

# **Estudo sobre os Procedimentos Ótimos de Visitas Domiciliárias em Unidades de Saúde**

**Filipe Marcelo Ferreira Alves**

Relatório Final do Trabalho de Projeto apresentado à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**  
**Instituto Politécnico de Bragança**

para obtenção do grau de Mestre em  
**Tecnologia Biomédica**

outubro de 2016



# **Estudo sobre os Procedimentos Ótimos de Visitas Domiciliárias em Unidades de Saúde**

**Filipe Marcelo Ferreira Alves**

Relatório Final do Trabalho de Projeto apresentado à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
Instituto Politécnico de Bragança**

para obtenção do grau de Mestre em  
**Tecnologia Biomédica**

Este trabalho foi efetuado sob orientação de:

**Prof. Dr<sup>a</sup>. Ana Isabel Pereira**  
**Prof. Dr<sup>a</sup>. Florbela Fernandes**  
**Prof. Dr<sup>a</sup>. Adília Fernandes**

“Este Projeto inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri”.

outubro de 2016



*"Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,  
mas lutei para que o melhor fosse feito.  
Não sou o que deveria ser,"  
mas graças a Deus, não sou o que era antes".*  
Autor: Marthin Luther King



# Agradecimentos

Às orientadoras e companheiras, as professoras Ana Isabel Pereira e Florbela Fernandes, por todo o apoio durante este ano, pelas horas de trabalho investidas neste projeto, pelos ensinamentos, pelo conhecimento, pela liberdade de trabalho, pelas experiências que me proporcionaram e por me mostrarem que até a bater em pedra se supera os momentos difíceis e se alcança grandes feitos. Por estas exemplares orientações, agradeço por me terem permitido crescer pessoalmente e profissionalmente.

À Professora Adília Fernandes, pela simpatia, disponibilidade e toda a ajuda prestada nos contextos da saúde. Um especial agradecimento pelo apoio e tempo que dispensou na obtenção de informações e dados reais para o meu projeto.

À Enfermeira Anabela da Unidade de Saúde de Santa Maria, pela simpatia e por me receber e conceder informações reais que possibilitaram a conclusão deste projeto.

Aos meus pais, os meus heróis e os meus maiores modelos, por todo o sacrifício que fizeram e fazem para que eu percorra os meus objetivos. Pela amizade, pela compreensão, pelas palavras certas, pela confiança e incentivo nos piores momentos. Não só agora, mas para sempre, o meu muito Obrigado.

À minha irmã, por todo o orgulho que representa para mim.

Aos meus amigos, por perceberem as minhas renúncias aos compromissos, pela amizade, pela força, pelo incentivo a não desistir e por acreditarem em mim desde o início.

À Joana, por sempre acreditar nas minhas capacidades e por todo o amor e dedicação. Por ti tudo.

Ao IPB, nomeadamente à ESTiG, por me deixar utilizar as instalações e por todas as condições

que me proporcionou durante todo o meu percurso acadêmico.

A todos eles, inclusive a minha família e em especial para a minha avó, dedico todo o meu trabalho.

# Resumo

Em Portugal, a população está a envelhecer. Como tal, os serviços de prestação de cuidados de saúde ao domicílio estão a tornar-se numa importante área de investigação.

Os cuidados domiciliários têm vindo a constituir uma resposta organizada às necessidades de tratar, cuidar e apoiar as pessoas com dependência, inseridas no seu meio, procurando promover nelas a melhor qualidade de vida possível. Este serviço de saúde pode ser prestado por equipas de enfermeiros dos Centros de Saúde. Usualmente, as visitas são planeadas de forma manual e sem apoio computacional.

Neste trabalho pretende-se realizar o planeamento automático das visitas domiciliárias, de uma Unidade de Saúde de Bragança, com o objetivo de minimizar o tempo total despendido pelos enfermeiros e, conseqüentemente, reduzir os custos envolvidos. Para tal foram desenvolvidas e testadas várias modelações matemáticas e as mesmas foram aplicadas ao Algoritmo Genético, um método de programação global.

A metodologia desenvolvida foi codificada em *MatLab* e permitiu resolver o problema de forma eficiente, obtendo diversas soluções de planeamento das visitas domiciliárias para os diversos dados apresentados. Em todos os horários das visitas domiciliárias a realizar pelos enfermeiros, apresentados pelo algoritmo genético, verificou-se uma redução significativa no tempo despendido dos enfermeiros, bem como, no tempo de espera dos pacientes.

