167	0,21	262	0,20	304	0,20	213	0,19	200	0,20	171

Fonte: a autora

Tabela A.5 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 1 veículo com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H10_R1	3,28	3328	2,29	4388	0,09	6371	0,16	7712	0,08	6348	0,08	6023	0,08	5883
O20_H10_R2	3,27	3207	5,27	3207	0,09	6281	0,11	7473	0,08	5808	0,06	4867	0,08	3475
O20_H10_R3	3,99	3993	6,85	3993	0,08	5418	0,09	5012	0,08	5727	0,11	4675	0,09	4766
O20_H10_R4	3,56	2442	13,20	2442	0,08	6195	0,09	4580	0,08	4213	0,11	2676	0,08	3452
O20_H10_R5	4,10	1577	17,60	1577	0,09	3628	0,08	3856	0,09	2133	0,06	1712	0,09	2135
O20_H10_R6	3,88	2549	14,43	2549	0,09	6902	0,09	7389	0,06	5783	0,08	3865	0,08	4603
O20_H10_R7	3,31	1375	17,92	2438	0,08	6883	0,06	5543	0,16	4384	0,06	3332	0,08	3970
O20_H10_R8	3,67	2252	18,16	2252	0,11	4984	0,09	4887	0,11	4241	0,06	3704	0,08	3793
O20_H10_R9	3,83	1265	18,18	1391	0,08	4173	0,08	4075	0,09	2947	0,08	2377	0,08	1816
O20_H10_R10	3,34	258	25,90	451	0,06	1252	0,08	1588	0,08	1059	0,08	984	0,08	994
O40_H10_R1	8,33	18716	10,83	19970	0,11	26790	0,16	30523	0,14	30256	0,11	24879	0,14	19970
O40_H10_R2	8,30	14118	23,61	16917	0,11	28333	0,12	28872	0,11	20723	0,14	19138	0,16	16917
O40_H10_R3	8,39	15843	47,91	15843	0,11	25903	0,12	26266	0,12	21689	0,12	19935	0,14	20501
O40_H10_R4	8,26	9455	43,65	9455	0,12	18859	0,16	20760	0,14	18567	0,12	13562	0,14	13307
O40_H10_R5	9,60	8242	57,89	8242	0,12	15787	0,11	16410	0,16	15114	0,11	12030	0,14	10121
O40_H10_R6	8,08	7667	46,00	8062	0,08	18034	0,11	18933	0,12	15582	0,12	14440	0,11	9383
O40_H10_R7	7,62	11509	71,73	11509	0,14	16206	0,09	20045	0,12	13959	0,12	13747	0,14	14604
O40_H10_R8	7,56	4403	97,50	5261	0,12	14946	0,12	10829	0,12	10385	0,14	10445	0,16	5587
O40_H10_R9	8,42	2323	77,19	2323	0,11	10424	0,12	10551	0,14	6527	0,14	4890	0,12	3079
O40_H10_R10	7,92	2626	90,63	2626	0,14	6563	0,12	5837	0,12	4681	0,12	3323	0,16	3505
O60_H10_R1	14,21	27843	45,23	29498	0,16	56320	0,14	51458	0,22	46662	0,20	39705	0,17	29498
O60_H10_R2	13,54	30395	53,12	32993	0,22	43052	0,16	45810	0,20	44565	0,17	46868	0,17	34929
O60_H10_R3	13,23	24719	92,89	24719	0,19	43114	0,28	39105	0,19	35317	0,14	31674	0,19	30196
O60_H10_R4	13,19	26309	105,65	26309	0,17	48830	0,23	44844	0,19	43861	0,19	38625	0,22	28540
O60_H10_R5	13,72	23489	123,53	24255	0,16	45428	0,22	42135	0,17	33188	0,19	31700	0,20	25700
O60_H10_R6	12,83	21605	155,12	21605	0,16	39100	0,19	36338	0,22	31556	0,20	28650	0,17	23395
O60_H10_R7	14,91	15904	166,99	16461	0,19	24770	0,20	27609	0,22	22822	0,19	18227	0,20	18324
O60_H10_R8	13,96	11207	205,36	11327	0,19	25437	0,19	20711	0,19	30312	0,19	22831	0,17	12590
O60_H10_R9	13,67	5291	223,59	5349	0,16	16975	0,16	22313	0,19	21485	0,19	12035	0,16	6512
O60_H10_R10	12,49	4467	234,83	5147	0,16	17580	0,16	12987	0,22	10850	0,17	7377	0,19	5298
O80_H10_R1	19,78	71889	66,68	77593	0,22	110913	0,22	103801	0,23	95566	0,23	86563	0,25	80050
O80_H10_R2	20,42	49300	110,04	52756	0,22	79888	0,25	83238	0,23	70716	0,22	64881	0,27	52756
O80_H10_R3	20,67	38880	168,28	43201	0,22	76588	0,22	72475	0,23	67497	0,23	59329	0,25	44558
O80_H10_R4	19,68	44191	204,82	44191	0,22	70010	0,25	59621	0,23	68384	0,23	62091	0,23	46048
O80_H10_R5	19,31	46211	234,57	46211	0,23	73024	0,20	64242	0,23	73730	0,23	63837	0,23	51980
O80_H10_R6	21,07	28653	291,27	28653	0,23	58087	0,23	51803	0,23	51024	0,27	40039	0,20	30092
O80_H10_R7	20,85	22192	364,55	22523	0,22	48666	0,20	49829	0,22	32436	0,23	25402	0,20	26606
O80_H10_R8	20,04	18374	401,64	22226	0,23	59518	0,22	52268	0,22	42027	0,27	36538	0,20	22226
O80_H10_R9	19,72	11920	435,91	13716	0,22	50145	0,22	45168	0,20	37849	0,23	21240	0,25	13716
O80_H10_R10	19,45	5842	434,95	7239	0,20	21655	0,22	23979	0,22	27103	0,23	13360	0,22	7239
O100_H10_R1	26,35	113656	92,75	119306	0,31	159496	0,27	148113	0,38	149286	0,27	145253	0,23	119514
O100_H10_R2	26,72	80663	172,56	83841	0,30	131616	0,25	126426	0,31	140574	0,31	113002	0,28	83841
O100_H10_R3	25,13	74719	268,61	77103	0,28	114402	0,27	108031	0,30	109774	0,27	102989	0,25	82716
O100_H10_R4	26,90	64815	318,77	67389	0,31	107053	0,25	104366	0,30	96614	0,31	85706	0,31	67389
O100_H10_R5	29,39	53586	444,06	60260	0,28	92317	0,23	91553	0,30	79740	0,30	79478	0,36	60260
O100_H10_R6	27,78	47364	503,49	48331	0,28	96222	0,27	91945	0,30	79262	0,27	67482	0,38	52674
O100_H10_R7	26,99	48262	444,01	48262	0,27	82341	0,25	86739	0,31	73696	0,28	51166	0,31	50270
O100_H10_R8	23,82	25026	571,11	27650	0,27	56456	0,25	57445	0,31	47483	0,30	39815	0,28	27650
O100_H10_R9	28,04	23223	714,57	25170	0,30	66598	0,27	57606	0,28	59977	0,28	51302	0,30	25170
O100_H10_R10	23,99	7254	883,87	8693	0,27	32563	0,23	24706	0,31	30426	0,28	21889	0,33	8981
Média	14,41	23688	184,79	24937	0,18	43642	0,18	41756	0,19	39078	0,18	33593	0,19	26412

Fonte: a autora

Tabela A.6 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H10_R1	3,49	1235	24,11	2395	0,09	2635	0,09	2977	0,09	3028	0,09	2646	0,08	2395
O20_H10_R2	3,47	207	20,75	1054	0,09	1763	0,08	1675	0,08	1705	0,09	1592	0,09	1054
O20_H10_R3	3,52	469	27,13	1778	0,08	1903	0,08	1398	0,11	1903	0,08	1454	0,06	1778
O20_H10_R4	3,47	122	27,59	401	0,08	1114	0,08	970	0,08	1002	0,08	481	0,09	401
O20_H10_R5	3,46	40	27,96	365	0,09	1376	0,09	1459	0,09	649	0,09	596	0,08	365
O20_H10_R6	3,44	87	25,29	709	0,08	1466	0,09	1400	0,09	816	0,08	781	0,09	709
O20_H10_R7	3,48	315	26,38	1532	0,09	2018	0,08	1512	0,08	1140	0,09	780	0,08	1532
O20_H10_R8	3,49	24	28,39	905	0,08	480	0,08	622	0,09	451	0,09	561	0,08	905
O20_H10_R9	3,49	41	26,21	551	0,09	533	0,09	896	0,06	417	0,09	338	0,09	551
O20_H10_R10	3,49	0	31,36	93	0,08	127	0,09	196	0,08	116	0,09	115	0,08	93
O40_H10_R1	7,04	5970	75,96	10397	0,14	12147	0,12	12471	0,20	10819	0,16	9717	0,11	10397
O40_H10_R2	7,14	2972	99,59	4586	0,12	9772	0,14	10097	0,16	6669	0,16	6560	0,14	4586
O40_H10_R3	7,02	3147	103,97	4963	0,12	11616	0,17	10323	0,12	7928	0,14	7907	0,19	4963
O40_H10_R4	7,10	2452	117,78	3927	0,14	6168	0,14	7483	0,12	5018	0,12	4843	0,14	3927
O40_H10_R5	7,08	1605	102,57	2990	0,14	5641	0,12	4454	0,14	4496	0,14	4182	0,12	2990
O40_H10_R6	7,09	1027	88,38	2056	0,11	4742	0,14	4247	0,12	3409	0,12	3084	0,12	2056
O40_H10_R7	7,18	1319	112,18	3162	0,12	5823	0,12	5193	0,14	2700	0,11	3191	0,11	3162
O40_H10_R8	7,12	426	118,66	1539	0,12	2045	0,11	2740	0,14	2165	0,14	1571	0,12	1539
O40_H10_R9	7,10	19	119,83	616	0,14	811	0,12	968	0,12	696	0,12	679	0,14	616
O40_H10_R10	7,08	52	114,65	361	0,12	529	0,14	699	0,12	477	0,14	485	0,16	361
O60_H10_R1	11,24	9553	148,30	12567	0,17	22501	0,20	21211	0,19	19571	0,17	15023	0,16	12567
O60_H10_R2	11,24	8995	207,63	10889	0,19	17575	0,17	15999	0,17	18755	0,17	15970	0,30	10889
O60_H10_R3	11,47	4846	215,57	7892	0,16	13262	0,22	12671	0,20	13522	0,19	8462	0,23	7892
O60_H10_R4	11,30	6891	228,98	9531	0,19	14778	0,20	12054	0,20	12483	0,19	9799	0,23	9531
O60_H10_R5	11,29	5804	278,78	8202	0,17	12974	0,17	9170	0,22	7993	0,19	7272	0,17	8202
O60_H10_R6	11,11	2627	268,66	4076	0,17	8866	0,20	9594	0,16	6277	0,17	5293	0,19	4076
O60_H10_R7	11,23	1172	273,41	1776	0,17	4848	0,16	4356	0,19	3677	0,19	2488	0,19	1776
O60_H10_R8	11,36	747	265,07	2084	0,17	5856	0,19	5090	0,19	2533	0,19	3166	0,19	2084
O60_H10_R9	11,32	82	289,74	916	0,16	2096	0,17	2774	0,17	1370	0,20	846	0,16	916
O60_H10_R10	11,22	48	291,71	843	0,17	1201	0,19	1254	0,17	1243	0,19	1236	0,17	843
O80_H10_R1	16,19	28443	298,53	35410	0,23	52838	0,25	49600	0,27	45630	0,27	40232	0,22	35410
O80_H10_R2	16,17	16908	377,84	20683	0,23	33487	0,23	32611	0,27	27850	0,28	21258	0,22	20683
O80_H10_R3	16,01	8680	435,18	11179	0,22	24901	0,22	25192	0,27	18459	0,27	12692	0,23	11179
O80_H10_R4	16,08	7938	458,55	9703	0,19	24951	0,25	18350	0,23	18249	0,28	13984	0,23	9703
O80_H10_R5	16,12	8364	497,29	10841	0,22	24515	0,23	19289	0,27	18776	0,25	18381	0,22	10841
O80_H10_R6	15,94	2385	524,02	3274	0,22	13286	0,22	8369	0,23	12505	0,23	9427	0,22	3274
O80_H10_R7	16,04	749	481,37	1342	0,22	10163	0,22	8547	0,25	6843	0,23	4913	0,23	1342
O80_H10_R8	15,98	675	511,77	1689	0,22	6760	0,22	7578	0,25	5277	0,28	3655	0,22	1689
O80_H10_R9	15,94	615	542,14	1783	0,23	3692	0,22	2802	0,25	3161	0,23	2698	0,22	1783
O80_H10_R10	15,83	197	539,38	1048	0,20	1205	0,20	1895	0,25	1309	0,28	1040	0,25	1048
O100_H10_R1	21,58	46360	524,73	49691	0,27	68841	0,31	75306	0,28	64092	0,27	63917	0,27	49691
O100_H10_R2	21,04	29882	652,83	34713	0,25	53947	0,27	51397	0,30	53050	0,31	43326	0,27	34713
O100_H10_R3	20,74	22853	653,28	29013	0,28	41346	0,28	41578	0,31	37504	0,31	29054	0,30	29013
O100_H10_R4	20,59	16379	753,03	18632	0,27	38754	0,27	38902	0,28	25973	0,31	24545	0,30	18632
O100_H10_R5	20,45	8025	857,32	9382	0,27	23717	0,28	24010	0,28	18368	0,31	14898	0,30	9382
O100_H10_R6	20,71	7543	826,47	9643	0,28	21948	0,30	25219	0,28	15078	0,28	10355	0,38	9643
O100_H10_R7	20,46	5248	783,16	6836	0,27	12105	0,25	10486	0,33	8844	0,31	8194	0,33	6836
O100_H10_R8	20,50	2097	888,53	3275	0,25	10430	0,28	8600	0,28	5013	0,28	4811	0,34	3275
O100_H10_R9	20,53	1649	888,60	3247	0,25	11835	0,27	7325	0,30	3311	0,33	2743	0,31	3247
O100_H10_R10	20,27	608	920,78	1960	0,25	2063	0,28	2583	0,27	1909	0,27	2041	0,36	1960
Média	11,71	5558	324,03	7330	0,17	13149	0,18	12512	0,19	10685	0,19	9066	0,19	7330

Fonte: a autora

Tabela A.7 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 3 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H10_R1	3,42	345	25,69	949	0,11	1409	0,09	1713	0,09	1314	0,09	1026	0,11	949
O20_H10_R2	3,42	0	22,16	434	0,09	891	0,09	878	0,09	863	0,09	542	0,09	434
O20_H10_R3	3,42	28	28,67	580	0,11	898	0,09	1034	0,09	849	0,09	675	0,08	580
O20_H10_R4	3,45	0	29,10	120	0,09	288	0,09	689	0,08	255	0,11	255	0,09	120
O20_H10_R5	3,47	4	29,34	174	0,09	624	0,09	921	0,09	356	0,11	453	0,09	174
O20_H10_R6	3,48	0	26,62	292	0,08	332	0,11	490	0,09	239	0,08	195	0,09	292
O20_H10_R7	3,42	24	27,79	664	0,08	812	0,06	933	0,08	392	0,12	378	0,09	664
O20_H10_R8	3,46	0	29,54	377	0,09	159	0,11	154	0,08	162	0,11	148	0,09	377
O20_H10_R9	3,42	40	27,49	371	0,08	521	0,08	516	0,09	366	0,08	326	0,11	371
O20_H10_R10	3,45	0	32,54	84	0,09	108	0,09	100	0,11	108	0,11	108	0,09	84
O40_H10_R1	6,73	2705	79,93	5913	0,14	6484	0,14	5827	0,14	5617	0,16	6151	0,14	5913
O40_H10_R2	6,68	1292	172,14	2147	0,12	5238	0,14	3937	0,16	2997	0,16	3052	0,12	2147
O40_H10_R3	6,75	1036	127,23	1863	0,12	4721	0,12	4423	0,12	2775	0,14	3140	0,14	1863
O40_H10_R4	6,83	383	124,47	1404	0,14	2862	0,16	2208	0,16	2325	0,12	1319	0,14	1404
O40_H10_R5	6,76	173	140,02	616	0,16	1320	0,14	1358	0,14	726	0,14	991	0,14	616
O40_H10_R6	6,82	213	92,28	696	0,14	1380	0,14	1367	0,14	570	0,14	571	0,16	696
O40_H10_R7	6,84	52	134,94	710	0,09	1793	0,12	1846	0,12	909	0,16	926	0,14	710
O40_H10_R8	6,79	130	133,87	555	0,12	662	0,14	761	0,12	662	0,14	634	0,14	555
O40_H10_R9	6,94	0	123,47	256	0,12	428	0,12	544	0,16	276	0,11	264	0,12	256
O40_H10_R10	6,76	52	119,67	452	0,12	281	0,12	252	0,11	337	0,16	337	0,16	452
O60_H10_R1	10,55	4371	162,83	5490	0,17	11028	0,22	11198	0,19	9636	0,19	7978	0,19	5490
O60_H10_R2	10,70	4186	269,33	5468	0,17	8958	0,17	8900	0,16	8559	0,20	7949	0,19	5468
O60_H10_R3	10,67	1399	257,49	3193	0,19	5841	0,19	4317	0,20	4393	0,19	4051	0,19	3193
O60_H10_R4	10,63	1656	292,37	3653	0,16	4911	0,20	5762	0,19	2959	0,19	3465	0,19	3653
O60_H10_R5	10,52	964	385,25	2120	0,17	4754	0,19	3377	0,20	3191	0,19	2157	0,19	2120
O60_H10_R6	10,53	257	279,41	809	0,17	1911	0,19	1362	0,20	1741	0,19	1271	0,22	809
O60_H10_R7	10,72	18	284,23	637	0,17	933	0,20	2089	0,20	535	0,17	978	0,19	637
O60_H10_R8	10,66	29	273,96	459	0,17	532	0,19	555	0,19	512	0,17	275	0,22	459
O60_H10_R9	10,71	63	298,04	397	0,20	254	0,19	426	0,19	278	0,19	196	0,22	397
O60_H10_R10	10,53	11	299,00	556	0,22	584	0,20	628	0,19	600	0,17	562	0,19	556
O80_H10_R1	14,97	14289	318,09	18170	0,23	31023	0,22	28479	0,22	25749	0,22	22310	0,28	18170
O80_H10_R2	14,93	6582	393,39	9054	0,22	19091	0,22	17407	0,23	14537	0,23	11881	0,28	9054
O80_H10_R3	14,97	2667	562,75	3602	0,23	12249	0,23	10367	0,25	10067	0,23	7282	0,25	3602
O80_H10_R4	14,96	2334	568,40	3482	0,25	8244	0,25	8581	0,23	4871	0,22	4354	0,28	3482
O80_H10_R5	14,85	957	657,07	1982	0,23	7164	0,23	9557	0,25	5039	0,22	4064	0,23	1982
O80_H10_R6	14,77	416	578,56	1124	0,22	1990	0,25	2521	0,19	2214	0,25	1759	0,25	1124
O80_H10_R7	14,86	383	494,88	1030	0,23	1719	0,20	2206	0,22	1199	0,22	1224	0,27	1030
O80_H10_R8	14,89	220	526,72	1225	0,28	1193	0,25	1438	0,28	912	0,23	879	0,27	1225
O80_H10_R9	14,94	188	551,17	945	0,23	781	0,22	925	0,20	1236	0,27	1161	0,23	945
O80_H10_R10	14,76	50	550,22	678	0,22	751	0,23	856	0,23	768	0,22	652	0,27	678
O100_H10_R1	19,97	25437	547,42	29740	0,30	45321	0,28	44682	0,30	37086	0,30	34533	0,30	29740
O100_H10_R2	19,93	13483	680,68	15534	0,25	27562	0,28	25656	0,27	26282	0,25	19687	0,28	15534
O100_H10_R3	19,90	7486	677,91	8458	0,25	17361	0,33	22688	0,30	16700	0,30	12980	0,36	8458
O100_H10_R4	19,65	4399	771,60	5272	0,31	17227	0,30	14905	0,30	13015	0,28	8849	0,28	5272
O100_H10_R5	19,75	1744	873,82	3004	0,30	7239	0,28	4864	0,28	6464	0,28	3744	0,30	3004
O100_H10_R6	19,59	1125	848,52	2153	0,30	3335	0,27	2831	0,30	2939	0,31	2159	0,27	2153
O100_H10_R7	19,65	1341	792,31	2604	0,33	2740	0,30	3200	0,27	2239	0,27	2041	0,36	2604
O100_H10_R8	19,72	267	906,51	1293	0,31	856	0,28	1240	0,30	1060	0,31	951	0,31	1293
O100_H10_R9	19,51	179	899,93	857	0,39	1268	0,27	1195	0,30	991	0,25	983	0,31	857
O100_H10_R10	19,37	250	1025,62	1230	0,33	1244	0,30	1336	0,25	1009	0,33	1175	0,34	1230
Média	11,09	2065	351,09	3058	0,19	5586	0,19	5470	0,19	4578	0,19	3861	0,20	3058