**Palavras chave:** Algoritmo Genético. Cuidados Domiciliários. Otimização.



# Abstract

In Portugal the population is ageing. So, the provision of the home health care services is becoming an important research area.

Home visits have come organized to the need of treatment, care and support dependence people, inserted in their city, trying to promote them the best possible life quality. This health service can be provided by nurses teams of the Health Centers. Usually, the visits are manually planned and without computer support.

The main of this work is to carry out the automatic planning of home visits, of one Bragança Health Unit, in order to minimize the nurses spent time and, consequently, reduce the costs involved. For this were developed and tested various mathematical modeling and the same applied to the Genetic Algorithm, a global programming method.

The developed methodology was codified in *MatLab* and allowed to solve the problem efficiently, obtaining several planning solutions of home visits for the presented data. All solutions presented by genetic algorithm have a significant reduction in nurse time spent, as well as the patients waiting time.

**Keywords:** Genetic Algorithm. Home Health Care. Optimization.



# Publicações

## **Publicação 1**

Alves, F., Fernandes, F. P., Pereira, A. I., Fernandes, A., “Optimal Procedures for Home Visits — a Case Study”, Numerical Optimization and Applications: *14th* International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics 2016.

## **Publicação 2**

Alves, F., Fernandes, F. P., Pereira, A. I., Fernandes, A., “Procedimentos ótimos para visitas domiciliárias – um caso de estudo”, 4º Encontro de Jovens Investigadores do IPB 2016. Bragança.



# Conteúdo

<b>Índice de Tabelas</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xv</b>
<b>Lista de Abreviaturas</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Motivações e Objetivos . . . . .	4
1.2 Estrutura do Relatório . . . . .	5
<b>2 Contextualização da Prestação de Cuidados de Saúde Domiciliários</b>	<b>7</b>
2.1 Cuidados Domiciliários . . . . .	8
2.2 Rede Nacional de Cuidados Continuados Integrados . . . . .	9
<b>3 Logística, Otimização e a Problemática do Planeamento de Rotas</b>	<b>11</b>
3.1 Logística na Saúde . . . . .	11
3.2 Otimização . . . . .	14
3.2.1 Método de Otimização . . . . .	15
3.3 Problemática do Planeamento de Rotas . . . . .	16
3.3.1 O Problema Inicial . . . . .	17
3.3.2 Problema de Rotas Ótimas . . . . .	17
<b>4 Metodologias de Resolução</b>	<b>21</b>
4.1 Abordagens Exatas . . . . .	21
4.2 Heurísticas Clássicas . . . . .	22
4.3 Meta-Heurísticas . . . . .	24

4.4	Algoritmo Genético . . . . .	25
<b>5</b>	<b>Desenvolvimento do Modelo</b>	<b>29</b>
5.1	Definição do Problema . . . . .	31
5.2	Formulação Matemática do Problema . . . . .	32
5.3	Definição dos Casos de Estudo . . . . .	34
5.3.1	Caso de Estudo 1 . . . . .	34
5.3.2	Caso de Estudo 2 . . . . .	36
5.3.3	Caso de Estudo 3 . . . . .	38
5.4	Validação do Modelo . . . . .	40
5.4.1	Modelação Matemática 1 . . . . .	41
5.4.2	Modelação Matemática 2 . . . . .	43
5.4.3	Modelação Matemática 3 . . . . .	45
<b>6</b>	<b>Aplicação Real</b>	<b>61</b>
6.1	Recolha de Dados e sua Caracterização . . . . .	62
6.1.1	Tipos de Serviços Prestados ao Domicílio e o seu Tempo Médio de Duração	62
6.1.2	Número e Caracterização dos Enfermeiros . . . . .	63
6.2	Resultados Obtidos na Aplicação Real . . . . .	68
6.3	Discussão dos Resultados na Aplicação Real . . . . .	82
<b>7</b>	<b>Conclusão e Trabalho Futuro</b>	<b>85</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>89</b>
	<b>Anexos</b>	<b>89</b>