Fonte: a autora

Tabela A.8 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 4 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H10_R1	3,45	32	33,53	642	0,11	792	0,11	1253	0,12	665	0,12	503	0,12	642
O20_H10_R2	3,60	0	28,55	320	0,09	566	0,09	672	0,11	511	0,11	369	0,11	320
O20_H10_R3	3,54	0	37,38	435	0,08	269	0,09	458	0,14	259	0,09	393	0,09	435
O20_H10_R4	3,52	0	37,86	68	0,11	194	0,09	105	0,12	175	0,09	175	0,11	68
O20_H10_R5	3,72	0	38,10	156	0,12	283	0,11	196	0,09	283	0,09	325	0,09	156
O20_H10_R6	3,57	0	34,34	274	0,09	141	0,09	400	0,11	169	0,11	165	0,11	274
O20_H10_R7	3,50	0	35,84	432	0,09	268	0,11	480	0,11	268	0,09	242	0,09	432
O20_H10_R8	3,76	0	38,15	281	0,09	219	0,09	136	0,09	193	0,09	193	0,09	281
O20_H10_R9	3,54	40	35,48	300	0,11	334	0,08	336	0,11	334	0,09	334	0,12	300
O20_H10_R10	3,52	0	41,98	4	0,08	4	0,09	4	0,08	4	0,09	4	0,09	4
O40_H10_R1	6,73	1582	103,68	2882	0,14	4469	0,16	4400	0,14	3902	0,14	3317	0,14	2882
O40_H10_R2	6,79	763	134,66	1491	0,16	2480	0,16	2151	0,12	2491	0,14	1665	0,14	1491
O40_H10_R3	6,84	224	139,69	1772	0,12	1951	0,17	1827	0,16	1607	0,12	1578	0,14	1772
O40_H10_R4	6,80	90	158,94	432	0,16	441	0,14	1045	0,16	650	0,12	422	0,16	432
O40_H10_R5	6,78	60	137,14	424	0,19	650	0,12	524	0,17	579	0,14	406	0,16	424
O40_H10_R6	6,88	23	117,86	308	0,12	596	0,14	313	0,16	646	0,14	360	0,14	308
O40_H10_R7	6,86	16	149,91	634	0,14	546	0,14	860	0,16	486	0,14	487	0,16	634
O40_H10_R8	6,86	0	156,47	417	0,16	360	0,16	404	0,12	360	0,14	423	0,14	417
O40_H10_R9	6,95	0	157,75	112	0,12	176	0,14	224	0,16	176	0,11	236	0,16	112
O40_H10_R10	6,75	52	151,38	300	0,14	281	0,16	232	0,14	337	0,16	337	0,14	300
O60_H10_R1	10,43	2396	201,15	3565	0,19	7544	0,16	7597	0,25	6212	0,20	4402	0,19	3565
O60_H10_R2	10,43	1917	280,17	3275	0,17	4158	0,20	5722	0,17	4256	0,16	4384	0,19	3275
O60_H10_R3	10,38	334	288,13	1211	0,22	4079	0,17	1632	0,20	1578	0,20	2031	0,19	1211
O60_H10_R4	10,54	324	306,04	1277	0,20	1930	0,19	2416	0,22	1251	0,22	687	0,22	1277
O60_H10_R5	10,47	400	370,66	1339	0,23	1168	0,19	2433	0,23	1424	0,20	939	0,20	1339
O60_H10_R6	10,41	28	356,16	432	0,20	482	0,20	842	0,20	545	0,19	868	0,19	432
O60_H10_R7	10,64	0	363,83	332	0,20	518	0,20	599	0,20	386	0,17	351	0,22	332
O60_H10_R8	10,49	8	351,90	311	0,17	305	0,19	409	0,20	359	0,17	365	0,19	311
O60_H10_R9	10,66	4	381,21	332	0,23	219	0,20	232	0,25	250	0,20	280	0,17	332
O60_H10_R10	10,49	7	384,90	600	0,16	520	0,19	508	0,20	520	0,20	492	0,19	600
O80_H10_R1	14,78	9588	406,38	12290	0,25	17885	0,25	17223	0,28	15607	0,22	14619	0,27	12290
O80_H10_R2	14,62	3709	505,69	5347	0,27	8449	0,27	8306	0,25	7700	0,23	6675	0,25	5347
O80_H10_R3	14,65	1095	582,27	2121	0,28	4955	0,25	5162	0,23	3081	0,27	2154	0,25	2121
O80_H10_R4	14,81	483	613,36	1455	0,22	2342	0,27	2224	0,23	1678	0,25	2024	0,30	1455
O80_H10_R5	14,87	307	663,18	1204	0,22	1973	0,28	2379	0,27	1108	0,27	1662	0,23	1204
O80_H10_R6	15,17	99	695,89	380	0,22	791	0,27	1152	0,27	575	0,23	787	0,25	380
O80_H10_R7	15,30	142	630,42	500	0,27	432	0,28	707	0,27	440	0,22	436	0,22	500
O80_H10_R8	15,21	40	669,85	636	0,27	492	0,23	692	0,28	604	0,23	688	0,23	636
O80_H10_R9	15,21	103	709,46	719	0,25	646	0,22	724	0,25	646	0,23	779	0,25	719
O80_H10_R10	15,09	92	709,17	640	0,25	723	0,23	796	0,25	698	0,27	770	0,25	640
O100_H10_R1	19,90	15267	707,79	18800	0,27	27287	0,27	27363	0,27	27669	0,30	23737	0,28	18800
O100_H10_R2	19,83	5978	878,35	8038	0,28	16674	0,28	16448	0,33	18083	0,30	9366	0,27	8038
O100_H10_R3	20,26	2690	875,90	4331	0,27	13288	0,27	9490	0,28	5919	0,28	4670	0,30	4331
O100_H10_R4	20,32	1868	1001,38	3095	0,33	4215	0,27	4477	0,31	2196	0,30	1635	0,31	3095
O100_H10_R5	20,20	677	1133,55	1865	0,31	1818	0,30	1914	0,33	1352	0,28	1332	0,33	1865
O100_H10_R6	20,35	337	1092,63	1407	0,28	1179	0,31	881	0,33	1188	0,31	838	0,31	1407
O100_H10_R7	20,09	463	1028,64	1516	0,28	1449	0,31	1911	0,28	1318	0,30	1424	0,31	1516
O100_H10_R8	20,07	127	1164,77	1144	0,27	935	0,30	748	0,30	814	0,27	795	0,27	1144
O100_H10_R9	20,16	43	1161,16	351	0,34	432	0,27	436	0,33	556	0,27	508	0,28	351
O100_H10_R10	20,16	49	1220,08	1108	0,27	992	0,30	1088	0,30	824	0,27	924	0,31	1108
Média	11,20	1029	430,06	1826	0,20	2858	0,20	2851	0,21	2459	0,19	2051	0,20	1826

Fonte: a autora

Tabela A.9 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 1 veículo com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H15_R1	3,91	1757	4,55	2589	0,08	6215	0,08	5928	0,09	5298	0,08	3529	0,08	2589
O20_H15_R2	3,49	1781	4,42	1922	0,08	4991	0,08	4828	0,08	4436	0,08	3335	0,06	3389
O20_H15_R3	3,94	1593	10,79	1752	0,08	5715	0,08	4043	0,08	4463	0,06	3321	0,09	2749
O20_H15_R4	3,90	249	10,59	596	0,06	2155	0,08	2677	0,09	2108	0,08	1367	0,08	688
O20_H15_R5	3,58	616	16,41	616	0,08	4341	0,08	3773	0,08	2624	0,08	2475	0,08	1248
O20_H15_R6	3,33	382	13,53	550	0,08	3244	0,09	3601	0,06	1835	0,08	521	0,09	1878
O20_H15_R7	3,53	467	14,87	493	0,08	4722	0,08	3626	0,08	2672	0,08	1525	0,08	671
O20_H15_R8	4,02	130	26,30	315	0,09	3454	0,06	2907	0,08	2229	0,09	1603	0,08	1074
O20_H15_R9	3,42	333	14,52	433	0,09	3512	0,08	2262	0,08	1886	0,08	1508	0,09	491
O20_H15_R10	3,92	141	23,13	141	0,08	3194	0,08	2367	0,05	1971	0,08	1503	0,08	719
O40_H15_R1	8,64	7674	10,62	10348	0,14	19670	0,11	23649	0,12	21305	0,11	15159	0,12	10348
O40_H15_R2	8,57	6874	25,15	7659	0,12	20081	0,12	20551	0,14	16290	0,14	10400	0,14	9708
O40_H15_R3	8,09	4602	47,11	4759	0,12	12680	0,14	11401	0,14	12663	0,11	7142	0,12	6125
O40_H15_R4	7,88	4659	52,19	4659	0,12	16457	0,12	15973	0,14	9014	0,11	7477	0,11	7086
O40_H15_R5	7,62	5246	64,97	5246	0,12	17969	0,11	15098	0,12	13908	0,14	11483	0,12	6793
O40_H15_R6	6,79	4196	70,15	4196	0,09	15868	0,14	18453	0,14	9246	0,11	9699	0,12	4947
O40_H15_R7	7,41	4946	76,14	4946	0,12	17999	0,11	14423	0,14	13877	0,12	12906	0,14	7605
O40_H15_R8	9,24	3188	88,44	3234	0,14	18978	0,12	16847	0,12	17233	0,11	13699	0,11	4940
O40_H15_R9	7,76	2018	82,58	2018	0,16	12110	0,12	10790	0,16	8616	0,12	3780	0,11	2925
O40_H15_R10	8,09	278	87,61	387	0,14	8330	0,12	6588	0,11	3823	0,12	2197	0,12	791
O60_H15_R1	12,75	17870	62,29	17870	0,20	40141	0,17	37054	0,19	33606	0,20	29033	0,17	20147
O60_H15_R2	13,14	18037	87,77	18037	0,20	36232	0,14	38260	0,19	26418	0,25	24733	0,14	22096
O60_H15_R3	14,45	16132	109,60	16132	0,22	48486	0,19	45268	0,19	33986	0,22	30350	0,17	18646
O60_H15_R4	13,19	14183	121,15	14183	0,20	31639	0,14	25848	0,19	29622	0,19	23815	0,17	16039
O60_H15_R5	14,43	14728	111,98	14728	0,20	34382	0,17	39463	0,17	34516	0,22	25866	0,16	17148
O60_H15_R6	14,25	11922	149,45	11922	0,20	33421	0,14	32833	0,16	35365	0,25	22372	0,19	13406
O60_H15_R7	14,15	7680	195,91	7680	0,19	28922	0,17	27437	0,19	21685	0,25	12256	0,17	9258
O60_H15_R8	14,55	6491	213,79	6491	0,17	32550	0,17	25589	0,20	22023	0,27	23400	0,22	8730
O60_H15_R9	13,57	7008	209,04	7008	0,23	32657	0,19	31580	0,20	28872	0,27	16524	0,20	8769
O60_H15_R10	12,93	1228	203,12	1664	0,20	16836	0,16	16828	0,20	9853	0,22	7294	0,22	1664
O80_H15_R1	21,18	40185	52,61	42561	0,25	85920	0,23	83064	0,25	76455	0,28	58378	0,23	42561
O80_H15_R2	20,34	35378	121,93	36608	0,27	72502	0,20	67519	0,22	65942	0,33	58177	0,30	38054
O80_H15_R3	18,47	29497	184,82	32319	0,25	74579	0,23	66373	0,25	61322	0,31	50515	0,23	32319
O80_H15_R4	18,92	20821	229,04	23223	0,25	52186	0,27	58736	0,22	43440	0,28	36327	0,23	23223
O80_H15_R5	20,01	24209	259,49	24209	0,27	53800	0,22	57016	0,28	56526	0,28	37944	0,23	28308
O80_H15_R6	19,41	17141	355,94	17141	0,30	52317	0,22	53652	0,25	41842	0,27	32866	0,22	18721
O80_H15_R7	18,78	14781	364,20	14781	0,25	40830	0,20	45035	0,20	41561	0,22	35422	0,23	17280
O80_H15_R8	20,41	5831	444,03	5831	0,25	37671	0,22	38696	0,27	33824	0,22	18579	0,22	6402
O80_H15_R9	18,06	13384	423,88	13384	0,28	55711	0,17	39632	0,20	36372	0,20	24583	0,23	15318
O80_H15_R10	19,84	2554	508,37	3321	0,27	34035	0,23	31361	0,27	17049	0,20	15867	0,28	3321
O100_H15_R1	27,52	61936	124,57	64322	0,30	128448	0,25	119733	0,23	113012	0,28	103590	0,31	66998
O100_H15_R2	26,25	55614	263,05	55614	0,30	106692	0,30	95420	0,34	97775	0,28	78657	0,27	58905
O100_H15_R3	26,50	43465	285,50	43853	0,27	96645	0,27	104276	0,30	83613	0,27	66576	0,27	51294
O100_H15_R4	27,77	41617	493,63	41617	0,27	102665	0,27	96432	0,25	91303	0,28	68681	0,25	44445
O100_H15_R5	25,62	37653	577,49	37653	0,27	91292	0,23	83440	0,27	85278	0,28	53247	0,30	42355
O100_H15_R6	25,91	34186	629,25	34186	0,27	74733	0,28	77949	0,28	80897	0,27	57477	0,30	37445
O100_H15_R7	27,68	29336	540,02	30168	0,28	84939	0,27	87414	0,28	59553	0,28	50914	0,27	32210
O100_H15_R8	26,09	13835	573,36	14966	0,25	78315	0,28	67970	0,27	56120	0,27	50468	0,28	14966
O100_H15_R9	24,36	12877	665,84	13794	0,23	68146	0,31	77346	0,27	67302	0,30	44344	0,25	13794
O100_H15_R10	27,59	4097	768,83	4546	0,23	39215	0,27	36675	0,27	33842	0,30	22385	0,28	4546
Média	14,31	14096	201,48	14533	0,19	39352	0,17	37954	0,18	33489	0,19	25905	0,18	16103

Fonte: a autora

Tabela A.10 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H15_R1	3,39	284	13,46	730	0,09	3100	0,09	2002	0,11	2648	0,11	1129	0,09	730
O20_H15_R2	3,38	163	20,50	883	0,08	1955	0,08	2568	0,09	1591	0,08	1217	0,09	883
O20_H15_R3	3,35	161	24,06	679	0,11	2192	0,06	2088	0,09	1614	0,08	1085	0,09	679
O20_H15_R4	3,49	0	27,01	158	0,08	417	0,09	898	0,08	482	0,09	183	0,09	158
O20_H15_R5	3,37	0	24,69	96	0,08	615	0,08	1077	0,09	556	0,08	297	0,08	96
O20_H15_R6	3,40	0	26,40	328	0,09	658	0,08	532	0,06	239	0,08	210	0,11	328
O20_H15_R7	3,46	0	25,89	252	0,09	896	0,09	472	0,09	617	0,09	112	0,09	252
O20_H15_R8	3,49	0	30,94	57	0,08	87	0,08	116	0,08	58	0,09	69	0,08	57
O20_H15_R9	3,45	0	26,19	88	0,08	930	0,08	656	0,09	131	0,08	319	0,09	88
O20_H15_R10	3,49	0	31,13	100	0,08	304	0,08	204	0,08	230	0,09	339	0,06	100
O40_H15_R1	6,82	2146	54,64	4671	0,14	8421	0,14	9181	0,14	6965	0,12	6020	0,14	4671
O40_H15_R2	6,83	1300	77,36	1980	0,16	6741	0,09	6881	0,16	5724	0,16	2799	0,12	1980
O40_H15_R3	6,82	720	85,04	1615	0,12	4343	0,14	3730	0,14	2912	0,12	2713	0,14	1615
O40_H15_R4	6,78	425	97,60	1701	0,12	4796	0,14	4632	0,14	2573	0,12	1636	0,12	1701
O40_H15_R5	6,83	891	109,09	2401	0,11	6691	0,12	7783	0,14	4267	0,12	3082	0,14	2401
O40_H15_R6	6,85	391	110,00	1057	0,12	2624	0,12	4687	0,11	2323	0,14	1485	0,11	1057
O40_H15_R7	6,93	175	112,10	877	0,14	5360	0,11	4767	0,12	4489	0,12	2746	0,14	877
O40_H15_R8	6,88	138	120,32	651	0,14	5098	0,16	4422	0,12	3847	0,14	1923	0,16	651
O40_H15_R9	6,89	0	113,84	270	0,12	634	0,16	882	0,14	489	0,16	412	0,12	270
O40_H15_R10	6,99	4	119,02	548	0,12	365	0,14	308	0,11	454	0,14	341	0,16	548
O60_H15_R1	10,95	5197	147,74	7153	0,17	16053	0,14	14840	0,17	13569	0,22	10604	0,17	7153
O60_H15_R2	11,11	6215	201,95	8053	0,19	13614	0,20	14522	0,20	15097	0,20	11928	0,17	8053
O60_H15_R3	10,97	4626	216,26	5978	0,20	19854	0,17	14113	0,17	11340	0,20	10650	0,20	5978
O60_H15_R4	10,89	2133	238,74	2747	0,16	11102	0,19	8642	0,19	10199	0,19	8285	0,19	2747
O60_H15_R5	10,87	1077	226,79	1677	0,16	15092	0,14	9596	0,17	6825	0,20	5590	0,17	1677
O60_H15_R6	10,81	924	266,61	1431	0,19	11484	0,19	8508	0,22	7634	0,23	5779	0,19	1431
O60_H15_R7	10,95	511	276,64	1117	0,16	10692	0,19	6905	0,17	7434	0,17	2064	0,19	1117
O60_H15_R8	10,98	157	271,19	715	0,17	8696	0,17	6328	0,20	4521	0,19	1372	0,19	715
O60_H15_R9	10,86	72	278,00	509	0,19	5851	0,19	6069	0,16	4374	0,20	3281	0,22	509
O60_H15_R10	10,93	48	283,65	382	0,22	1452	0,17	2288	0,19	1054	0,19	615	0,17	382
O80_H15_R1	15,52	12525	238,62	17842	0,22	37141	0,23	34645	0,23	32199	0,25	28993	0,25	17842
O80_H15_R2	15,43	11020	343,68	14684	0,22	32691	0,22	27230	0,22	27645	0,31	20587	0,23	14684
O80_H15_R3	15,55	7237	408,03	9305	0,27	28855	0,25	25894	0,23	20482	0,38	13483	0,23	9305
O80_H15_R4	15,52	1944	421,47	2725	0,22	19258	0,22	20043	0,19	13684	0,38	10109	0,30	2725
O80_H15_R5	15,46	2837	452,91	3437	0,23	16174	0,22	17979	0,23	10073	0,41	8300	0,22	3437
O80_H15_R6	15,46	1020	495,29	1322	0,22	16526	0,23	14893	0,27	9028	0,30	5944	0,23	1322
O80_H15_R7	15,31	231	477,52	402	0,22	7305	0,25	6991	0,25	6900	0,39	3954	0,20	402
O80_H15_R8	15,39	168	524,87	449	0,20	8209	0,23	4890	0,25	3397	0,36	2250	0,23	449
O80_H15_R9	15,51	356	512,53	887	0,20	9774	0,23	7607	0,22	6027	0,28	3470	0,19	887
O80_H15_R10	15,48	79	543,77	448	0,22	1013	0,25	1148	0,27	424	0,34	820	0,25	448
O100_H15_R1	20,49	19067	437,40	23109	0,25	56954	0,31	52147	0,30	50290	0,39	41232	0,27	23109
O100_H15_R2	20,78	13910	608,31	16535	0,28	47383	0,30	43405	0,30	38519	0,41	30012	0,28	16535
O100_H15_R3	20,62	11643	624,88	16565	0,28	41281	0,30	36517	0,28	30214	0,31	23781	0,33	16565
O100_H15_R4	20,64	8454	727,18	9433	0,28	32964	0,28	34101	0,28	30114	0,31	17131	0,31	9433
O100_H15_R5	20,64	2360	780,39	2752	0,30	43015	0,28	34579	0,27	22902	0,41	14762	0,31	2752
O100_H15_R6	20,42	1034	752,62	1389	0,27	25960	0,28	20590	0,25	17663	0,33	11067	0,25	1389
O100_H15_R7	20,50	2911	847,74	4152	0,28	23579	0,28	21512	0,27	13606	0,31	7187	0,30	4152
O100_H15_R8	20,22	471	829,02	1001	0,25	15014	0,25	7555	0,25	6852	0,28	4879	0,30	1001
O100_H15_R9	20,11	632	887,50	1184	0,27	14497	0,28	8834	0,31	6247	0,30	2784	0,25	1184
O100_H15_R10	20,20	92	898,01	432	0,28	3113	0,31	1238	0,28	1111	0,28	1269	0,28	432
Média	11,43	2515	309,37	3539	0,18	13016	0,18	11430	0,18	9433	0,22	6806	0,19	3539