## Lista de Tabelas

5.1	Tempo médio dos tratamentos que cada enfermeiro realiza no caso 1 (minutos) . . .	34
5.2	Tratamentos necessários para cada paciente no caso 1 . . . . .	35
5.3	Localidades dos Pacientes para visitas domiciliárias no caso 1. . . . .	35
5.4	Informação relativa aos tempos de viagem entre as diferentes localidades no caso 1 (minutos) . . . . .	36
5.5	Tempo médio dos Tratamentos que cada Enfermeiro realiza no caso 2 (minutos) . .	36
5.6	Tratamentos necessários para cada paciente no caso 2 . . . . .	37
5.7	Localidades dos Pacientes para visitas domiciliárias no caso 2 . . . . .	37
5.8	Informação relativa aos tempos de viagem entre as diferentes localidades no caso 2 (minutos). . . . .	38
5.9	Tempo médio dos Tratamentos que cada Enfermeiro realiza no caso 3 (minutos). . .	38
5.10	Tratamentos necessários para cada paciente no caso 3. . . . .	39
5.11	Localidades dos Pacientes para visitas domiciliárias no caso 3. . . . .	39
5.12	Informação relativa aos tempos de viagem entre as diferentes localidades no caso 3 (minutos). . . . .	40
5.13	Taxas de sucesso das implementações dos AGs na modelação matemática 1, para o caso de estudo 1 . . . . .	42
5.14	Taxas de sucesso das implementações dos AGs na modelação matemática 2, para o caso de estudo 1 . . . . .	44
5.15	Taxas de sucesso das implementações dos AGs na modelação matemática 2, para o caso de estudo 2 . . . . .	44

5.16	Caso de Estudo 1: tempo total despendido nas visitas domiciliárias pelos enfermeiros (minutos). . . . .	51
5.17	Tempo médio necessário para obter a solução no Caso de Estudo 1 (segundos). . .	51
5.18	Taxas de sucesso das implementações dos AGs no Caso de Estudo 1. . . . .	52
5.19	Tempo despendido nas visitas domiciliárias pelos enfermeiros (minutos), relativamente ao Caso de Estudo 2. . . . .	55
5.20	Taxas de sucesso das implementações dos AGs no caso de estudo 2. . . . .	55
5.21	Tempo total despendido nas visitas domiciliárias pelos enfermeiros (minutos), no Caso de Estudo 3. . . . .	59
5.22	Taxas de sucesso das implementações dos AGs no Caso de Estudo 3. . . . .	60
6.1	Serviços prestados segundo os tipos de visitas domiciliárias e a sua duração (minutos). . . . .	63
6.2	Tempo médio dos tratamentos que cada enfermeiro realiza no dia de trabalho (minutos) . . . . .	64
6.3	Tratamentos necessários para cada paciente no dia de trabalho. . . . .	64
6.4	Localidades dos pacientes para visitas domiciliárias no dia de trabalho. . . . .	65
6.5	Designação abreviada das localidades. . . . .	67
6.6	Informação relativa aos tempos de viagem entre as diferentes localidades no dia de trabalho (em minutos). . . . .	67
6.7	Planeamento da Unidade de Saúde para o dia 18 de abril de 2016 . . . . .	70
6.8	Tempo total despendido por cada enfermeiro no dia 18 de abril de 2016 (minutos) .	71
6.9	Revisão do planeamento obtido para o dia 18 de abril de 2016 . . . . .	74
6.10	Revisão do segundo planeamento obtido para o dia 18 de abril . . . . .	77
6.11	Revisão do terceiro planeamento obtido para o dia 18 de abril . . . . .	80
6.12	Tempo total despendido por cada enfermeiro nos planeamentos obtidos (AG2). . .	82
6.13	Tempos das execuções das soluções . . . . .	83
7.1	Revisão do planeamento obtido para o dia 18 de abril . . . . .	xi
7.2	Revisão do planeamento obtido para o dia 18 de abril . . . . .	xiv