Fonte: a autora

Tabela A.11 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 3 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H15_R1	3,43	16	28,26	376	0,11	1707	0,11	1548	0,09	1277	0,09	634	0,09	376
O20_H15_R2	3,40	8	26,32	514	0,09	1115	0,11	931	0,09	885	0,08	619	0,11	514
O20_H15_R3	3,46	36	25,77	464	0,11	1241	0,08	1517	0,09	605	0,09	516	0,08	464
O20_H15_R4	3,67	0	28,68	272	0,11	137	0,09	317	0,09	39	0,08	12	0,08	272
O20_H15_R5	3,53	0	26,27	184	0,12	36	0,11	260	0,08	158	0,09	167	0,09	184
O20_H15_R6	3,60	0	28,09	76	0,12	22	0,09	224	0,09	16	0,09	16	0,09	76
O20_H15_R7	3,63	0	27,25	28	0,09	252	0,08	166	0,09	107	0,09	100	0,08	28
O20_H15_R8	3,59	0	32,77	40	0,12	40	0,09	112	0,09	40	0,08	40	0,09	40
O20_H15_R9	3,61	0	27,71	180	0,11	204	0,08	88	0,09	117	0,11	68	0,12	180
O20_H15_R10	3,60	0	32,71	48	0,08	80	0,11	48	0,09	80	0,08	80	0,09	48
O40_H15_R1	6,76	384	58,36	2032	0,17	5475	0,16	5063	0,12	3991	0,14	3208	0,12	2032
O40_H15_R2	6,84	188	81,94	684	0,14	5042	0,14	2846	0,14	1568	0,12	1199	0,16	684
O40_H15_R3	6,79	38	88,94	563	0,12	2213	0,11	2366	0,12	1513	0,17	1067	0,12	563
O40_H15_R4	6,93	0	140,41	545	0,12	2478	0,12	1110	0,14	1153	0,12	434	0,17	545
O40_H15_R5	6,92	24	137,63	528	0,14	1753	0,17	2853	0,11	591	0,14	534	0,16	528
O40_H15_R6	6,90	10	169,23	360	0,16	458	0,14	1174	0,14	509	0,12	652	0,12	360
O40_H15_R7	6,92	24	167,75	350	0,14	2378	0,14	1160	0,16	936	0,14	583	0,17	350
O40_H15_R8	6,90	37	124,58	641	0,14	1381	0,11	1929	0,12	860	0,16	606	0,17	641
O40_H15_R9	6,93	0	118,05	210	0,12	180	0,14	136	0,14	148	0,12	108	0,12	210
O40_H15_R10	6,96	0	122,75	68	0,16	156	0,12	176	0,11	156	0,14	88	0,16	68
O60_H15_R1	10,65	2030	160,81	3120	0,17	10650	0,19	10389	0,17	7991	0,19	6131	0,22	3120
O60_H15_R2	10,73	1826	369,84	2587	0,22	9379	0,19	7656	0,16	5074	0,19	7288	0,19	2587
O60_H15_R3	10,62	926	312,85	1883	0,20	9708	0,20	7153	0,20	4539	0,20	3838	0,22	1883
O60_H15_R4	10,65	223	249,63	753	0,17	4274	0,19	3256	0,17	3130	0,19	2311	0,19	753
O60_H15_R5	10,44	158	236,64	447	0,22	3516	0,25	2856	0,19	2346	0,16	1420	0,19	447
O60_H15_R6	10,71	198	275,78	861	0,16	3246	0,20	1802	0,17	1775	0,20	1754	0,22	861
O60_H15_R7	10,76	26	281,43	784	0,19	2260	0,20	873	0,19	1632	0,19	623	0,19	784
O60_H15_R8	10,84	10	279,75	240	0,20	874	0,20	961	0,22	262	0,19	324	0,22	240
O60_H15_R9	10,80	52	285,64	472	0,19	1095	0,20	1495	0,17	918	0,19	596	0,22	472
O60_H15_R10	10,71	16	288,78	374	0,19	458	0,20	322	0,19	295	0,19	460	0,19	374
O80_H15_R1	14,99	5598	250,00	7407	0,23	23050	0,27	21165	0,23	16841	0,23	13889	0,25	7407
O80_H15_R2	14,91	3171	363,36	4899	0,28	20217	0,27	14224	0,23	14316	0,22	10000	0,23	4899
O80_H15_R3	14,93	2526	426,61	3176	0,23	12692	0,23	14201	0,23	12178	0,27	6347	0,25	3176
O80_H15_R4	15,03	686	428,45	926	0,23	9312	0,27	8932	0,23	3613	0,27	3922	0,25	926
O80_H15_R5	14,97	265	467,89	831	0,22	5015	0,23	5203	0,23	3458	0,20	2130	0,25	831
O80_H15_R6	15,09	227	514,34	509	0,20	4875	0,23	5423	0,27	1595	0,23	903	0,22	509
O80_H15_R7	15,00	106	490,83	395	0,22	575	0,22	712	0,22	549	0,25	785	0,28	395
O80_H15_R8	15,15	68	533,97	176	0,22	401	0,22	676	0,23	164	0,25	192	0,23	176
O80_H15_R9	15,02	86	522,52	432	0,22	898	0,22	541	0,23	1192	0,22	412	0,27	432
O80_H15_R10	15,08	49	565,31	460	0,23	370	0,22	508	0,20	321	0,20	326	0,22	460
O100_H15_R1	19,97	8648	465,04	13676	0,30	28175	0,27	33833	0,31	24816	0,30	22598	0,30	13676
O100_H15_R2	19,81	5091	640,43	5617	0,27	27802	0,27	21338	0,27	20006	0,28	11655	0,31	5617
O100_H15_R3	20,01	3705	644,55	4924	0,27	21876	0,27	20098	0,28	17420	0,30	8052	0,31	4924
O100_H15_R4	19,80	611	751,86	938	0,27	17901	0,28	16286	0,27	12038	0,28	7320	0,28	938
O100_H15_R5	19,59	355	809,89	902	0,30	15046	0,27	10358	0,30	7369	0,28	3641	0,30	902
O100_H15_R6	19,47	234	781,22	382	0,30	5994	0,36	5296	0,30	4481	0,30	1350	0,30	382
O100_H15_R7	19,66	526	841,52	1022	0,27	5663	0,27	5168	0,27	2978	0,25	2112	0,27	1022
O100_H15_R8	19,71	180	816,11	654	0,33	3051	0,28	1934	0,28	793	0,31	807	0,27	654
O100_H15_R9	19,49	35	866,28	507	0,33	734	0,30	1347	0,27	924	0,27	516	0,31	507
O100_H15_R10	19,47	48	888,44	436	0,33	416	0,27	284	0,27	499	0,31	292	0,33	436
Média	11,17	769	326,06	1359	0,19	5517	0,19	4966	0,18	3765	0,19	2655	0,20	1359

Fonte: a autora

Tabela A.12 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 4 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H15_R1	3,74	0	18,65	296	0,11	865	0,12	900	0,09	518	0,09	377	0,12	296
O20_H15_R2	3,70	0	28,44	244	0,09	933	0,09	757	0,09	625	0,11	305	0,09	244
O20_H15_R3	3,85	12	33,14	424	0,09	849	0,11	521	0,12	423	0,09	413	0,09	424
O20_H15_R4	4,05	0	36,68	24	0,09	57	0,11	141	0,09	28	0,09	16	0,11	24
O20_H15_R5	3,95	0	33,34	108	0,09	64	0,08	116	0,09	16	0,11	16	0,09	108
O20_H15_R6	3,99	0	35,96	16	0,08	64	0,11	68	0,11	64	0,08	60	0,11	16
O20_H15_R7	4,04	0	35,03	64	0,11	87	0,11	121	0,09	120	0,09	84	0,08	64
O20_H15_R8	4,23	0	41,64	40	0,11	40	0,11	40	0,09	40	0,09	40	0,11	40
O20_H15_R9	4,02	0	35,40	24	0,12	28	0,09	72	0,09	40	0,11	24	0,09	24
O20_H15_R10	3,89	0	41,96	152	0,09	80	0,08	84	0,11	80	0,09	80	0,09	152
O40_H15_R1	7,15	40	74,73	1152	0,14	3298	0,16	4081	0,17	2718	0,12	1682	0,19	1152
O40_H15_R2	7,19	38	104,49	339	0,16	2929	0,17	1559	0,14	651	0,16	590	0,14	339
O40_H15_R3	7,21	0	114,08	248	0,16	1646	0,14	2311	0,14	1041	0,20	638	0,14	248
O40_H15_R4	7,41	0	131,20	120	0,12	579	0,14	780	0,14	295	0,14	163	0,16	120
O40_H15_R5	7,28	16	145,44	472	0,14	295	0,16	749	0,16	299	0,14	328	0,12	472
O40_H15_R6	7,25	0	146,63	198	0,17	124	0,16	350	0,12	191	0,14	129	0,14	198
O40_H15_R7	7,29	24	148,78	228	0,14	301	0,14	267	0,14	228	0,14	172	0,14	228
O40_H15_R8	7,26	0	159,26	340	0,14	460	0,16	308	0,17	274	0,14	272	0,16	340
O40_H15_R9	7,31	0	150,97	104	0,12	164	0,16	156	0,12	160	0,14	88	0,17	104
O40_H15_R10	7,28	0	157,53	60	0,14	76	0,12	56	0,14	76	0,14	76	0,14	60
O60_H15_R1	11,03	844	199,98	1953	0,19	6088	0,23	5435	0,22	4763	0,23	3477	0,19	1953
O60_H15_R2	11,04	583	268,87	942	0,22	5464	0,17	4504	0,20	3797	0,19	2094	0,22	942
O60_H15_R3	10,97	75	292,72	337	0,19	5020	0,22	4044	0,22	1348	0,19	2234	0,20	337
O60_H15_R4	11,11	8	316,56	259	0,20	1326	0,19	1014	0,20	537	0,17	506	0,20	259
O60_H15_R5	11,11	0	300,79	231	0,19	771	0,19	954	0,19	321	0,20	435	0,19	231
O60_H15_R6	11,18	20	355,59	341	0,20	2191	0,19	1046	0,19	578	0,16	626	0,22	341
O60_H15_R7	11,25	0	364,31	363	0,20	628	0,20	452	0,22	349	0,19	496	0,20	363
O60_H15_R8	11,22	0	360,01	204	0,19	121	0,19	140	0,17	132	0,23	184	0,22	204
O60_H15_R9	11,15	12	367,15	500	0,22	307	0,17	408	0,22	299	0,20	376	0,22	500
O60_H15_R10	11,08	0	374,14	223	0,20	432	0,19	304	0,22	268	0,20	312	0,17	223
O80_H15_R1	15,41	2161	323,56	3005	0,25	13598	0,23	13157	0,23	9821	0,25	7586	0,27	3005
O80_H15_R2	15,55	1167	471,71	1725	0,25	8407	0,23	8549	0,22	7622	0,28	5166	0,23	1725
O80_H15_R3	15,46	415	554,60	965	0,22	5655	0,23	5377	0,28	4011	0,25	2369	0,22	965
O80_H15_R4	15,65	94	550,65	364	0,25	3708	0,20	3866	0,23	1269	0,25	942	0,30	364
O80_H15_R5	15,60	32	592,02	580	0,25	2634	0,23	1650	0,20	656	0,27	587	0,27	580
O80_H15_R6	15,63	37	644,61	353	0,22	1082	0,23	505	0,27	245	0,27	607	0,25	353
O80_H15_R7	15,59	20	621,36	216	0,23	230	0,25	388	0,27	119	0,25	252	0,25	216
O80_H15_R8	15,32	3	674,77	76	0,25	230	0,27	172	0,25	168	0,27	160	0,23	76
O80_H15_R9	15,18	6	661,29	256	0,25	352	0,22	304	0,25	252	0,23	331	0,25	256
O80_H15_R10	14,90	24	704,93	292	0,22	308	0,25	240	0,23	240	0,23	304	0,22	292
O100_H15_R1	19,69	4694	567,25	6836	0,30	22618	0,28	19945	0,28	15637	0,31	14327	0,30	6836
O100_H15_R2	19,37	1986	794,33	2577	0,28	12669	0,34	11420	0,28	10158	0,30	5612	0,30	2577
O100_H15_R3	19,47	713	796,72	1147	0,25	9425	0,28	10097	0,31	7126	0,28	4593	0,30	1147
O100_H15_R4	19,40	235	923,71	1095	0,28	11482	0,25	3735	0,30	5040	0,33	1894	0,28	1095
O100_H15_R5	19,41	40	984,39	92	0,30	5289	0,31	1802	0,28	1096	0,27	815	0,30	92
O100_H15_R6	19,49	131	932,98	516	0,27	1842	0,28	1137	0,27	903	0,28	664	0,30	516
O100_H15_R7	19,40	100	1019,15	620	0,31	1144	0,31	1274	0,28	655	0,28	517	0,34	620
O100_H15_R8	19,42	62	1002,83	501	0,28	631	0,31	631	0,28	336	0,25	304	0,33	501
O100_H15_R9	19,47	104	1081,63	340	0,27	544	0,31	328	0,30	399	0,31	330	0,27	340
O100_H15_R10	19,36	5	1118,08	320	0,28	312	0,28	204	0,28	316	0,34	268	0,31	320
Média	11,44	274	397,88	638	0,19	2749	0,20	2330	0,20	1727	0,20	1278	0,20	638

Fonte: a autora

Tabela A.13 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 1 paciente

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H5_R1	4,01	51	18,77	180	0,06	456	0,06	372	0,08	456	0,08	456	0,09	372
O20_H5_R2	4,01	0	28,45	302	0,06	819	0,11	578	0,09	794	0,06	320	0,09	615
O20_H5_R3	4,03	0	22,91	168	0,08	96	0,08	176	0,08	96	0,11	112	0,08	168
O20_H5_R4	4,18	0	32,31	104	0,08	114	0,09	52	0,09	60	0,09	60	0,08	104
O20_H5_R5	4,16	0	38,28	144	0,08	144	0,09	216	0,08	144	0,08	144	0,09	144
O20_H5_R6	4,19	0	32,83	80	0,06	92	0,08	92	0,09	92	0,09	92	0,09	92
O20_H5_R7	4,21	0	32,88	40	0,06	40	0,09	40	0,09	40	0,08	40	0,09	40
O20_H5_R8	4,17	0	38,46	9	0,05	9	0,09	9	0,08	9	0,09	9	0,08	9
O20_H5_R9	4,23	0	38,22	36	0,08	36	0,08	36	0,09	36	0,09	36	0,09	36
O20_H5_R10	4,10	0	36,89	80	0,09	80	0,08	80	0,08	80	0,08	80	0,09	80
O40_H5_R1	8,21	730	118,17	3926	0,12	4126	0,14	4048	0,22	3915	0,12	3838	0,12	3926
O40_H5_R2	8,28	888	137,17	2327	0,11	3002	0,16	2901	0,14	2251	0,11	2251	0,12	2327
O40_H5_R3	8,29	0	141,83	137	0,14	365	0,12	339	0,17	187	0,14	177	0,14	137
O40_H5_R4	8,42	3	145,21	506	0,11	579	0,16	822	0,17	417	0,12	448	0,14	506
O40_H5_R5	8,44	0	156,00	228	0,11	330	0,11	418	0,14	286	0,11	286	0,14	228
O40_H5_R6	8,50	0	144,59	537	0,17	509	0,14	596	0,16	541	0,14	541	0,16	537
O40_H5_R7	12,76	0	142,22	332	0,14	236	0,12	240	0,14	236	0,12	236	0,14	332
O40_H5_R8	9,18	2	149,59	374	0,16	330	0,12	484	0,16	330	0,12	330	0,12	374
O40_H5_R9	8,27	0	152,42	8	0,12	8	0,11	8	0,16	8	0,16	8	0,12	8
O40_H5_R10	8,37	0	155,23	156	0,12	156	0,12	156	0,17	156	0,14	156	0,16	156
O60_H5_R1	13,06	4750	283,43	8835	0,22	8855	0,19	9159	0,20	8834	0,16	8780	0,17	8835
O60_H5_R2	12,91	2622	353,55	6264	0,19	7648	0,14	6790	0,23	6897	0,19	7267	0,17	6264
O60_H5_R3	12,99	347	360,44	777	0,20	2411	0,19	1537	0,17	1031	0,16	950	0,17	777
O60_H5_R4	13,13	118	358,16	604	0,19	906	0,20	923	0,16	611	0,20	578	0,19	604
O60_H5_R5	13,19	52	366,73	608	0,20	708	0,22	624	0,17	640	0,22	604	0,17	608
O60_H5_R6	13,34	18	371,49	352	0,17	180	0,19	196	0,20	180	0,16	240	0,19	352
O60_H5_R7	13,15	4	373,74	128	0,22	148	0,17	160	0,22	116	0,16	124	0,20	128
O60_H5_R8	13,13	0	370,19	132	0,23	132	0,16	176	0,20	132	0,16	132	0,16	132
O60_H5_R9	13,08	0	387,49	328	0,22	312	0,19	328	0,20	312	0,23	312	0,16	328
O60_H5_R10	13,22	0	366,43	148	0,20	292	0,20	272	0,23	292	0,19	292	0,16	272
O80_H5_R1	18,60	12811	582,63	20589	0,23	23138	0,22	21527	0,27	21867	0,20	20938	0,22	20589
O80_H5_R2	18,36	4335	643,44	6267	0,31	8844	0,23	10210	0,31	8356	0,25	7760	0,27	6267
O80_H5_R3	18,46	2015	667,84	3102	0,30	6316	0,22	5253	0,30	3735	0,22	3425	0,22	3102
O80_H5_R4	18,48	364	680,10	1434	0,34	1499	0,23	1484	0,31	693	0,23	693	0,23	1434
O80_H5_R5	18,67	65	703,23	524	0,39	617	0,25	814	0,27	439	0,23	476	0,27	524
O80_H5_R6	18,57	143	715,90	404	0,30	360	0,25	360	0,27	360	0,20	360	0,23	404
O80_H5_R7	18,56	3	716,93	224	0,28	208	0,23	216	0,23	208	0,23	208	0,27	224
O80_H5_R8	18,53	2	695,58	201	0,23	207	0,27	293	0,20	207	0,20	198	0,22	201
O80_H5_R9	18,73	30	708,84	348	0,25	260	0,25	284	0,25	260	0,22	348	0,27	348
O80_H5_R10	18,61	12	714,95	224	0,22	224	0,22	344	0,22	224	0,22	224	0,20	224
O100_H5_R1	24,74	23117	868,19	36277	0,33	36411	0,27	36667	0,27	36346	0,27	35796	0,27	36277
O100_H5_R2	24,47	5153	1001,88	6850	0,30	10267	0,31	12308	0,27	8262	0,30	7688	0,27	6850
O100_H5_R3	24,48	2628	1138,63	3521	0,39	6201	0,28	7264	0,28	4561	0,28	4836	0,25	3521
O100_H5_R4	24,63	654	1142,39	1377	0,56	2330	0,25	2467	0,25	1955	0,28	1654	0,25	1377
O100_H5_R5	24,69	655	1194,86	1598	0,55	1792	0,25	1818	0,28	1677	0,27	1255	0,28	1598
O100_H5_R6	24,85	20	1169,93	444	0,58	484	0,28	416	0,30	420	0,27	420	0,25	444
O100_H5_R7	24,88	132	1198,37	435	0,58	466	0,28	527	0,31	470	0,31	386	0,30	435
O100_H5_R8	24,89	116	1240,38	548	0,48	599	0,27	912	0,28	479	0,25	479	0,27	548
O100_H5_R9	24,89	143	1197,48	450	0,52	381	0,28	487	0,30	382	0,30	424	0,25	450
O100_H5_R10	25,28	0	1191,17	212	0,44	212	0,30	212	0,25	212	0,25	212	0,23	212
Média	13,89	1240	470,54	2258	0,23	2679	0,18	2714	0,20	2406	0,18	2334	0,18	2270

Fonte: a autora

Tabela A.14 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 3 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H5_R1	3,39	0	19,34	20	0,06	379	0,08	412	0,09	20	0,06	20	0,09	84
O20_H5_R2	3,38	0	29,80	76	0,12	192	0,11	276	0,08	148	0,08	180	0,09	224
O20_H5_R3	3,45	0	28,46	60	0,08	76	0,09	36	0,12	36	0,08	36	0,11	60
O20_H5_R4	3,47	0	36,68	0	0,08	88	0,09	28	0,11	0	0,11	44	0,08	24
O20_H5_R5	3,49	0	34,20	72	0,09	180	0,09	80	0,09	136	0,08	112	0,08	80
O20_H5_R6	3,46	0	32,18	44	0,09	92	0,08	92	0,08	92	0,09	92	0,06	92
O20_H5_R7	3,39	0	31,44	40	0,06	40	0,09	40	0,09	40	0,08	40	0,08	40
O20_H5_R8	3,36	0	37,67	84	0,08	128	0,09	84	0,09	40	0,08	40	0,09	84
O20_H5_R9	3,42	0	37,67	36	0,09	60	0,09	36	0,06	60	0,06	60	0,08	36
O20_H5_R10	3,39	0	36,25	60	0,06	80	0,09	80	0,06	80	0,09	80	0,09	76
O40_H5_R1	6,82	44	116,88	424	0,12	689	0,12	1591	0,12	356	0,12	326	0,11	424
O40_H5_R2	6,79	0	142,16	277	0,11	1184	0,16	560	0,11	1446	0,12	581	0,16	277
O40_H5_R3	6,91	0	149,13	282	0,16	291	0,19	382	0,12	182	0,14	182	0,12	282
O40_H5_R4	6,84	4	151,55	92	0,09	292	0,12	252	0,16	266	0,14	240	0,14	92
O40_H5_R5	6,88	0	162,90	132	0,16	196	0,14	196	0,14	184	0,14	140	0,11	132
O40_H5_R6	6,94	2	151,00	392	0,14	315	0,14	500	0,12	363	0,16	463	0,14	392
O40_H5_R7	6,96	0	152,35	120	0,14	120	0,14	96	0,14	120	0,12	120	0,11	120
O40_H5_R8	6,95	12	155,73	270	0,12	264	0,14	396	0,12	208	0,11	208	0,12	348
O40_H5_R9	7,03	0	159,47	8	0,11	8	0,16	8	0,11	8	0,17	8	0,12	8
O40_H5_R10	6,95	0	161,61	156	0,12	156	0,14	156	0,17	156	0,14	156	0,12	156
O60_H5_R1	11,06	26	299,10	188	0,19	3280	0,17	5740	0,17	3714	0,20	2201	0,22	188
O60_H5_R2	11,05	136	374,66	324	0,22	1555	0,23	1400	0,14	968	0,17	968	0,16	324
O60_H5_R3	11,09	40	370,21	96	0,19	641	0,20	592	0,19	401	0,19	198	0,20	96
O60_H5_R4	11,11	24	367,95	332	0,17	492	0,20	665	0,17	376	0,20	376	0,17	332
O60_H5_R5	11,04	71	373,97	416	0,22	488	0,22	500	0,17	384	0,20	432	0,20	416
O60_H5_R6	11,08	17	379,64	144	0,16	227	0,19	396	0,19	266	0,16	168	0,20	144
O60_H5_R7	11,08	4	374,37	84	0,19	84	0,23	96	0,17	100	0,17	84	0,16	84
O60_H5_R8	11,11	12	367,85	156	0,19	136	0,17	176	0,16	136	0,16	136	0,17	156
O60_H5_R9	11,04	28	385,78	280	0,16	371	0,17	388	0,17	378	0,17	318	0,17	280
O60_H5_R10	11,01	22	367,40	272	0,22	292	0,17	212	0,19	292	0,17	292	0,16	272
O80_H5_R1	15,68	394	574,75	1004	0,23	9695	0,23	10270	0,22	6976	0,22	5184	0,27	1004
O80_H5_R2	15,58	267	655,74	486	0,22	1417	0,25	1843	0,22	1202	0,20	925	0,22	486
O80_H5_R3	15,68	277	674,01	646	0,27	2043	0,25	532	0,23	624	0,22	461	0,22	646
O80_H5_R4	15,67	26	680,32	70	0,23	385	0,20	648	0,23	420	0,22	208	0,23	70
O80_H5_R5	15,58	0	702,44	184	0,25	391	0,23	384	0,23	237	0,27	228	0,22	184
O80_H5_R6	15,60	106	713,62	396	0,20	396	0,25	319	0,22	380	0,23	373	0,22	396
O80_H5_R7	15,69	16	717,27	144	0,20	132	0,25	180	0,19	132	0,20	132	0,22	144
O80_H5_R8	15,59	40	695,35	140	0,25	124	0,23	208	0,23	124	0,22	124	0,28	140
O80_H5_R9	15,61	28	707,71	264	0,23	232	0,23	284	0,22	232	0,25	260	0,22	264
O80_H5_R10	15,50	12	714,31	260	0,20	436	0,28	320	0,22	236	0,23	288	0,22	260
O100_H5_R1	20,87	1649	880,27	2803	0,28	16304	0,30	16331	0,30	13645	0,27	5715	0,31	2803
O100_H5_R2	20,60	232	1021,33	276	0,25	1644	0,28	2403	0,25	1748	0,28	972	0,34	276
O100_H5_R3	20,79	451	1155,37	1166	0,30	1415	0,34	1202	0,27	781	0,31	998	0,28	1166
O100_H5_R4	20,70	167	1149,16	508	0,27	1119	0,27	936	0,23	1014	0,30	512	0,30	508
O100_H5_R5	20,64	159	1197,27	344	0,30	918	0,31	565	0,30	772	0,34	404	0,25	344
O100_H5_R6	20,97	136	1171,13	568	0,30	521	0,25	616	0,25	548	0,27	480	0,28	568
O100_H5_R7	20,82	140	1187,23	208	0,25	172	0,28	359	0,30	200	0,34	200	0,28	208
O100_H5_R8	20,59	113	1184,51	462	0,23	388	0,27	594	0,25	360	0,28	341	0,27	462
O100_H5_R9	20,76	36	1199,64	224	0,25	214	0,30	515	0,25	292	0,25	264	0,30	224
O100_H5_R10	20,75	44	1193,49	192	0,27	236	0,30	212	0,28	212	0,25	212	0,27	192
Média	11,55	95	473,25	306	0,18	1012	0,19	1084	0,18	822	0,18	532	0,18	313

Fonte: a autora

Tabela A.15 – Resultados obtidos para o hospital com 5 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 4 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H5_R1	3,37	0	15,62	0	0,09	227	0,08	571	0,06	91	0,11	48	0,08	116
O20_H5_R2	3,41	0	21,36	44	0,08	354	0,06	280	0,09	225	0,06	100	0,08	256
O20_H5_R3	3,44	0	27,01	60	0,09	76	0,08	36	0,09	64	0,08	36	0,08	60
O20_H5_R4	3,46	0	27,71	12	0,08	88	0,08	28	0,08	0	0,11	44	0,08	24
O20_H5_R5	3,44	0	27,55	32	0,08	180	0,08	80	0,08	136	0,08	112	0,06	80
O20_H5_R6	3,40	0	28,03	44	0,06	92	0,08	92	0,09	92	0,08	92	0,08	92
O20_H5_R7	3,35	0	24,60	40	0,08	40	0,09	40	0,09	40	0,08	40	0,08	40
O20_H5_R8	3,35	0	30,18	84	0,08	128	0,06	84	0,08	40	0,08	40	0,08	84
O20_H5_R9	3,41	0	30,06	36	0,09	60	0,08	36	0,08	60	0,08	60	0,09	36
O20_H5_R10	3,36	0	29,07	64	0,08	80	0,08	80	0,08	80	0,09	80	0,08	76
O40_H5_R1	6,76	12	92,82	176	0,12	1899	0,12	349	0,12	230	0,14	125	0,14	176
O40_H5_R2	6,66	19	109,16	362	0,11	981	0,16	419	0,12	1244	0,14	749	0,16	362
O40_H5_R3	6,74	0	112,16	178	0,12	244	0,11	382	0,11	82	0,12	99	0,14	203
O40_H5_R4	6,81	5	113,88	92	0,11	104	0,12	252	0,17	266	0,09	240	0,11	92
O40_H5_R5	6,94	0	121,71	132	0,12	196	0,12	196	0,12	184	0,14	140	0,12	132
O40_H5_R6	6,91	0	113,66	392	0,12	315	0,12	500	0,12	363	0,23	463	0,14	392
O40_H5_R7	6,99	0	117,85	120	0,14	120	0,12	96	0,11	120	0,17	120	0,12	120
O40_H5_R8	6,81	0	116,66	222	0,12	264	0,16	396	0,12	208	0,22	208	0,12	348
O40_H5_R9	6,99	0	119,04	8	0,14	8	0,11	8	0,12	8	0,33	8	0,09	8
O40_H5_R10	6,98	0	120,76	156	0,12	156	0,14	156	0,12	156	0,25	156	0,14	156
O60_H5_R1	11,09	24	225,38	52	0,20	2510	0,16	2553	0,17	962	0,36	2024	0,19	52
O60_H5_R2	10,97	84	279,88	284	0,17	685	0,20	1425	0,19	1504	0,38	1054	0,20	284
O60_H5_R3	11,04	37	276,35	80	0,19	363	0,14	465	0,19	389	0,33	111	0,19	80
O60_H5_R4	11,00	152	276,07	344	0,19	382	0,19	528	0,17	418	0,33	409	0,17	344
O60_H5_R5	11,04	68	281,08	416	0,17	488	0,16	500	0,17	384	0,34	404	0,20	416
O60_H5_R6	10,99	37	283,98	144	0,16	227	0,19	396	0,19	266	0,34	168	0,17	144
O60_H5_R7	11,10	0	284,05	84	0,20	84	0,16	96	0,16	100	0,36	84	0,19	84
O60_H5_R8	11,03	27	280,79	156	0,20	136	0,16	176	0,17	136	0,36	136	0,19	156
O60_H5_R9	11,06	0	293,90	280	0,20	371	0,17	388	0,17	344	0,33	318	0,20	280
O60_H5_R10	10,98	52	279,18	272	0,20	292	0,19	212	0,22	292	0,27	292	0,19	272
O80_H5_R1	15,79	363	448,71	568	0,23	6112	0,20	2763	0,22	3744	0,31	4473	0,28	568
O80_H5_R2	15,49	228	498,25	383	0,27	2145	0,22	1400	0,28	1030	0,38	852	0,25	383
O80_H5_R3	15,52	317	510,88	585	0,22	443	0,23	826	0,22	452	0,41	320	0,20	585
O80_H5_R4	15,58	26	532,07	70	0,23	357	0,22	656	0,25	412	0,36	52	0,23	70
O80_H5_R5	15,52	0	546,24	184	0,20	380	0,27	472	0,22	252	0,34	228	0,20	184
O80_H5_R6	15,60	152	561,20	396	0,27	396	0,22	319	0,22	380	0,41	347	0,23	396
O80_H5_R7	15,65	35	592,10	144	0,23	132	0,25	180	0,25	132	0,33	132	0,23	144
O80_H5_R8	15,58	28	727,33	140	0,27	124	0,23	208	0,20	124	0,36	124	0,20	140
O80_H5_R9	15,54	28	789,94	264	0,20	232	0,25	284	0,22	232	0,33	260	0,22	264
O80_H5_R10	15,57	12	796,00	260	0,20	436	0,20	320	0,25	236	0,31	288	0,22	260
O100_H5_R1	20,87	1031	1016,40	1248	0,25	16723	0,33	7912	0,27	8973	0,38	3164	0,31	1248
O100_H5_R2	20,64	284	1049,62	328	0,27	1643	0,27	1618	0,31	981	0,34	301	0,27	328
O100_H5_R3	20,63	190	1298,11	1166	0,30	1005	0,28	941	0,25	1005	0,34	671	0,28	1166
O100_H5_R4	20,51	44	1285,40	508	0,25	692	0,25	948	0,25	622	0,44	600	0,27	508
O100_H5_R5	20,58	194	1304,96	380	0,30	698	0,33	565	0,23	688	0,42	404	0,28	380
O100_H5_R6	20,73	222	1338,40	568	0,27	521	0,31	616	0,25	548	0,28	545	0,33	568
O100_H5_R7	20,70	132	1302,24	208	0,25	164	0,28	359	0,25	200	0,30	200	0,27	208
O100_H5_R8	20,61	145	1539,91	478	0,27	388	0,25	594	0,28	360	0,33	341	0,27	478
O100_H5_R9	20,76	8	1450,36	148	0,28	256	0,25	515	0,25	292	0,31	264	0,30	148
O100_H5_R10	20,75	44	1389,73	192	0,31	236	0,23	212	0,25	212	0,31	212	0,28	192
Média	11,51	80	462,75	252	0,18	885	0,18	651	0,18	587	0,26	435	0,18	264

Fonte: a autora

Tabela A.16 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 1 paciente

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H10_R1	3,99	1836	32,42	3250	0,14	3164	0,09	3609	0,09	3101	0,11	2973	0,11	3250
O20_H10_R2	3,99	919	27,13	1602	0,16	1770	0,09	2064	0,08	1457	0,08	1429	0,08	1602
O20_H10_R3	3,96	1265	35,77	1667	0,08	2075	0,08	1791	0,09	1691	0,08	1653	0,08	1667
O20_H10_R4	3,99	809	36,31	1793	0,14	1753	0,09	1611	0,09	1600	0,09	1685	0,09	1793
O20_H10_R5	4,00	470	36,57	1183	0,14	1338	0,08	1384	0,09	1346	0,08	1031	0,08	1183
O20_H10_R6	3,96	416	32,86	1472	0,19	1629	0,09	2057	0,09	1423	0,09	1437	0,09	1472
O20_H10_R7	3,98	843	34,36	1915	0,17	1525	0,09	2128	0,11	1468	0,08	1383	0,08	1915
O20_H10_R8	3,98	265	36,51	746	0,14	1039	0,08	976	0,09	1306	0,08	1289	0,08	746
O20_H10_R9	4,02	40	33,92	682	0,16	656	0,08	737	0,08	543	0,08	467	0,08	682
O20_H10_R10	4,09	0	40,30	84	0,14	133	0,09	158	0,09	117	0,09	117	0,09	84
O40_H10_R1	8,21	10207	100,98	13575	0,20	13617	0,12	14134	0,16	13291	0,11	13499	0,11	13575
O40_H10_R2	8,16	5712	131,56	7122	0,28	9409	0,16	11222	0,12	9412	0,11	8534	0,11	7122
O40_H10_R3	8,22	7017	135,28	10830	0,25	13178	0,14	11968	0,17	9979	0,14	9648	0,14	10830
O40_H10_R4	8,16	3830	154,31	6338	0,27	7489	0,12	8382	0,12	6044	0,14	5560	0,14	6338
O40_H10_R5	8,19	2943	133,71	4755	0,28	5192	0,14	5763	0,14	5277	0,12	5451	0,16	4755
O40_H10_R6	8,20	3023	114,80	4329	0,23	5282	0,11	6153	0,14	4212	0,14	4361	0,11	4329
O40_H10_R7	8,21	2570	145,09	5773	0,23	5821	0,12	6451	0,12	4665	0,11	4890	0,14	5773
O40_H10_R8	8,16	1024	153,07	1951	0,20	2081	0,14	3324	0,12	2127	0,12	1958	0,12	1951
O40_H10_R9	8,22	162	154,09	1146	0,23	726	0,14	1683	0,12	662	0,11	541	0,16	1146
O40_H10_R10	8,26	55	148,16	400	0,31	578	0,14	756	0,17	469	0,14	498	0,14	400
O60_H10_R1	13,06	17027	199,92	20758	0,34	22550	0,19	23164	0,20	22295	0,19	20242	0,23	20758
O60_H10_R2	12,98	15610	275,91	21203	0,36	24916	0,19	24080	0,17	24545	0,20	21690	0,20	21203
O60_H10_R3	13,00	9817	285,23	13777	0,33	16217	0,20	16795	0,17	16033	0,19	13757	0,22	13777
O60_H10_R4	12,97	9675	299,14	14940	0,30	17103	0,17	17774	0,19	14482	0,17	12745	0,19	14940
O60_H10_R5	13,00	8921	363,04	12040	0,27	13342	0,19	13191	0,23	12881	0,17	12786	0,16	12040
O60_H10_R6	12,95	6898	350,39	9333	0,33	12678	0,16	13060	0,17	10147	0,17	9297	0,22	9333
O60_H10_R7	13,01	3179	359,02	4316	0,34	5947	0,19	9338	0,19	5709	0,22	4517	0,19	4316
O60_H10_R8	13,00	2010	344,77	4863	0,28	7530	0,19	6940	0,19	4693	0,19	2742	0,22	4863
O60_H10_R9	13,03	513	374,66	1447	0,30	2719	0,19	2825	0,22	1461	0,17	1208	0,17	1447
O60_H10_R10	13,03	327	377,44	1558	0,34	2120	0,17	2078	0,16	1707	0,16	1516	0,20	1558
O80_H10_R1	18,59	37894	402,17	50648	0,38	53679	0,22	53258	0,25	52589	0,23	50128	0,25	50648
O80_H10_R2	18,60	26819	503,97	31824	0,47	37061	0,25	36296	0,25	34040	0,25	31416	0,20	31824
O80_H10_R3	18,51	17627	568,44	23956	0,41	28240	0,23	27745	0,33	25345	0,25	25887	0,25	23956
O80_H10_R4	18,47	17706	602,83	19793	0,41	23081	0,28	21271	0,22	20274	0,23	19291	0,22	19793
O80_H10_R5	18,60	16100	654,27	20918	0,55	29294	0,22	24925	0,22	27689	0,28	23830	0,28	20918
O80_H10_R6	18,41	9837	686,58	13574	0,50	17648	0,23	21977	0,20	15339	0,25	14568	0,22	13574
O80_H10_R7	18,52	5386	624,62	8354	0,50	11113	0,22	11990	0,20	10519	0,23	7663	0,22	8354
O80_H10_R8	18,55	4141	664,28	7053	0,47	8953	0,23	10129	0,28	6578	0,23	6904	0,22	7053
O80_H10_R9	18,40	1555	698,19	3443	0,47	6386	0,22	4815	0,20	2814	0,23	2538	0,20	3443
O80_H10_R10	18,34	377	701,33	1493	0,50	1800	0,25	1823	0,22	1596	0,22	1517	0,22	1493
O100_H10_R1	23,91	58871	706,76	72751	0,59	76504	0,23	78624	0,34	74324	0,30	74717	0,28	72751
O100_H10_R2	23,99	43649	876,67	57185	0,61	63484	0,30	64816	0,30	60153	0,33	56539	0,27	57185
O100_H10_R3	23,44	34818	874,10	43356	0,58	47175	0,27	46628	0,31	44697	0,30	41996	0,27	43356
O100_H10_R4	23,29	31711	990,58	38303	0,59	44337	0,25	49481	0,33	42053	0,30	37423	0,27	38303
O100_H10_R5	23,23	19701	1110,34	24325	0,58	29280	0,27	30838	0,33	27046	0,31	24406	0,28	24325
O100_H10_R6	23,32	12885	1073,46	18131	0,56	30119	0,27	25143	0,25	23237	0,31	21055	0,25	18131
O100_H10_R7	23,26	10723	1003,61	14123	0,55	20684	0,25	18063	0,28	14614	0,31	14620	0,30	14123
O100_H10_R8	23,31	4031	1152,76	6759	0,61	14866	0,30	10815	0,31	9406	0,30	7068	0,31	6759
O100_H10_R9	23,20	3446	1154,45	4966	0,59	12760	0,28	10319	0,27	7275	0,27	5645	0,34	4966
O100_H10_R10	23,41	694	1221,49	2056	0,50	3041	0,27	2582	0,27	2551	0,28	2041	0,27	2056
Média	13,43	9507	424,35	12757	0,35	15262	0,18	15343	0,19	13726	0,19	12763	0,19	12757

Fonte: a autora

Tabela A.17 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 3 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H10_R1	3,49	1000	30,85	2120	0,09	2636	0,09	2430	0,11	2644	0,09	2296	0,08	2120
O20_H10_R2	3,42	119	26,30	588	0,09	2377	0,08	1975	0,08	1123	0,08	966	0,08	588
O20_H10_R3	3,45	402	34,71	1099	0,09	868	0,08	1239	0,08	781	0,08	1425	0,09	1099
O20_H10_R4	3,44	112	35,46	304	0,08	1386	0,09	758	0,08	1012	0,09	456	0,08	304
O20_H10_R5	3,41	16	35,93	391	0,09	1445	0,08	1548	0,08	657	0,08	657	0,08	391
O20_H10_R6	3,42	7	32,41	530	0,06	1161	0,08	1502	0,08	345	0,09	347	0,08	530
O20_H10_R7	3,40	256	33,83	996	0,08	1320	0,09	1410	0,09	707	0,08	1310	0,09	996
O20_H10_R8	3,43	20	36,41	697	0,09	398	0,08	533	0,08	350	0,08	511	0,08	697
O20_H10_R9	3,45	41	33,60	708	0,08	558	0,09	896	0,08	507	0,09	338	0,08	708
O20_H10_R10	3,47	0	40,08	93	0,06	127	0,08	196	0,08	166	0,08	153	0,08	93
O40_H10_R1	6,98	5361	97,16	8549	0,22	10130	0,12	11133	0,12	8210	0,11	6977	0,14	8549
O40_H10_R2	7,03	2395	127,25	4007	0,23	7802	0,12	9063	0,12	7834	0,17	4461	0,11	4007
O40_H10_R3	6,97	2973	133,71	4216	0,20	11243	0,12	8373	0,14	7881	0,14	5879	0,12	4216
O40_H10_R4	7,02	1190	153,06	3269	0,12	6056	0,12	4813	0,12	5238	0,14	4302	0,11	3269
O40_H10_R5	6,94	799	132,49	2085	0,14	5586	0,14	5053	0,16	2733	0,12	2117	0,14	2085
O40_H10_R6	7,03	952	114,09	1723	0,14	4639	0,12	2810	0,12	3326	0,11	3251	0,11	1723
O40_H10_R7	7,02	716	144,41	2439	0,14	4149	0,17	3795	0,16	1689	0,16	1783	0,14	2439
O40_H10_R8	6,98	489	152,59	1138	0,14	1822	0,14	2361	0,11	1362	0,14	1404	0,11	1138
O40_H10_R9	7,10	84	154,05	862	0,16	1387	0,14	717	0,17	628	0,14	559	0,16	862
O40_H10_R10	6,95	52	147,98	361	0,12	529	0,17	699	0,12	509	0,16	467	0,14	361
O60_H10_R1	11,06	7171	190,88	9017	0,19	19334	0,20	18958	0,19	17532	0,20	14882	0,16	9017
O60_H10_R2	11,20	9298	272,05	10545	0,22	13747	0,19	16371	0,19	14615	0,20	16416	0,19	10545
O60_H10_R3	11,21	4334	279,73	5790	0,22	11887	0,22	13102	0,20	12159	0,19	8418	0,19	5790
O60_H10_R4	11,09	4904	294,91	7884	0,17	13330	0,20	13578	0,17	8332	0,17	7109	0,19	7884
O60_H10_R5	11,03	3095	362,90	4268	0,22	13023	0,20	9975	0,17	6276	0,14	7109	0,19	4268
O60_H10_R6	11,08	1313	353,31	2129	0,19	7988	0,19	5733	0,17	4964	0,22	3086	0,20	2129
O60_H10_R7	11,02	692	360,07	1458	0,17	3383	0,19	5135	0,17	2217	0,16	1624	0,19	1458
O60_H10_R8	11,06	460	347,43	1641	0,16	3556	0,22	3380	0,16	1816	0,20	1732	0,17	1641
O60_H10_R9	11,01	241	375,28	1032	0,16	1633	0,17	1415	0,19	1159	0,17	872	0,20	1032
O60_H10_R10	10,98	141	379,11	957	0,14	1201	0,22	1254	0,22	1095	0,17	1102	0,17	957
O80_H10_R1	15,80	19320	389,56	23701	0,22	44322	0,25	41718	0,22	34394	0,22	30529	0,22	23701
O80_H10_R2	15,72	10677	489,75	11771	0,20	24300	0,22	34557	0,25	23988	0,22	20665	0,22	11771
O80_H10_R3	15,70	6620	572,54	7692	0,22	20954	0,27	22410	0,22	15314	0,22	10949	0,20	7692
O80_H10_R4	15,83	5933	598,65	7119	0,22	18852	0,28	14704	0,22	13409	0,22	12966	0,20	7119
O80_H10_R5	15,74	3790	648,23	4623	0,20	21151	0,28	17332	0,25	12583	0,22	10060	0,20	4623
O80_H10_R6	15,53	1880	697,98	2507	0,22	8620	0,22	6972	0,22	6918	0,23	4522	0,23	2507
O80_H10_R7	15,51	511	630,04	1238	0,20	6165	0,22	5922	0,22	5290	0,25	2903	0,23	1238
O80_H10_R8	15,52	1037	669,75	1928	0,20	3839	0,23	4775	0,22	3693	0,23	2279	0,20	1928
O80_H10_R9	15,63	715	705,85	1928	0,25	3631	0,25	3544	0,23	2934	0,23	1421	0,23	1928
O80_H10_R10	15,51	120	702,84	734	0,19	1313	0,22	1841	0,23	977	0,22	828	0,25	734
O100_H10_R1	21,32	36401	681,26	41084	0,31	51809	0,27	55588	0,28	56612	0,27	52947	0,33	41084
O100_H10_R2	21,29	22260	863,69	25461	0,31	43905	0,30	45576	0,28	45707	0,28	31828	0,28	25461
O100_H10_R3	20,41	10622	858,89	12533	0,31	36655	0,30	36533	0,28	35627	0,31	20940	0,30	12533
O100_H10_R4	20,05	13178	982,07	14677	0,30	28888	0,31	34318	0,27	26888	0,28	22262	0,27	14677
O100_H10_R5	19,84	4151	1130,42	5625	0,27	16300	0,33	21511	0,27	15076	0,30	8986	0,34	5625
O100_H10_R6	19,97	2786	1091,93	3672	0,27	19295	0,28	19725	0,28	11253	0,27	7491	0,27	3672
O100_H10_R7	19,93	3476	1032,30	5493	0,30	8517	0,27	9024	0,28	9131	0,27	5497	0,31	5493
O100_H10_R8	19,91	2129	1167,48	4351	0,33	4970	0,31	5183	0,27	4601	0,27	3154	0,31	4351
O100_H10_R9	19,69	1322	1132,52	2287	0,27	6610	0,28	3860	0,30	2409	0,31	3051	0,28	2287
O100_H10_R10	19,65	813	1190,05	1810	0,27	2565	0,28	2278	0,28	1860	0,28	1786	0,28	1810
Média	11,47	3927	422,96	5223	0,19	10547	0,19	10752	0,18	8931	0,18	7141	0,18	5223

Fonte: a autora

Tabela A.18 – Resultados obtidos para o hospital com 10 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 4 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H10_R1	3,45	636	29,10	1634	0,08	2131	0,09	2250	0,09	1999	0,09	1646	0,09	1634
O20_H10_R2	3,41	176	28,85	372	0,09	1889	0,08	1510	0,09	1131	0,08	1033	0,08	372
O20_H10_R3	3,43	299	35,39	782	0,08	1056	0,09	1313	0,08	1069	0,09	1171	0,08	782
O20_H10_R4	3,45	72	35,92	256	0,09	1253	0,08	1173	0,09	879	0,08	406	0,08	256
O20_H10_R5	3,40	14	40,38	639	0,08	1517	0,08	1541	0,08	655	0,09	716	0,08	639
O20_H10_R6	3,44	24	26,78	792	0,09	1186	0,09	1370	0,08	345	0,09	193	0,09	792
O20_H10_R7	3,43	95	37,42	1010	0,08	1310	0,08	1436	0,08	792	0,08	904	0,08	1010
O20_H10_R8	3,41	6	33,76	436	0,09	398	0,08	533	0,09	532	0,08	511	0,09	436
O20_H10_R9	3,43	40	29,77	708	0,09	558	0,09	896	0,08	507	0,08	338	0,08	708
O20_H10_R10	3,44	0	43,75	93	0,08	127	0,08	196	0,08	166	0,09	153	0,09	93
O40_H10_R1	6,97	4344	125,56	6025	0,12	9523	0,12	8183	0,12	8263	0,12	5946	0,12	6025
O40_H10_R2	6,95	1953	116,66	3400	0,14	7062	0,11	7795	0,12	7679	0,14	5308	0,12	3400
O40_H10_R3	6,98	1920	156,91	3026	0,12	8877	0,14	7004	0,14	6340	0,16	4997	0,12	3026
O40_H10_R4	6,90	1141	174,31	1794	0,12	5378	0,14	4156	0,14	3763	0,12	3483	0,14	1794
O40_H10_R5	6,92	926	128,07	1629	0,16	6136	0,11	5078	0,12	3328	0,12	1644	0,16	1629
O40_H10_R6	6,92	587	118,21	975	0,12	4396	0,11	2333	0,12	1971	0,12	2490	0,14	975
O40_H10_R7	6,93	490	163,27	1628	0,12	3459	0,16	4126	0,14	2781	0,12	1947	0,12	1628
O40_H10_R8	6,93	289	198,30	997	0,12	1822	0,12	2361	0,11	1441	0,16	1172	0,16	997
O40_H10_R9	6,97	58	197,48	720	0,14	1484	0,11	717	0,16	430	0,14	541	0,19	720
O40_H10_R10	6,93	55	163,67	361	0,14	529	0,12	699	0,14	509	0,14	467	0,14	361
O60_H10_R1	11,05	5804	187,99	8580	0,16	16861	0,19	16781	0,17	16620	0,17	11933	0,20	8580
O60_H10_R2	11,03	5338	295,08	6612	0,17	13073	0,17	11653	0,19	14065	0,17	8554	0,17	6612
O60_H10_R3	11,05	2615	316,38	3962	0,16	11703	0,17	9802	0,20	9168	0,19	5103	0,20	3962
O60_H10_R4	11,10	2709	337,07	4388	0,16	9081	0,16	9731	0,19	8107	0,20	4319	0,22	4388
O60_H10_R5	11,01	2179	344,61	3029	0,17	8455	0,16	7701	0,16	8192	0,19	7165	0,19	3029
O60_H10_R6	10,96	1396	372,57	2295	0,20	8174	0,19	6648	0,19	3871	0,17	2970	0,19	2295
O60_H10_R7	10,97	1048	395,82	1735	0,19	3707	0,16	3888	0,16	2051	0,16	1933	0,19	1735
O60_H10_R8	10,99	751	351,84	1554	0,17	3887	0,17	3303	0,19	1424	0,20	1918	0,19	1554
O60_H10_R9	11,00	241	365,29	935	0,19	1421	0,19	1161	0,19	918	0,19	819	0,19	935
O60_H10_R10	10,98	86	330,42	957	0,16	1201	0,16	1254	0,17	1001	0,16	989	0,20	957
O80_H10_R1	15,78	16421	391,53	18220	0,25	38922	0,28	38866	0,22	30761	0,28	29707	0,23	18220
O80_H10_R2	15,64	8027	483,94	9085	0,22	25235	0,22	26393	0,27	19984	0,27	15955	0,25	9085
O80_H10_R3	15,71	4192	559,07	4950	0,20	19810	0,23	15802	0,31	12444	0,22	14612	0,22	4950
O80_H10_R4	15,73	4272	688,76	5239	0,22	15562	0,27	11975	0,30	11100	0,23	10628	0,25	5239
O80_H10_R5	15,54	3212	756,67	3727	0,20	18034	0,23	13847	0,27	10094	0,27	9271	0,25	3727
O80_H10_R6	15,44	1406	737,58	2155	0,20	8433	0,20	5659	0,28	7612	0,22	3930	0,22	2155
O80_H10_R7	15,39	1272	683,08	1831	0,22	5573	0,22	6095	0,23	3601	0,27	5168	0,27	1831
O80_H10_R8	15,40	858	692,55	1937	0,20	4834	0,22	3753	0,23	2940	0,22	2312	0,27	1937
O80_H10_R9	15,36	854	781,47	1941	0,20	3372	0,23	3544	0,22	2952	0,23	1321	0,23	1941
O80_H10_R10	15,33	85	793,84	762	0,22	1313	0,22	1841	0,27	977	0,23	952	0,27	762
O100_H10_R1	20,93	24308	787,27	27866	0,25	57895	0,30	56408	0,38	47147	0,31	45426	0,30	27866
O100_H10_R2	20,98	13078	1078,52	15134	0,33	48664	0,25	41877	0,30	40428	0,27	34516	0,28	15134
O100_H10_R3	20,72	9778	1000,03	11099	0,30	32501	0,27	25988	0,28	26136	0,30	22955	0,33	11099
O100_H10_R4	20,58	9614	1159,09	10838	0,25	27213	0,27	30348	0,33	25147	0,30	10929	0,28	10838
O100_H10_R5	20,10	4633	1485,47	5923	0,30	10006	0,25	17840	0,31	11355	0,28	7360	0,34	5923
O100_H10_R6	19,90	2145	1383,72	3292	0,31	18060	0,25	13118	0,31	6924	0,25	5325	0,27	3292
O100_H10_R7	20,00	2985	802,53	3979	0,25	8656	0,27	8006	0,30	7072	0,33	4738	0,30	3979
O100_H10_R8	19,87	2494	907,45	3499	0,27	5445	0,27	4644	0,28	4005	0,27	2621	0,33	3499
O100_H10_R9	19,88	1511	897,77	2426	0,25	4708	0,25	3360	0,27	2563	0,27	2790	0,30	2426
O100_H10_R10	19,78	863	937,44	1810	0,25	2565	0,27	2278	0,23	1860	0,27	1786	0,31	1810
Média	11,44	2946	443,77	3941	0,18	9889	0,18	9165	0,19	7702	0,19	6261	0,19	3941

Fonte: a autora

Tabela A.19 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 1 paciente

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H15_R1	3,80	892	17,87	1854	0,16	3222	0,09	3034	0,17	2835	0,09	1704	0,09	1854
O20_H15_R2	3,82	1086	27,34	1694	0,20	2351	0,08	2380	0,11	1508	0,08	1427	0,09	1694
O20_H15_R3	3,79	527	31,96	1858	0,16	2216	0,08	2367	0,09	1842	0,09	1253	0,09	1858
O20_H15_R4	3,80	43	35,26	286	0,16	661	0,09	728	0,12	512	0,08	348	0,08	286
O20_H15_R5	3,79	106	32,01	626	0,17	795	0,08	1335	0,09	659	0,09	779	0,08	626
O20_H15_R6	3,82	2	34,43	596	0,16	646	0,08	753	0,12	264	0,08	264	0,09	596
O20_H15_R7	3,82	9	33,58	87	0,16	627	0,08	708	0,11	541	0,08	468	0,09	87
O20_H15_R8	3,85	0	40,02	90	0,16	82	0,08	124	0,09	72	0,08	36	0,08	90
O20_H15_R9	3,82	40	33,95	383	0,16	940	0,09	617	0,11	673	0,09	357	0,09	383
O20_H15_R10	3,86	0	40,26	160	0,19	154	0,09	112	0,12	148	0,09	96	0,08	160
O40_H15_R1	7,84	5097	74,46	8842	0,27	10253	0,11	10063	0,17	9798	0,12	7513	0,12	8842
O40_H15_R2	7,77	3467	103,17	4659	0,28	6506	0,14	6710	0,17	5660	0,12	3958	0,12	4659
O40_H15_R3	7,80	2354	111,74	3672	0,27	4770	0,12	4877	0,17	3474	0,12	3297	0,16	3672
O40_H15_R4	7,83	1742	129,45	3828	0,27	4713	0,12	5955	0,17	3963	0,12	3817	0,14	3828
O40_H15_R5	7,78	2243	142,70	3378	0,25	6669	0,12	7392	0,16	4272	0,12	4513	0,12	3378
O40_H15_R6	7,77	1649	143,52	3639	0,27	5711	0,14	6138	0,19	3894	0,14	2789	0,12	3639
O40_H15_R7	7,74	2016	145,30	2869	0,27	5738	0,14	4998	0,19	3294	0,14	2496	0,12	2869
O40_H15_R8	7,79	1478	156,16	2634	0,27	5255	0,11	5545	0,14	4344	0,14	3158	0,12	2634
O40_H15_R9	7,78	60	147,95	527	0,30	1484	0,14	2232	0,16	538	0,11	330	0,12	527
O40_H15_R10	7,93	0	154,67	397	0,27	239	0,12	461	0,17	239	0,12	214	0,14	397
O60_H15_R1	12,40	8806	199,22	14568	0,39	17431	0,17	20018	0,23	15190	0,23	13451	0,17	14568
O60_H15_R2	12,40	10428	263,77	13961	0,30	16239	0,19	14982	0,20	15096	0,19	14148	0,17	13961
O60_H15_R3	12,31	8308	287,95	12091	0,25	17033	0,19	14521	0,22	14234	0,16	11840	0,17	12091
O60_H15_R4	12,40	4920	314,99	6686	0,39	11875	0,19	9380	0,17	9568	0,16	8649	0,16	6686
O60_H15_R5	12,34	5339	294,56	9031	0,39	15405	0,17	14619	0,19	12697	0,19	9895	0,19	9031
O60_H15_R6	12,33	3717	346,32	5944	0,39	9730	0,20	8999	0,20	7640	0,20	6621	0,20	5944
O60_H15_R7	12,41	1926	359,17	3668	0,33	8787	0,19	8414	0,16	6806	0,22	3677	0,20	3668
O60_H15_R8	12,42	2281	352,87	4094	0,34	7695	0,17	7520	0,17	5500	0,17	4029	0,17	4094
O60_H15_R9	12,48	2229	360,64	4100	0,27	8211	0,19	9770	0,19	5558	0,17	5495	0,20	4100
O60_H15_R10	12,45	75	366,37	744	0,27	1390	0,17	1248	0,17	637	0,19	557	0,20	744
O80_H15_R1	17,66	23491	321,17	32891	0,41	35206	0,22	38101	0,23	32732	0,22	30359	0,25	32891
O80_H15_R2	17,75	20817	467,87	29657	0,38	33444	0,27	32757	0,23	29073	0,23	27733	0,22	29657
O80_H15_R3	17,55	16971	551,44	21897	0,38	30624	0,22	34538	0,20	25462	0,25	22301	0,22	21897
O80_H15_R4	17,48	10241	549,96	13060	0,39	18168	0,23	20507	0,20	16819	0,27	14288	0,27	13060
O80_H15_R5	17,49	8279	593,63	10485	0,42	16224	0,20	14402	0,28	13703	0,23	10426	0,28	10485
O80_H15_R6	17,38	6865	635,05	9160	0,38	15701	0,23	11196	0,25	9329	0,22	7952	0,20	9160
O80_H15_R7	17,51	4475	609,09	5457	0,39	12211	0,23	11884	0,20	7665	0,20	7368	0,28	5457
O80_H15_R8	17,47	786	668,63	1232	0,41	6845	0,30	8046	0,22	5197	0,20	2893	0,22	1232
O80_H15_R9	17,46	2240	658,53	4332	0,34	10716	0,23	11470	0,22	7615	0,25	4919	0,22	4332
O80_H15_R10	17,59	128	707,30	809	0,41	2001	0,22	2066	0,22	1541	0,28	900	0,22	809
O100_H15_R1	23,45	39217	586,47	55828	0,52	57357	0,33	57826	0,31	56722	0,30	55192	0,28	55828
O100_H15_R2	23,39	29583	807,18	35459	0,59	45214	0,28	41243	0,28	41070	0,27	36214	0,25	35459
O100_H15_R3	23,37	24960	791,80	35524	0,45	38211	0,31	38639	0,38	37890	0,27	32296	0,28	35524
O100_H15_R4	23,24	17764	902,21	21714	0,52	37509	0,27	32337	0,36	30386	0,28	21992	0,28	21714
O100_H15_R5	23,12	16482	970,83	21006	0,47	31858	0,28	28488	0,38	27457	0,28	18917	0,25	21006
O100_H15_R6	23,37	11628	920,43	15097	0,44	23589	0,31	22769	0,36	21541	0,27	17484	0,25	15097
O100_H15_R7	23,32	9257	1000,02	12115	0,50	24804	0,28	24532	0,33	17140	0,28	12729	0,27	12115
O100_H15_R8	23,18	3767	990,24	5207	0,44	15033	0,31	10917	0,33	13862	0,25	11082	0,30	5207
O100_H15_R9	23,24	2017	1077,57	2777	0,38	14767	0,36	11187	0,30	9365	0,30	5418	0,27	2777
O100_H15_R10	23,49	524	1117,83	1117	0,45	4078	0,28	3579	0,27	2713	0,30	1646	0,25	1117
Média	12,97	6407	394,18	9036	0,33	13008	0,19	12650	0,21	10975	0,18	9186	0,18	9036

Fonte: a autora

Tabela A.20 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 3 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H15_R1	3,27	100	16,96	570	0,09	3782	0,09	1914	0,09	2512	0,11	1034	0,11	570
O20_H15_R2	3,27	58	25,68	291	0,08	1554	0,09	2860	0,08	1368	0,08	763	0,11	291
O20_H15_R3	3,26	104	30,35	600	0,08	1887	0,08	2163	0,08	1138	0,08	879	0,09	600
O20_H15_R4	3,34	0	33,99	272	0,06	953	0,06	801	0,08	225	0,08	54	0,06	272
O20_H15_R5	3,30	0	31,18	96	0,09	1378	0,09	910	0,09	869	0,09	239	0,08	96
O20_H15_R6	3,30	0	33,35	177	0,09	444	0,08	586	0,09	110	0,08	109	0,09	177
O20_H15_R7	3,31	0	32,75	264	0,08	1359	0,09	452	0,08	729	0,09	298	0,08	264
O20_H15_R8	3,39	0	39,11	57	0,08	36	0,08	108	0,06	58	0,08	69	0,09	57
O20_H15_R9	3,40	0	33,24	104	0,09	600	0,09	656	0,09	102	0,08	130	0,08	104
O20_H15_R10	3,37	0	39,33	100	0,09	149	0,09	204	0,08	230	0,09	106	0,08	100
O40_H15_R1	6,63	890	67,96	1976	0,12	9744	0,12	8383	0,12	7239	0,12	3835	0,12	1976
O40_H15_R2	6,64	674	95,56	840	0,12	7210	0,14	5625	0,16	5891	0,16	2572	0,12	840
O40_H15_R3	6,69	578	105,41	1004	0,16	5714	0,14	5083	0,16	3711	0,12	2707	0,12	1004
O40_H15_R4	6,65	130	121,80	538	0,11	4376	0,16	3686	0,12	2963	0,12	1371	0,16	538
O40_H15_R5	6,60	451	134,39	1668	0,12	5583	0,17	5581	0,12	4003	0,12	2342	0,14	1668
O40_H15_R6	6,68	166	137,37	316	0,11	2766	0,14	3513	0,16	1881	0,14	1537	0,14	316
O40_H15_R7	6,66	206	140,28	555	0,12	4278	0,12	4793	0,11	4465	0,12	2174	0,16	555
O40_H15_R8	6,68	104	152,15	320	0,14	4647	0,12	2547	0,14	2907	0,14	2534	0,14	320
O40_H15_R9	6,69	20	144,29	270	0,14	1518	0,12	716	0,12	625	0,17	302	0,11	270
O40_H15_R10	6,71	0	150,01	430	0,12	365	0,12	308	0,16	330	0,11	228	0,12	430
O60_H15_R1	10,54	2653	185,43	4053	0,14	18615	0,17	15124	0,17	12588	0,19	8984	0,19	4053
O60_H15_R2	10,73	3465	254,55	4747	0,22	18732	0,17	12217	0,17	15627	0,19	9349	0,17	4747
O60_H15_R3	10,58	3081	280,27	3681	0,17	17477	0,17	10903	0,17	10373	0,20	7507	0,19	3681
O60_H15_R4	10,38	435	305,94	714	0,16	9948	0,20	6242	0,17	8433	0,17	4771	0,20	714
O60_H15_R5	10,54	437	295,94	642	0,17	9126	0,19	9671	0,19	7145	0,17	4352	0,19	642
O60_H15_R6	10,51	494	347,68	816	0,14	10467	0,38	9252	0,19	7289	0,20	5308	0,19	816
O60_H15_R7	10,45	181	359,40	806	0,16	9788	0,19	4989	0,17	5439	0,17	1886	0,19	806
O60_H15_R8	10,54	138	346,96	513	0,20	8327	0,20	5023	0,19	2303	0,19	845	0,20	513
O60_H15_R9	10,52	171	355,12	858	0,20	4548	0,19	5440	0,17	4108	0,17	1839	0,20	858
O60_H15_R10	10,45	64	359,91	416	0,14	1418	0,20	2311	0,19	1085	0,19	1048	0,16	416
O80_H15_R1	14,93	7048	303,56	8981	0,25	35426	0,25	31721	0,23	29071	0,25	21069	0,23	8981
O80_H15_R2	14,89	4752	455,74	5290	0,22	30577	0,27	27014	0,25	24076	0,27	17590	0,22	5290
O80_H15_R3	15,00	3651	530,28	4595	0,23	25408	0,22	25080	0,23	15680	0,27	14472	0,22	4595
O80_H15_R4	15,13	1222	544,51	1599	0,27	21459	0,23	20119	0,23	10955	0,27	7088	0,23	1599
O80_H15_R5	14,99	494	581,59	650	0,20	16898	0,22	14817	0,22	9512	0,27	5695	0,22	650
O80_H15_R6	14,77	330	645,44	456	0,23	16465	0,22	13272	0,27	10226	0,28	6775	0,27	456
O80_H15_R7	14,93	508	622,85	751	0,23	5872	0,23	5106	0,25	4431	0,27	2575	0,20	751
O80_H15_R8	14,91	182	679,07	586	0,22	4443	0,20	6659	0,22	1597	0,22	653	0,27	586
O80_H15_R9	14,96	578	664,91	955	0,20	13591	0,20	4109	0,23	5732	0,28	1845	0,22	955
O80_H15_R10	14,87	144	711,02	640	0,20	1110	0,20	2073	0,23	475	0,22	441	0,25	640
O100_H15_R1	20,06	13517	572,16	15177	0,30	50314	0,27	53580	0,28	40203	0,28	32371	0,23	15177
O100_H15_R2	19,99	9198	806,82	9888	0,27	34697	0,30	36877	0,34	35722	0,31	27713	0,30	9888
O100_H15_R3	19,94	3583	821,58	4539	0,25	39771	0,28	35723	0,28	32198	0,27	16557	0,28	4539
O100_H15_R4	19,84	2314	956,87	2476	0,30	38888	0,30	31967	0,27	31397	0,30	13147	0,25	2476
O100_H15_R5	19,96	663	1039,69	930	0,30	30693	0,30	20660	0,27	22663	0,28	12328	0,27	930
O100_H15_R6	19,68	1020	998,54	1363	0,27	20178	0,31	16903	0,30	13383	0,30	4942	0,34	1363
O100_H15_R7	19,84	1391	1095,85	1818	0,28	21421	0,31	13679	0,27	8885	0,28	4349	0,25	1818
O100_H15_R8	19,84	571	1064,33	1108	0,25	17783	0,30	10520	0,25	5984	0,28	2795	0,31	1108
O100_H15_R9	19,72	656	1141,92	1358	0,28	18481	0,34	6137	0,27	4789	0,31	1939	0,25	1358
O100_H15_R10	19,60	242	1183,47	508	0,27	2343	0,30	1761	0,27	1062	0,30	532	0,28	508
Média	11,06	1333	401,53	1827	0,18	12252	0,19	10197	0,18	8476	0,19	5281	0,18	1827

Fonte: a autora

Tabela A.21 – Resultados obtidos para o hospital com 15 unidades considerando 2 veículos com capacidade máxima de 4 pacientes

Instância	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
O20_H15_R1	3,32	58	13,51	728	0,11	3450	0,09	1979	0,08	2498	0,09	1068	0,08	728
O20_H15_R2	3,30	48	20,55	346	0,08	2010	0,09	2605	0,08	1311	0,09	636	0,09	346
O20_H15_R3	3,32	93	24,14	504	0,08	1844	0,08	1876	0,09	1125	0,09	893	0,08	504
O20_H15_R4	3,37	0	27,00	258	0,09	724	0,08	766	0,08	591	0,08	118	0,09	258
O20_H15_R5	3,34	0	24,67	96	0,09	1147	0,09	772	0,08	499	0,08	237	0,08	96
O20_H15_R6	3,37	0	26,71	184	0,08	451	0,08	586	0,09	110	0,08	109	0,08	184
O20_H15_R7	3,36	0	26,19	264	0,08	1273	0,09	452	0,09	729	0,09	272	0,09	264
O20_H15_R8	3,37	0	31,27	57	0,09	36	0,06	108	0,09	56	0,06	69	0,08	57
O20_H15_R9	3,39	0	26,53	104	0,09	600	0,08	656	0,08	227	0,08	198	0,09	104
O20_H15_R10	3,39	0	31,56	24	0,09	149	0,08	204	0,08	230	0,08	106	0,08	100
O40_H15_R1	6,68	668	55,15	1306	0,12	8216	0,12	8072	0,14	6172	0,12	1913	0,14	1306
O40_H15_R2	6,64	387	78,66	861	0,12	6912	0,14	5799	0,14	4153	0,11	2196	0,14	861
O40_H15_R3	6,73	252	86,20	512	0,11	5142	0,12	4116	0,17	3277	0,11	1758	0,14	512
O40_H15_R4	6,80	184	98,71	545	0,12	5473	0,14	3302	0,12	2707	0,12	1550	0,12	545
O40_H15_R5	6,69	325	112,32	1056	0,16	5078	0,12	5983	0,14	4015	0,14	2284	0,12	1056
O40_H15_R6	6,72	246	112,30	646	0,12	2081	0,14	3561	0,16	1542	0,12	1954	0,16	646
O40_H15_R7	6,65	85	115,89	376	0,12	5056	0,11	4866	0,16	4361	0,14	2283	0,14	376
O40_H15_R8	6,69	36	122,43	280	0,14	4816	0,12	2641	0,14	3038	0,12	1755	0,11	280
O40_H15_R9	6,71	0	115,86	270	0,22	973	0,17	560	0,12	625	0,14	299	0,17	270
O40_H15_R10	6,72	6	119,38	430	0,16	365	0,11	308	0,11	330	0,11	228	0,11	430
O60_H15_R1	10,63	1510	146,51	2093	0,16	18066	0,25	13768	0,17	9582	0,20	8651	0,22	2093
O60_H15_R2	10,73	2462	202,17	3422	0,17	16828	0,17	10867	0,22	10616	0,17	9396	0,20	3422
O60_H15_R3	10,68	1006	222,31	1390	0,16	13492	0,20	13003	0,16	10348	0,20	6041	0,20	1390
O60_H15_R4	10,72	723	243,72	1249	0,22	7319	0,17	6402	0,19	6630	0,20	5936	0,19	1249
O60_H15_R5	10,57	260	233,76	512	0,17	10684	0,20	6522	0,17	7352	0,20	1705	0,19	512
O60_H15_R6	10,54	485	273,73	772	0,20	7974	0,17	6820	0,22	5291	0,22	4810	0,17	772
O60_H15_R7	10,52	361	278,41	684	0,19	7975	0,20	2821	0,16	3633	0,20	2400	0,19	684
O60_H15_R8	10,61	180	274,60	445	0,20	6713	0,22	4589	0,19	3018	0,19	383	0,19	445
O60_H15_R9	10,58	231	281,71	903	0,19	5285	0,16	5494	0,17	3926	0,19	1972	0,16	903
O60_H15_R10	10,57	120	283,74	416	0,19	1330	0,20	2226	0,20	1085	0,19	1087	0,19	416
O80_H15_R1	15,06	6588	238,34	7410	0,25	32426	0,25	30567	0,28	26302	0,25	17971	0,23	7410
O80_H15_R2	15,07	3232	359,64	3678	0,30	28028	0,20	24097	0,28	20274	0,23	17777	0,20	3678
O80_H15_R3	15,06	1617	423,46	1871	0,25	19847	0,22	20770	0,23	15258	0,22	9118	0,25	1871
O80_H15_R4	14,98	494	430,48	641	0,25	23375	0,25	18504	0,19	10902	0,23	5345	0,22	641
O80_H15_R5	14,92	409	466,43	609	0,27	18666	0,23	14080	0,25	7203	0,22	5637	0,22	609
O80_H15_R6	14,90	747	509,40	850	0,27	17529	0,25	9286	0,22	3586	0,27	5898	0,22	850
O80_H15_R7	14,93	265	491,31	580	0,20	6105	0,20	2704	0,23	2923	0,22	2294	0,23	580
O80_H15_R8	14,94	128	532,02	258	0,25	6205	0,25	3033	0,20	1805	0,20	1167	0,25	258
O80_H15_R9	14,88	438	520,37	709	0,25	11888	0,25	4421	0,25	3437	0,22	1533	0,23	709
O80_H15_R10	14,95	151	555,78	664	0,22	1168	0,25	1174	0,25	475	0,20	441	0,22	664
O100_H15_R1	20,17	10630	445,56	11838	0,31	51953	0,33	41331	0,31	39172	0,28	27117	0,28	11838
O100_H15_R2	20,19	7545	629,56	8796	0,25	37619	0,28	37078	0,31	30440	0,27	22526	0,30	8796
O100_H15_R3	20,16	3485	643,62	4417	0,31	40589	0,27	36451	0,30	26068	0,27	17650	0,27	4417
O100_H15_R4	19,88	1282	757,18	1338	0,28	35226	0,27	23083	0,28	27518	0,31	10200	0,27	1338
O100_H15_R5	19,79	307	809,67	413	0,34	35117	0,27	25369	0,27	18695	0,28	7196	0,25	413
O100_H15_R6	19,83	862	775,68	1061	0,27	21756	0,25	10285	0,28	8402	0,30	3952	0,30	1061
O100_H15_R7	19,94	862	833,81	1470	0,25	16505	0,25	9891	0,34	9510	0,25	5839	0,27	1470
O100_H15_R8	19,90	623	817,60	937	0,28	13601	0,27	11331	0,31	5385	0,30	3205	0,27	937
O100_H15_R9	19,84	655	880,99	872	0,28	8479	0,30	4565	0,31	3901	0,27	1729	0,30	872
O100_H15_R10	19,80	205	901,27	508	0,31	2343	0,28	1761	0,34	1062	0,28	532	0,28	508
Média	11,12	1005	314,64	1393	0,19	11598	0,18	9030	0,19	7228	0,18	4589	0,18	1395

Fonte: a autora

APÊNDICE B

TABELAS COM OS RESULTADOS SOBRE AS INSTÂNCIAS DA LITERATURA

As Tabelas B.1 a B.6 contêm os resultados obtidos para os problemas estático, com o uso do recozimento simulado (SA-E), e dinâmico, com a heurística de reotimização nas suas diferentes regras (G1, G2, G3, G4, G5 e SA-D), sobre as 50 instâncias apresentadas por *Côté et al. (2020)*. Os resultados consideram as diferentes quantidades de veículos e capacidade dos veículos. Cada linha dessas tabelas traz informação quanto ao nome da instância e o número de solicitações. Além disso, para cada heurística, o tempo computacional em segundos (TM) e o valor da solução (VS), que é o atraso total ponderado, também são apresentados. A última linha das tabelas contém a média dos valores da coluna.

Tabela B.1 – Resultados obtidos para as instâncias de *Côté et al. (2020)* considerando 1 veículo com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	Solicitação	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
		TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
1	69	13,43	207,88	294,87	329,77	0,77	5074,21	0,78	5126,66	0,79	3632,43	0,82	939,85	0,80	332,89
2	90	19,23	7695,80	548,92	7695,80	0,97	43899,04	0,99	40338,13	0,99	32154,90	1,00	19200,61	1,01	13906,31
3	71	14,37	159,78	312,29	159,78	0,79	7126,44	0,80	2442,94	0,81	2577,66	0,81	806,98	0,82	973,83
4	211	63,75	121497,48	2453,78	121497,48	2,18	487885,37	2,22	401161,34	2,18	290081,92	2,24	173877,63	2,25	129027,05
5	187	55,32	103202,32	2194,01	103202,32	1,95	359646,55	1,97	311931,81	1,94	227380,64	1,98	99697,67	2,03	111498,04
6	74	15,50	636,46	360,55	636,46	0,81	14960,83	0,84	16904,30	0,84	10228,96	0,85	8937,34	0,85	1508,14
7	203	60,96	129524,52	2580,24	129524,52	2,10	482134,58	2,11	380877,71	2,10	311077,93	2,18	136124,90	2,16	138068,96
8	178	52,67	94802,11	1932,07	94802,11	1,85	302056,62	1,88	243431,45	1,84	186802,92	1,89	121437,26	1,91	100017,40
9	99	22,17	13184,43	625,73	14244,53	1,11	76268,60	1,13	65821,42	1,05	53060,94	1,10	29216,35	1,08	15212,23
10	64	13,04	509,81	278,35	509,81	0,72	10787,38	0,74	8001,86	0,73	6884,03	0,75	2021,54	0,73	1041,46
11	211	67,02	94401,90	2693,19	95402,63	2,23	427022,22	2,17	342240,41	2,20	238323,02	2,20	144215,10	2,18	102877,52
12	194	57,59	99852,28	2284,37	99852,28	1,97	375162,97	2,03	299442,34	1,96	225841,79	2,07	145096,60	2,00	104411,58
13	209	64,91	114254,74	2618,46	114254,74	2,13	465034,95	2,19	382405,45	2,17	282589,56	2,18	133267,99	2,14	117767,99
14	172	48,92	50364,95	1715,67	50364,95	1,78	253039,67	1,81	199810,06	1,84	147866,09	1,83	90589,02	1,78	55773,26
15	196	61,10	101481,06	2249,56	101481,06	2,00	361590,12	2,06	305546,79	2,03	232367,37	2,06	142860,42	2,02	115651,15
16	90	19,47	1965,25	530,27	1965,25	0,98	37389,55	0,99	35080,75	0,99	29765,60	1,01	14044,97	0,99	2608,65
17	69	14,35	288,16	329,30	373,32	0,77	4030,41	0,78	3852,32	0,78	3803,55	0,79	1067,31	0,79	885,71
18	204	65,12	136164,54	2259,00	136164,54	2,06	452458,91	2,18	370530,30	2,12	284948,10	2,15	184711,21	2,10	150268,55
19	226	80,18	161575,33	3279,95	161575,33	2,27	517887,65	2,37	393901,78	2,40	300032,17	2,36	170064,54	2,35	172091,13
20	201	61,53	113546,38	2304,56	113546,38	2,13	437522,74	2,12	331644,51	2,08	269014,63	2,16	144830,30	2,10	117626,06
21	196	60,28	112318,39	2315,47	112318,39	2,00	351754,35	2,08	286952,50	2,04	232430,23	2,12	144493,38	2,07	122641,82
22	205	66,89	147384,52	2490,96	147384,52	2,09	385090,78	2,18	303144,24	2,13	260546,22	2,17	162009,58	2,12	156423,40
23	101	23,21	8222,85	626,17	8222,85	1,10	61845,36	1,09	47633,06	1,13	35447,96	1,13	28600,50	1,16	10248,79
24	94	21,26	3164,36	570,30	3164,36	1,00	37831,07	1,04	38748,87	1,02	30581,25	1,06	5512,84	1,00	4944,79
25	240	81,19	154513,10	3387,95	154513,10	2,42	592893,66	2,46	477702,09	2,47	372394,60	2,54	189282,86	2,39	160413,04
26	212	64,07	104592,53	2680,89	104592,53	2,15	405745,83	2,19	333568,00	2,24	254372,07	2,28	138585,16	2,20	109012,53
27	181	53,93	90603,02	1983,14	90603,02	1,87	299767,13	1,87	231992,44	1,90	196052,36	1,89	117808,56	1,84	102870,63
28	208	66,26	108111,44	2655,59	108111,44	2,10	431274,03	2,22	359052,45	2,16	263425,43	2,21	142064,72	2,09	114856,10
29	165	45,74	63121,47	1685,06	63121,47	1,73	236885,88	1,77	189312,53	1,77	141224,09	1,73	92527,05	1,68	67548,80
30	120	29,27	27982,80	823,40	27982,80	1,26	131355,17	1,35	101603,04	1,29	92822,63	1,30	58865,54	1,25	34877,30
31	70	14,60	202,46	348,29	202,46	0,77	3056,25	0,81	2888,87	0,79	2812,82	0,80	901,61	0,77	470,19
32	222	75,34	135730,37	2934,21	135730,37	2,31	502806,84	2,34	392559,63	2,41	312250,95	2,31	185410,28	2,22	143677,73
33	225	75,16	166218,96	3243,66	166218,96	2,34	470080,86	2,37	392018,45	2,39	330232,58	2,33	152218,22	2,25	179366,00
34	197	61,53	89975,86	2184,10	89975,86	2,05	389000,00	2,11	296196,61	2,11	222162,09	2,06	114411,82	1,98	94632,19
35	191	58,04	110380,76	2156,12	110380,76	1,97	393453,34	2,07	299306,67	2,07	236248,39	2,01	117697,33	1,92	123380,65
36	202	62,67	143622,78	2329,08	143622,78	2,06	441264,10	2,14	347810,99	2,16	283353,12	2,10	152437,98	2,02	150836,56
37	119	28,35	15955,09	909,63	15955,09	1,26	100657,52	1,30	90332,83	1,32	74475,72	1,29	39226,78	1,24	18834,84
38	80	17,16	177,90	430,79	268,15	0,90	2049,40	0,92	3125,63	0,93	3949,93	0,93	1464,26	0,86	678,20
39	237	81,45	168538,94	3389,04	168538,94	2,51	658526,92	2,49	476492,01	2,44	364545,43	2,48	205648,29	2,35	180105,22
40	194	58,00	125522,56	2321,57	125522,56	1,99	344533,97	2,05	300335,49	2,06	235602,25	2,02	135692,60	1,94	132760,44
41	229	88,57	133822,36	3216,03	133822,36	2,47	490404,09	2,43	417157,67	2,37	312893,44	2,32	152832,89	2,27	145812,62
42	211	66,59	114269,00	2423,89	120565,79	2,16	451620,28	2,23	356228,15	2,17	282270,78	2,13	156944,69	2,13	122457,00
43	223	72,30	117718,94	3152,55	117718,94	2,29	452143,88	2,34	383596,41	2,31	328765,29	2,24	167682,82	2,24	124261,39
44	108	24,97	11595,44	721,28	11595,44	1,16	87547,58	1,19	75872,58	1,16	59242,21	1,16	37316,35	1,15	13015,67
45	77	16,34	2616,69	389,07	2616,69	0,87	21065,11	0,89	20072,69	0,86	19329,50	0,85	6556,25	0,84	4004,01
46	252	87,29	217399,49	3648,72	217399,49	2,66	723904,62	2,78	596703,69	2,61	451510,22	2,56	265471,66	2,50	226515,26
47	196	59,15	136267,75	2259,11	136267,75	2,10	416316,01	2,12	340132,10	2,05	281263,17	1,99	161480,57	1,97	144154,60
48	190	56,88	97890,37	2168,56	97890,37	2,02	352994,38	2,05	278465,31	2,00	240026,14	1,93	124971,14	1,91	101499,79
49	223	71,88	157229,70	2923,02	157229,70	2,33	548058,93	2,41	462280,12	2,29	358776,57	2,26	198004,74	2,24	176946,63
50	211	63,70	161379,96	2769,45	161379,96	2,21	578163,25	2,30	470633,31	2,19	369789,44	2,15	176149,33	2,16	173303,95
Média	-	50,45	85436,90	1899,64	85610,00	1,75	309661,39	1,80	250248,21	1,77	195744,62	1,78	107905,55	1,74	91841,96

Fonte: a autora

Tabela B.2 – Resultados obtidos para as instâncias de Côté *et al.* (2020) considerando 3 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	Solicitação	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
		TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
1	69	13,79	0,49	490,12	0,49	0,83	0,49	0,87	0,49	0,87	0,49	0,89	0,49	0,91	0,49
2	90	18,72	0,49	908,28	11,99	1,03	11,99	1,10	12,07	1,06	33,31	1,08	11,99	1,13	11,99
3	71	14,23	0	543,60	52,95	0,85	53,43	0,87	53,43	0,88	53,43	0,90	52,95	0,94	52,95
4	211	58,55	683,44	5069,52	788,45	2,21	44120,24	2,32	25598,37	2,25	21674,06	2,31	7420,48	2,54	788,45
5	187	50,90	448,05	4634,30	487,24	1,95	23569,95	2,09	10950,22	2,02	5433,95	2,04	2170,97	2,19	487,24
6	74	15,45	0	580,94	30,15	0,90	30,15	0,91	42,01	0,91	30,15	0,92	30,15	0,95	30,15
7	203	57,41	1418,46	5218,57	1942,77	2,12	54761,05	2,23	34237,47	2,19	28960,62	2,16	12797,83	2,33	1942,77
8	178	48,10	707,20	3371,33	707,20	1,89	19691,68	1,99	11795,44	1,92	11095,40	1,91	4102,95	2,12	1195,02
9	99	21,93	102,86	1118,95	428,97	1,12	1169,22	1,19	1063,80	1,15	1052,57	1,17	760,67	1,24	428,97
10	64	13,18	0	428,23	12,15	0,78	12,15	0,81	12,15	0,81	12,15	0,81	12,15	0,89	12,15
11	211	61,03	872,91	5147,20	1034,96	2,18	51769,90	2,32	26413,02	2,29	17749,04	2,29	8326,90	2,36	1034,96
12	194	53,90	619,20	4343,24	619,20	2,06	28745,72	2,12	11004,57	2,07	13139,04	2,09	4198,68	2,18	1014,61
13	209	59,22	592,67	5027,83	648,64	2,19	48239,21	2,24	24686,45	2,22	18853,73	2,26	11959,93	2,35	648,64
14	172	45,24	177,10	3779,55	304,97	1,85	7035,66	1,98	3923,99	1,88	3503,11	1,87	2274,89	1,97	304,97
15	196	54,72	966,75	4524,43	1171,63	2,05	31057,64	2,14	15623,66	2,15	11215,70	2,11	6587,28	2,22	1171,63
16	90	19,71	5,50	875,29	5,50	1,07	0,15	1,06	0,15	1,09	1,70	1,07	21,61	1,14	20,05
17	69	14,31	0	502,81	0	0,84	0	0,86	10,00	0,88	10,00	0,89	0	0,89	0
18	204	57,74	570,15	4726,23	800,61	2,11	51450,13	2,28	30618,60	2,23	22717,67	2,26	5472,54	2,31	800,61
19	226	66,95	1030,10	5808,71	1061,26	2,37	65526,17	2,58	33220,10	2,43	28707,54	2,44	14871,88	2,49	1061,26
20	201	56,77	627,99	4763,75	627,99	2,17	32595,05	2,30	9689,90	2,20	7398,25	2,19	4116,83	2,27	788,16
21	196	55,15	979,23	4334,18	979,23	2,13	29589,08	2,23	15702,41	2,08	13149,03	2,14	5746,39	2,22	1899,78
22	205	58,48	500,03	4811,65	591,58	2,18	34085,15	2,29	19006,74	2,19	16196,48	2,24	3672,87	2,39	796,14
23	101	22,55	0	1152,44	29,94	1,14	19,57	1,28	28,53	1,16	69,13	1,22	37,26	1,19	29,94
24	94	20,66	0	981,68	18,96	1,11	35,67	1,18	41,08	1,10	35,67	1,13	47,99	1,11	18,96
25	240	74,94	3305,11	6489,65	3305,11	2,51	83095,92	2,64	57957,49	2,57	41290,11	2,60	8335,51	2,58	4651,85
26	212	61,07	197,01	5028,07	264,16	2,21	28626,99	2,38	9703,31	2,28	11302,33	2,24	2945,83	2,29	298,60
27	181	48,82	966,60	3658,23	966,60	1,90	14225,63	2,13	8474,99	1,97	8730,35	1,94	3253,00	1,99	1227,40
28	208	59,48	782,77	5871,93	894,87	2,19	33163,58	2,30	11648,82	2,21	19487,81	2,21	4826,00	2,30	894,87
29	165	42,94	82,90	3215,00	82,90	1,83	628,96	1,89	425,76	1,81	1587,48	1,83	803,08	1,82	140,96
30	120	27,32	22,16	1588,91	43,75	1,34	10,00	1,46	17,09	1,37	43,05	1,36	61,74	1,42	43,75
31	70	14,46	0	524,17	0	0,84	0	0,93	0	0,92	0	0,87	0	0,88	0
32	222	65,65	912,61	6564,68	1631,51	2,38	54886,43	2,50	25207,60	2,42	29042,02	2,44	5523,22	2,36	1631,51
33	225	65,53	428,96	6413,48	841,21	2,35	26499,67	2,54	9507,96	2,45	18615,29	2,44	2115,75	2,48	841,21
34	197	54,60	383,31	4506,29	383,31	2,07	28915,82	2,21	6850,37	2,19	7651,83	2,16	1467,56	2,19	838,64
35	191	51,01	228,90	4436,39	289,29	2,09	36903,46	2,17	11970,18	2,11	10315,64	2,11	3553,25	2,11	289,29
36	202	55,52	2190,85	5138,90	2190,85	2,21	47772,75	2,27	27744,34	2,22	18720,54	2,15	6991,62	2,24	2912,29
37	119	26,25	30,71	1747,82	82,07	1,36	33,97	1,46	118,41	1,38	378,21	1,34	112,72	1,40	82,07
38	80	16,25	0	723,58	12,29	0,97	12,29	1,00	12,29	0,98	27,92	0,97	27,92	0,98	12,29
39	237	68,72	1104,74	6716,34	1152,00	2,54	94948,69	2,63	54731,88	2,57	39081,17	2,47	9616,22	2,59	1152,00
40	194	51,61	698,22	4275,44	698,22	2,10	21663,84	2,22	14893,52	2,07	11546,84	2,01	5038,91	2,09	1024,85
41	229	65,13	1336,56	6588,92	1477,67	2,53	50678,32	2,63	27953,97	2,41	25196,78	2,37	6807,46	2,53	1906,11
42	211	57,77	1047,62	4813,70	1106,41	2,28	44713,47	2,35	25032,18	2,24	17051,32	2,18	10116,40	2,26	1106,41
43	223	62,51	510,65	7360,42	556,92	2,39	23236,57	2,52	9432,69	2,37	13075,22	2,33	3611,52	2,40	556,92
44	108	23,16	64,63	1372,67	117,09	1,25	61,17	1,39	122,26	1,23	196,02	1,21	53,02	1,26	117,09
45	77	15,51	0,59	676,62	64,37	0,93	54,88	1,01	150,52	0,94	194,12	0,91	168,50	0,98	64,37
46	252	75,63	2042,23	7398,14	2491,27	2,69	111068,58	2,94	78521,46	2,67	65066,18	2,57	20826,69	2,76	2491,27
47	196	52,29	2180,46	4966,83	2864,82	2,18	54213,07	2,31	32326,09	2,11	32062,79	2,03	7224,34	2,14	2864,82
48	190	50,20	693,77	4098,17	733,15	2,13	22736,04	2,27	9886,44	2,05	13123,30	1,97	4368,96	2,06	1005,15
49	223	62,67	2687,29	6557,79	2876,70	2,45	75918,59	2,56	45995,95	2,38	35460,93	2,33	13940,14	2,40	3155,03
50	211	57,40	3331,06	5234,89	4036,11	2,33	83116,15	2,48	51108,28	2,27	37056,32	2,18	19477,56	2,29	4036,11
Média	-	45,30	710,65	3782,20	830,39	1,82	29215,09	1,93	15870,57	1,84	13547,92	1,83	4719,25	1,90	957,69

Fonte: a autora

Tabela B.3 – Resultados obtidos para as instâncias de *Côté et al. (2020)* considerando 4 veículos com capacidade máxima de 2 pacientes

Instância	Solicitação	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
		TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
1	69	14,00	0,49	384,05	0,49	0,87	0,49	0,87	0,49	0,93	0,49	1,00	0,49	0,93	0,49
2	90	18,75	0,49	701,98	11,99	1,07	11,99	1,08	11,99	1,12	11,99	1,23	11,99	1,12	11,99
3	71	14,18	0	425,54	55,16	0,88	55,64	0,89	55,64	0,93	55,64	1,07	55,16	0,94	55,16
4	211	58,06	144,44	4399,23	144,44	2,25	3630,52	2,26	502,23	2,36	2761,97	2,57	552,04	2,36	165,01
5	187	50,42	34,91	3654,82	95,48	1,99	16,96	2,01	62,64	2,15	166,48	2,35	203,19	2,12	95,48
6	74	15,60	0	453,93	30,15	0,93	30,15	0,92	30,15	0,98	30,15	1,07	30,15	1,00	30,15
7	203	55,88	360,96	4125,91	530,17	2,15	11302,52	2,18	4742,29	2,26	5252,73	2,46	1508,18	2,27	530,17
8	178	47,20	90,48	3159,18	102,55	1,90	2035,55	1,93	751,27	2,01	1771,79	2,23	929,64	2,03	178,81
9	99	21,64	55,84	874,54	134,55	1,16	27,87	1,18	59,92	1,22	273,49	1,39	239,58	1,20	134,55
10	64	13,25	0	336,75	12,15	0,82	12,15	0,83	12,15	0,86	12,15	0,99	12,15	0,85	12,15
11	211	59,24	176,13	4384,66	233,29	2,21	7818,75	2,23	2012,48	2,35	1775,71	2,59	1073,79	2,32	233,29
12	194	52,50	13,54	3751,50	20,13	2,05	4,97	2,07	70,97	2,14	947,29	2,40	335,32	2,14	34,22
13	209	58,08	178,23	4176,58	178,23	2,19	5736,21	2,22	1351,02	2,35	4126,90	2,49	1411,65	2,30	220,92
14	172	44,92	49,23	2926,53	77,90	1,86	630,05	1,86	593,73	1,94	622,52	2,18	374,05	1,91	77,90
15	196	53,93	255,28	3711,82	316,11	2,18	5000,31	2,09	2368,53	2,28	3200,61	2,34	398,92	2,17	334,80
16	90	19,57	7,33	667,22	7,33	1,08	0,15	1,09	0,15	1,16	0,15	1,29	20,05	1,11	20,05
17	69	14,72	0	392,90	0	0,89	0	0,88	10,00	0,95	10,00	1,00	0	0,90	0
18	204	56,47	281,45	4083,73	346,06	2,21	5016,07	2,29	1444,59	2,34	2353,58	2,51	636,03	2,22	346,06
19	226	65,03	337,94	5734,39	390,09	2,37	19675,18	2,45	6363,15	2,54	7264,02	2,73	3282,30	2,43	390,09
20	201	55,41	214,66	4179,78	264,16	2,13	670,47	2,19	541,80	2,39	988,73	2,55	502,02	2,19	264,16
21	196	53,96	462,13	3856,74	524,30	2,09	2886,82	2,15	1264,91	2,32	1500,33	2,43	1259,74	2,15	524,30
22	205	57,39	34,94	4354,41	46,57	2,18	2216,85	2,24	933,04	2,30	1273,70	2,50	693,97	2,23	46,57
23	101	22,36	0,00	881,70	29,94	1,19	19,57	1,24	29,94	1,26	29,94	1,36	19,57	1,23	29,94
24	94	20,40	0,00	758,24	17,99	1,12	35,67	1,17	35,67	1,19	35,67	1,28	47,99	1,16	17,99
25	240	70,70	485,84	5463,34	553,58	2,52	23746,31	2,63	11059,42	2,59	12827,65	2,91	2848,97	2,56	553,58
26	212	59,53	72,22	4163,79	72,22	2,23	23,38	2,32	99,79	2,33	727,42	2,59	481,85	2,27	200,41
27	181	47,87	78,63	2867,84	100,14	1,96	1812,00	2,02	1001,52	2,04	1323,23	2,20	707,32	1,97	101,01
28	208	58,00	74,08	4327,29	122,16	2,20	1455,10	2,27	441,30	2,40	813,82	2,55	191,49	2,20	122,16
29	165	42,93	52,89	2649,82	52,89	1,80	19,47	1,86	26,55	1,85	140,14	2,04	102,32	1,81	93,67
30	120	27,59	11,46	1238,52	40,24	1,46	10,00	1,46	10,00	1,50	32,48	1,53	36,15	1,36	40,24
31	70	14,46	0	411,72	0	0,90	0	0,94	0	0,94	0	1,04	0	0,88	0
32	222	61,60	132,61	4910,63	155,62	2,38	8440,40	2,50	1893,35	2,47	2884,01	2,67	2395,49	2,33	155,62
33	225	61,99	41,20	5379,19	41,20	2,42	846,04	2,57	102,18	2,52	1208,14	2,72	255,33	2,37	119,49
34	197	51,73	23,02	3522,75	51,43	2,18	761,76	2,22	334,20	2,22	602,53	2,41	437,60	2,11	51,43
35	191	48,87	107,26	3544,93	191,17	2,14	2193,65	2,15	95,51	2,18	614,49	2,31	96,68	2,08	191,17
36	202	51,96	415,64	4490,12	415,64	2,22	7518,53	2,26	3070,38	2,29	4988,80	2,39	2199,07	2,17	623,88
37	119	25,67	6,95	1332,75	43,22	1,41	30,97	1,44	32,72	1,41	50,02	1,50	88,73	1,38	43,22
38	80	16,26	0	555,45	0	1,00	0	1,03	12,29	1,03	15,62	1,07	15,62	0,98	0
39	237	65,67	429,12	6240,87	453,68	2,57	22198,02	2,58	4716,61	2,61	7881,92	2,84	1032,32	2,51	514,94
40	194	49,32	153,98	4031,39	153,98	2,16	324,78	2,14	594,26	2,17	967,87	2,33	530,08	2,09	221,23
41	229	62,68	114,84	5290,16	114,84	2,48	4217,84	2,49	1728,97	2,52	1696,10	2,72	970,87	2,40	166,34
42	211	56,01	221,03	4457,74	221,03	2,29	2679,48	2,34	1176,29	2,34	2036,33	2,59	433,05	2,23	451,61
43	223	61,19	35,47	5814,94	103,67	2,53	271,31	2,41	307,20	2,45	633,31	2,67	485,61	2,34	103,67
44	108	22,79	0,97	1061,10	44,73	1,32	41,11	1,29	43,70	1,31	42,56	1,39	54,96	1,24	44,73
45	77	15,25	0	526,47	36,96	1,02	39,42	1,06	55,85	0,99	83,81	1,04	43,91	0,95	36,96
46	252	73,07	515,57	6048,82	515,57	2,77	34342,44	2,75	13173,42	2,78	15348,23	2,93	1919,90	2,64	663,24
47	196	49,96	259,72	3968,30	677,02	2,22	8222,22	2,20	3316,31	2,21	6288,68	2,34	1375,68	2,09	677,02
48	190	48,19	122,77	3549,53	122,77	2,15	1788,01	2,14	187,32	2,11	1097,52	2,29	607,91	2,01	279,18
49	223	59,49	275,20	5207,89	336,75	2,46	17855,24	2,49	7407,28	2,59	8835,61	2,65	1633,70	2,33	336,75
50	211	55,60	503,52	4284,39	611,74	2,35	25250,86	2,40	10319,06	2,31	10605,68	2,55	5679,53	2,28	1194,52
Média	-	44,03	136,65	3154,32	176,03	1,86	4618,47	1,89	1689,08	1,93	2324,24	2,09	764,44	1,86	214,81

Fonte: a autora

Tabela B.4 – Resultados obtidos para as instâncias de *Côté et al. (2020)* considerando 2 veículos com capacidade máxima de 1 paciente

Instância	Solicitação	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
		TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
1	69	15,70	0,49	350,56	0,49	0,79	0,49	0,84	38,91	0,82	34,28	0,86	17,70	0,87	0,49
2	90	21,46	11,05	678,30	63,96	0,99	11,99	1,00	226,48	1,02	374,47	1,06	74,71	1,10	63,96
3	71	16,39	0	411,92	58,36	0,81	54,26	0,82	58,36	0,83	58,36	0,87	58,36	0,90	58,36
4	211	72,23	24611,71	3313,51	26552,12	2,15	120009,96	2,22	110616,24	2,20	74709,58	2,29	47270,18	2,58	26552,12
5	187	61,01	11394,21	2752,65	12368,35	1,92	82094,42	1,97	74370,45	1,97	47305,27	2,15	25858,76	2,24	12368,35
6	74	17,72	0,00	429,60	100,48	0,84	44,46	0,87	109,25	0,86	150,55	0,89	150,55	0,98	100,48
7	203	68,41	29178,15	3290,92	30581,03	2,10	133011,88	2,11	111877,18	2,17	90918,95	2,24	59680,53	2,37	31429,98
8	178	56,97	15104,85	2143,85	15205,40	1,86	75691,66	1,89	68434,43	1,90	44435,90	1,96	27594,63	2,05	16905,42
9	99	25,10	1282,59	818,35	1539,27	1,07	8792,01	1,13	10078,43	1,11	7806,70	1,15	4386,50	1,23	1539,27
10	64	14,97	0	328,72	17,42	0,74	17,09	0,79	17,42	0,76	17,09	0,77	17,09	0,86	17,42
11	211	71,98	15453,82	3407,48	17059,75	2,14	114061,62	2,26	96164,59	2,20	62434,70	2,25	42820,37	2,36	17059,75
12	194	63,96	26390,68	3105,66	26390,68	1,99	97565,11	2,15	85490,37	2,03	57310,42	2,11	43329,65	2,17	29235,96
13	209	71,50	26880,10	3295,55	26880,10	2,12	128661,60	2,17	106986,56	2,18	78917,71	2,33	42749,74	2,34	28382,33
14	172	54,28	5233,15	2072,38	5491,82	1,77	48032,86	1,81	40504,89	1,83	30966,40	1,90	16765,97	1,94	6532,37
15	196	66,13	14271,07	2916,39	15903,05	2,00	95919,52	2,15	77997,59	2,06	64731,22	2,14	28991,88	2,19	15996,62
16	90	22,78	15,25	644,93	15,25	0,99	107,45	1,02	109,81	1,02	152,59	1,07	43,23	1,09	92,72
17	69	16,48	1,17	390,08	72,34	0,79	21,16	0,84	115,72	0,87	63,04	0,87	43,45	0,87	72,34
18	204	69,59	21925,97	3067,81	23723,36	2,14	127912,68	2,25	110561,61	2,31	85893,66	2,27	46711,37	2,27	23723,36
19	226	81,01	38890,90	3963,59	38890,90	2,30	145269,00	2,42	108128,70	2,46	75285,83	2,56	57161,88	2,51	42345,50
20	201	67,89	17894,07	3177,32	17894,07	2,12	102086,60	2,22	85138,62	2,18	71655,34	2,28	37766,55	2,28	22638,81
21	196	65,28	16348,38	3062,19	16564,14	2,02	93548,42	2,15	84638,95	2,14	59983,48	2,23	38461,37	2,18	19775,25
22	205	69,89	25775,92	3200,14	25775,92	2,12	96824,67	2,18	87036,00	2,17	66963,14	2,30	45219,20	2,33	29687,63
23	101	26,13	76,11	842,38	325,61	1,10	1522,95	1,16	1913,79	1,14	1569,73	1,20	1501,26	1,21	357,03
24	94	23,80	47,17	734,35	193,58	1,06	32,20	1,07	271,40	1,06	330,74	1,12	340,37	1,11	193,58
25	240	88,28	41457,25	4430,38	41457,25	2,44	164922,33	2,56	155856,62	2,49	111563,39	2,63	72533,51	2,58	42326,11
26	212	73,41	16087,55	3340,96	16505,84	2,16	98569,02	2,31	87062,51	2,21	59570,80	2,36	36541,51	2,30	17043,93
27	181	57,61	12874,35	2408,36	12874,35	1,87	67543,08	1,92	59620,20	1,90	44727,24	2,02	27672,18	2,00	15346,27
28	208	70,99	15705,83	3337,48	15705,83	2,13	108979,88	2,29	89717,47	2,17	70465,79	2,28	40082,84	2,29	17125,76
29	165	51,01	3316,17	1998,72	3703,76	1,74	40202,05	1,82	39119,37	1,83	29056,62	1,86	12179,41	1,83	3703,76
30	120	32,20	917,91	1016,77	1077,58	1,28	6615,07	1,39	4602,74	1,34	5460,93	1,34	1730,80	1,39	1077,58
31	70	16,85	0	402,43	0	0,83	0	0,88	33,03	0,86	5,08	0,85	5,08	0,86	0
32	222	78,13	19241,50	3779,82	21140,97	2,34	134433,18	2,43	115979,61	2,38	87499,83	2,43	49909,06	2,42	21140,97
33	225	80,09	18065,82	4136,19	18134,31	2,37	112539,81	2,51	97276,61	2,41	79343,24	2,51	53688,56	2,50	20552,66
34	197	65,47	9120,86	2718,19	11224,47	2,09	86601,79	2,26	73911,92	2,12	60831,65	2,12	39244,32	2,19	11224,47
35	191	62,86	17336,03	2919,82	17336,03	2,00	99102,55	2,16	82446,56	2,06	59928,79	2,11	33531,64	2,11	19300,61
36	202	68,50	28642,00	3353,97	28642,00	2,12	122989,47	2,35	100360,66	2,18	79225,64	2,13	46240,51	2,21	33364,29
37	119	32,15	783,94	1198,80	1283,85	1,30	6675,10	1,33	6032,83	1,35	4520,94	1,33	3611,28	1,34	1283,85
38	80	19,34	3,28	550,02	28,54	0,92	13,21	0,94	33,84	0,95	27,74	0,93	23,61	0,97	28,54
39	237	85,09	40424,36	4873,68	42783,16	2,48	187200,08	2,54	158982,44	2,45	104935,25	2,52	68656,86	2,53	42783,16
40	194	61,85	19529,61	2747,35	20052,60	2,03	85340,51	2,10	78939,38	2,04	51721,36	2,17	38923,78	2,14	22461,47
41	229	78,54	27032,31	4192,34	27032,31	2,39	137056,17	2,49	120759,41	2,39	83564,20	2,41	54576,23	2,44	29927,26
42	211	69,27	29723,10	3431,37	29723,10	2,21	119762,55	2,35	101618,31	2,20	77220,11	2,22	51310,98	2,27	31815,77
43	223	74,98	18745,94	4111,02	19037,18	2,34	106046,68	2,51	87361,75	2,33	72714,05	2,34	48208,44	2,41	20996,54
44	108	26,90	384,11	892,18	591,95	1,21	6287,59	1,29	4389,75	1,20	3881,28	1,22	1837,35	1,25	591,95
45	77	17,87	75,92	517,55	186,70	0,89	339,76	0,94	634,82	0,89	985,65	0,88	553,14	0,94	186,70
46	252	91,27	53690,53	5084,16	53690,53	2,76	227812,46	2,73	205264,24	2,63	145912,68	2,62	97766,72	2,75	56554,82
47	196	62,06	29491,99	2665,70	29491,99	2,11	125199,98	2,28	105303,23	2,06	85264,27	2,15	55968,76	2,14	33508,06
48	190	59,32	12420,58	2671,93	14376,64	2,06	88311,06	2,15	68381,26	2,01	59810,85	2,05	39953,32	2,10	15117,04
49	223	74,92	54199,62	4011,55	54199,62	2,38	165145,08	2,48	149429,61	2,33	104053,09	2,34	70756,54	2,41	56329,68
50	211	68,48	41710,88	3463,62	41710,88	2,28	175530,77	2,37	153146,30	2,21	107889,56	2,25	63246,82	2,32	43425,47
Média	-	54,16	16035,37	2453,06	16473,18	1,77	78890,27	1,86	68143,00	1,81	50244,98	1,86	31515,37	1,89	17646,92

Fonte: a autora

Tabela B.5 – Resultados obtidos para as instâncias de Côté *et al.* (2020) considerando 2 veículos com capacidade máxima de 3 pacientes

Instância	Solicitação	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
		TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
1	69	13,43	0,49	348,79	0,49	0,80	0,49	0,79	38,91	0,87	34,94	0,83	0,49	0,85	0,49
2	90	18,56	9,15	688,31	33,29	1,00	208,24	0,99	226,48	1,06	243,93	1,02	70,47	1,05	33,29
3	71	13,84	1,65	412,36	111,17	0,82	49,39	0,81	58,36	0,87	61,94	0,84	95,09	0,86	111,17
4	211	60,55	4016,81	3389,08	4859,18	2,15	140176,80	2,13	110616,24	2,32	76126,10	2,25	34384,65	2,26	4859,18
5	187	52,33	2373,96	2770,16	2722,85	1,92	99626,63	1,92	74370,45	2,08	47850,98	2,01	20874,96	2,10	2722,85
6	74	15,12	0	442,87	0	0,84	24,89	0,85	109,25	0,90	118,60	0,89	19,77	0,89	0
7	203	59,52	7796,09	3139,39	8250,80	2,08	163526,50	2,05	111877,18	2,28	93934,65	2,15	49002,63	2,19	8250,80
8	178	49,05	3045,01	2351,46	3466,39	1,90	85983,38	1,82	68434,43	1,98	45693,36	1,92	22967,92	1,94	3466,39
9	99	21,65	554,92	858,47	637,54	1,09	10782,59	1,10	10078,43	1,18	8396,36	1,12	3448,79	1,14	637,54
10	64	12,88	5,50	328,38	121,53	0,76	9,80	0,75	17,42	0,79	16,17	0,80	147,98	0,79	121,53
11	211	63,80	5681,34	3626,07	6460,18	2,17	140133,20	2,14	96164,59	2,36	64703,31	2,23	26252,23	2,28	6460,18
12	194	56,26	11252,34	2994,52	11252,34	1,99	121743,53	1,97	85490,37	2,17	57231,71	2,05	46594,96	2,10	12552,91
13	209	63,16	11489,85	3394,19	11489,85	2,13	153799,65	2,17	106986,56	2,36	79931,78	2,20	35016,10	2,26	12346,82
14	172	46,18	2968,73	2098,39	2968,73	1,78	64443,35	1,76	40504,89	1,95	29498,93	1,83	11504,34	1,89	3800,52
15	196	56,45	6547,65	2967,67	7232,35	2,03	123182,26	2,01	77997,59	2,15	71040,53	2,11	30714,73	2,14	7310,49
16	90	19,37	8,40	643,30	8,40	1,00	488,63	1,01	109,81	1,04	120,78	1,03	37,70	1,06	20,05
17	69	14,10	0,00	386,55	8,25	0,80	0	0,80	115,72	0,83	37,62	0,82	0	0,85	8,25
18	204	60,03	3776,94	3107,63	4441,70	2,11	153005,13	2,09	110561,61	2,18	78762,96	2,17	36628,23	2,22	4441,70
19	226	72,15	14704,56	4021,73	14704,56	2,39	174237,77	2,29	108128,70	2,50	79944,64	2,40	49592,23	2,41	16737,64
20	201	59,53	4904,06	2974,17	4904,06	2,07	125825,51	2,04	85138,62	2,28	71073,26	2,17	23775,19	2,18	5261,20
21	196	56,90	8650,20	2829,59	8650,20	2,01	116037,23	1,99	84638,95	2,25	61325,80	2,11	35042,29	2,16	9817,31
22	205	60,75	4469,61	3097,99	5117,32	2,11	121693,11	2,08	87036,00	2,25	68764,77	2,21	36331,24	2,21	5117,32
23	101	22,58	66,39	812,63	197,36	1,11	3697,24	1,12	1913,79	1,20	2535,34	1,14	990,95	1,17	628,82
24	94	20,58	47,15	747,81	77,64	1,04	43,35	1,12	271,40	1,15	433,69	1,09	140,29	1,10	77,64
25	240	79,02	7552,46	4647,24	7859,28	2,45	199727,96	2,51	155856,62	2,66	120734,79	2,56	59112,63	2,53	7859,28
26	212	64,30	4895,93	3254,55	5509,70	2,17	122557,22	2,22	87062,51	2,34	64703,15	2,23	26389,07	2,25	5509,70
27	181	50,76	3814,07	2402,07	3914,70	1,87	79479,35	1,92	59620,20	2,03	48995,06	1,93	23152,64	1,92	5235,88
28	208	62,83	5308,24	3488,25	6006,69	2,17	126646,61	2,17	89717,47	2,29	69315,64	2,22	29746,77	2,18	6006,69
29	165	43,98	1054,29	2081,52	1169,27	1,72	52283,60	1,74	39119,37	1,84	33135,26	1,78	6676,80	1,76	1173,42
30	120	27,92	192,14	1144,40	241,07	1,29	10433,41	1,32	4602,74	1,34	6596,83	1,33	1498,32	1,31	241,07
31	70	14,46	9,11	402,74	24,67	0,81	0	0,83	33,03	0,91	0	0,83	9,14	0,84	24,67
32	222	68,11	3753,26	3873,28	4334,15	2,28	163236,18	2,31	115979,61	2,47	95864,13	2,34	43790,55	2,32	4334,15
33	225	69,64	3921,85	4128,54	4228,46	2,34	121096,58	2,35	97276,61	2,49	81463,33	2,41	41494,04	2,40	4228,46
34	197	55,65	2313,47	2951,94	2827,29	2,12	119203,07	2,12	73911,92	2,19	63012,87	2,09	20491,81	2,08	2827,29
35	191	53,44	5926,54	2746,15	5926,54	1,97	127483,42	2,05	82446,56	2,11	63600,43	2,03	21007,46	2,01	7103,50
36	202	57,90	7193,26	3101,55	8408,61	2,11	142977,93	2,07	100360,66	2,22	82478,39	2,14	44754,89	2,17	8408,61
37	119	27,45	393,23	1298,92	967,21	1,29	8503,91	1,28	6032,83	1,37	4865,15	1,31	1688,75	1,33	967,21
38	80	16,42	9,00	551,18	12,29	0,91	13,21	0,91	33,84	0,99	43,37	0,91	41,87	0,92	12,29
39	237	72,11	8159,10	4765,94	9452,86	2,51	231397,11	2,44	158982,44	2,63	109862,80	2,44	42026,98	2,47	9452,86
40	194	53,14	3509,94	2996,86	3809,54	2,08	95955,31	2,06	78939,38	2,15	53405,87	2,01	28072,53	2,03	3809,54
41	229	68,83	11276,36	4288,47	11984,55	2,43	149764,36	2,42	120759,41	2,50	84209,77	2,33	48311,25	2,39	12780,80
42	211	61,22	5942,81	3332,32	7024,13	2,24	142485,22	2,25	101618,31	2,42	77742,27	2,18	40170,66	2,21	7024,13
43	223	66,11	9883,18	4166,25	9883,18	2,36	124498,70	2,36	87361,75	2,47	75995,05	2,29	34271,72	2,31	11371,09
44	108	22,88	468,19	1027,14	515,94	1,21	6382,13	1,21	4389,75	1,29	4105,46	1,19	1746,04	1,19	606,38
45	77	15,26	58,58	523,88	126,12	0,90	443,48	0,94	634,82	0,93	1213,14	0,90	171,61	0,88	126,12
46	252	79,76	21916,88	4908,50	24448,37	2,63	260891,34	2,65	205264,24	2,82	142128,72	2,58	89357,36	2,58	24448,37
47	196	54,66	15870,24	2829,03	15870,24	2,08	144231,01	2,14	105303,23	2,18	84175,85	2,02	44085,40	2,05	17122,63
48	190	51,94	5818,09	2632,62	6709,44	2,13	103519,54	2,04	68381,26	2,12	58347,97	1,97	30813,60	1,99	6743,39
49	223	66,10	10657,10	4211,38	10819,58	2,40	197249,44	2,35	149429,61	2,47	106840,99	2,32	62041,30	2,31	13097,80
50	211	60,11	16100,86	3558,00	16100,86	2,23	203986,85	2,22	153146,30	2,43	108397,71	2,19	58779,86	2,19	17715,54
Média	-	47,06	4967,38	2474,88	5317,82	1,78	94663,31	1,77	68143,00	1,89	51582,32	1,80	25266,73	1,81	5660,30

Fonte: a autora

Tabela B.6 – Resultados obtidos para as instâncias de *Côté et al. (2020)* considerando 2 veículos com capacidade máxima de 4 pacientes

Instância	Solicitação	SA-E		SA-D		G1		G2		G3		G4		G5	
		TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS	TM	VS
1	69	13,23	0,49	348,49	0,49	0,80	0,49	0,81	38,91	0,85	34,94	0,84	0,49	0,82	0,49
2	90	18,25	9,15	685,42	33,29	0,99	208,24	1,00	226,48	1,04	243,93	1,05	70,47	1,02	33,29
3	71	13,75	7,99	412,47	111,17	0,81	49,39	0,82	58,36	0,86	61,94	0,85	95,09	0,84	111,17
4	211	60,77	4469,22	3397,19	4704,23	2,21	140176,80	2,15	110616,24	2,25	76126,10	2,30	32716,81	2,26	4704,23
5	187	52,38	3092,14	2804,83	3650,86	1,92	99626,63	1,93	74370,45	2,02	47850,98	2,09	25331,74	2,00	3650,86
6	74	15,08	0	442,75	0	0,89	24,89	0,85	109,25	0,88	118,60	0,89	19,77	0,92	0
7	203	58,87	9485,56	3159,54	9485,56	2,13	163526,50	2,08	111877,18	2,17	93934,65	2,18	35881,87	2,17	10280,50
8	178	48,99	2145,02	2409,77	2462,93	1,84	85983,38	1,85	68434,43	1,94	45693,36	1,93	18243,92	1,90	2462,93
9	99	21,49	392,89	864,13	439,59	1,10	10782,59	1,10	10078,43	1,16	8396,36	1,15	2841,16	1,11	439,59
10	64	12,78	90,19	330,86	121,53	0,75	9,80	0,76	17,42	0,78	16,17	0,82	147,98	0,80	121,53
11	211	62,37	4943,07	3579,77	5170,59	2,18	140133,20	2,16	96164,59	2,23	64703,31	2,29	32039,55	2,24	5170,59
12	194	54,85	2596,98	3009,72	2806,26	2,03	121743,53	2,00	85490,37	2,10	57231,71	2,12	42696,75	2,10	2806,26
13	209	62,13	4449,81	3250,91	4847,57	2,13	153799,65	2,21	106986,56	2,22	79931,78	2,24	30996,99	2,22	4847,57
14	172	46,01	1742,57	2010,77	1959,92	1,80	64443,35	1,83	40504,89	1,92	29498,93	1,89	15144,82	1,89	1959,92
15	196	56,50	3694,67	2891,04	4143,12	2,06	123182,26	2,01	77997,59	2,14	71040,53	2,17	28132,59	2,12	4143,12
16	90	19,30	2,47	632,03	2,47	1,01	488,63	1,02	109,81	1,04	120,78	1,05	37,70	1,03	20,05
17	69	14,01	27,90	385,51	36,40	0,79	0	0,80	115,72	0,83	37,62	0,83	0	0,81	36,40
18	204	59,29	6730,39	2945,06	7399,62	2,11	153005,13	2,10	110561,61	2,20	78762,96	2,16	28632,02	2,16	8662,65
19	226	70,22	8823,24	3781,74	9461,09	2,43	174237,77	2,32	108128,70	2,53	79944,64	2,34	38840,43	2,39	9461,09
20	201	58,02	2359,40	2903,07	2560,40	2,08	125825,51	2,07	85138,62	2,17	71073,26	2,18	27489,02	2,09	2560,40
21	196	55,61	4255,90	2996,89	4255,90	2,24	116037,23	2,11	84638,95	2,15	61325,80	2,11	31566,21	2,01	4856,64
22	205	59,83	2095,44	3269,68	2314,89	2,13	121693,11	2,19	87036,00	2,23	68764,77	2,19	25860,77	2,12	2314,89
23	101	22,17	410,22	837,49	410,22	1,11	3697,24	1,14	1913,79	1,17	2535,34	1,17	1063,38	1,11	685,62
24	94	20,35	47,15	752,66	77,64	1,05	43,35	1,06	271,40	1,08	433,69	1,09	138,77	1,06	77,64
25	240	75,59	7926,74	4481,37	8613,92	2,48	199727,96	2,51	155856,62	2,59	120734,79	2,63	50418,04	2,51	8613,92
26	212	63,25	4024,51	3271,47	4505,75	2,21	122557,22	2,24	87062,51	2,32	64703,15	2,25	20845,40	2,24	4505,75
27	181	49,73	3060,77	2411,02	3418,74	1,92	79479,35	1,95	59620,20	1,96	48995,06	1,96	18644,88	1,89	3418,74
28	208	61,38	5843,25	3413,94	6580,48	2,15	126646,61	2,20	89717,47	2,22	69315,64	2,23	31689,10	2,15	6580,48
29	165	42,98	888,93	1985,63	1086,93	1,78	52283,60	1,80	39119,37	1,85	33135,26	1,79	8134,29	1,75	1378,29
30	120	27,69	357,82	1174,75	778,68	1,32	10433,41	1,32	4602,74	1,38	6596,83	1,36	1769,04	1,30	778,68
31	70	14,34	7,17	402,74	21,58	0,83	0	0,83	33,03	0,85	0	0,84	9,14	0,80	21,58
32	222	67,27	5069,78	3848,38	5612,38	2,36	163236,18	2,31	115979,61	2,40	95864,13	2,35	24798,69	2,26	5909,78
33	225	67,68	2919,22	3687,65	3130,04	2,33	121096,58	2,35	97276,61	2,36	81463,33	2,38	35722,99	2,35	3130,04
34	197	55,00	1424,77	2640,01	1536,47	2,07	119203,07	2,07	73911,92	2,05	63012,87	2,10	15766,12	2,05	1536,47
35	191	53,17	6917,25	2641,33	6917,25	2,07	127483,42	2,02	82446,56	2,11	63600,43	2,04	17155,30	2,03	7702,88
36	202	59,02	12322,97	3127,11	12322,97	2,22	142977,93	2,18	100360,66	2,17	82478,39	2,12	24592,59	2,07	13681,18
37	119	26,53	293,19	1312,46	326,52	1,32	8503,91	1,33	6032,83	1,40	4865,15	1,30	1524,84	1,28	326,52
38	80	16,11	9,00	545,42	12,29	0,95	13,21	0,93	33,84	0,94	43,37	0,92	41,87	0,99	12,29
39	237	72,10	8374,75	4620,01	8374,75	2,52	231397,11	2,51	158982,44	2,54	109862,80	2,45	42615,47	2,43	9225,60
40	194	53,39	4323,58	2905,66	4652,75	2,07	95955,31	2,13	78939,38	2,08	53405,87	2,05	33771,67	2,04	4652,75
41	229	68,99	8826,18	4421,52	8826,18	2,44	149764,36	2,41	120759,41	2,45	84209,77	2,37	26788,74	2,35	9645,18
42	211	61,18	12388,35	3221,07	12388,35	2,27	142485,22	2,20	101618,31	2,23	77742,27	2,19	42721,92	2,24	13205,30
43	223	64,83	3454,04	4135,12	3454,04	2,38	124498,70	2,37	87361,75	2,44	75995,05	2,34	23193,07	2,29	3782,07
44	108	23,10	361,88	1048,23	547,76	1,21	6382,13	1,21	4389,75	1,21	4105,46	1,20	1161,92	1,18	547,76
45	77	15,30	102,43	515,43	170,61	0,92	443,48	0,91	634,82	0,90	1213,14	0,89	357,04	0,92	170,61
46	252	79,87	9462,39	5242,18	10282,19	2,70	260891,34	2,62	205264,24	2,71	142128,72	2,73	95003,76	2,65	10282,19
47	196	55,15	8037,69	2721,09	8037,69	2,13	144231,01	2,07	105303,23	2,12	84175,85	2,06	43420,41	2,08	8388,28
48	190	51,73	5267,31	2774,26	5326,53	2,02	103519,54	2,02	68381,26	2,07	58347,97	2,00	20806,24	2,01	5870,79
49	223	65,28	8732,28	3949,62	9260,72	2,39	197272,44	2,33	149429,61	2,35	106840,99	2,33	43380,50	2,27	9260,72
50	211	60,33	13079,94	3413,34	13641,31	2,33	203986,85	2,22	153146,30	2,29	108397,71	2,21	60469,62	2,22	14324,20
Média	-	46,54	3906,96	2440,25	4125,65	1,80	94663,77	1,79	68143,00	1,84	51582,32	1,82	22055,82	1,79	4327,19

Fonte: a autora