# Lista de Figuras

1.1	Índice de envelhecimento, índice de dependência de idosos e índice de renovação da população em idade ativa, Portugal, 1970-2014 (Fonte: INE (2015)) . . . . .	2
3.1	Dimensões da gestão logística aplicada à Saúde, figura adaptada de Carvalho and Ramos (2009) . . . . .	13
3.2	Representação gráfica de um VRP (adaptado de Loureiro (2010)) . . . . .	18
4.1	Representação esquemática do conceito de <i>saving</i> (adaptado de Lysgaard (1997)) .	23
4.2	Fluxograma representativo de um AG (adaptado de Catarina (2005)) . . . . .	26
5.1	Diagramas de rotas simplificados. . . . .	30
5.2	Abordagem à definição de um modelo de otimização (adaptado de Hillier and Lieberman (2006)). . . . .	31
5.3	Planeamento manual da rota para cada enfermeiro relativa ao Caso de Estudo 1. . .	47
5.4	Planeamento da rota obtida para o caso de estudo 1 com a implementação do AG1.	48
5.5	Planeamento da rota obtida para o caso de estudo 1 com a implementação do AG2.	49
5.6	Representação das rotas obtidas no mapeamento da região . . . . .	50
5.7	Planeamento da rota obtida para o Caso de Estudo 2 usando o AG1. . . . .	53
5.8	Planeamento da rota obtida para o Caso de Estudo 2 usando o AG2. . . . .	54
5.9	Planeamento da rota obtida para o caso de estudo 3 com a implementação do AG1.	56
5.10	Planeamento da rota obtida para o caso de estudo 3 com a implementação do AG2.	58
6.1	Abordagem final à definição de um modelo de otimização . . . . .	61

6.2	Planeamento dos horários dos enfermeiros por parte da Unidade de Saúde (dia 18 de abril de 2016)	69
6.3	Escalonamento/Horário obtido computacionamente para o dia 18 de abril de 2016.	73
6.4	Segundo Escalonamento/Horário obtido computacionamente para o dia 18.	76
6.5	Terceiro Escalonamento/Horário obtido computacionamente para o dia 18.	79
7.1	Resumo do projeto.	iv
7.2	Pedido de autorização.	v
7.3	Parecer da comissão de ética.	vi
7.4	Localidades passíveis de visitas domiciliárias.	viii
7.5	Escalonamento/Horário obtido computacionamente para o dia 18.	x
7.6	Exemplo de outro Escalonamento/Horário obtido computacionamente para o dia 18.	xiii

# Lista de Abreviaturas

VRP	<i>Vehicle Routing Problem</i>
TSP	Problema do Caixeiro Viajante ou <i>Traveling Salesman Problem</i>
RNCCI	Rede Nacional de Cuidados Continuados Integrados
AG	Algoritmos Genéticos ou Genetic Algorithms
INE	Instituto Nacional de Estatística



# Capítulo 1

## Introdução

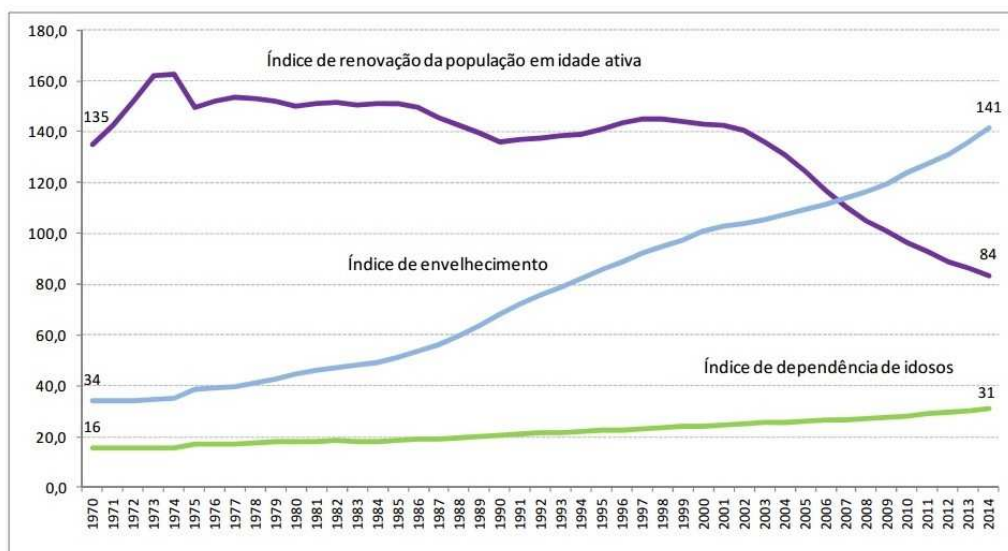
A Organização Mundial de Saúde anunciou que a taxa de dependência de cuidados em idosos na Europa irá aumentar significativamente nas próximas décadas. Por exemplo, na Alemanha, o número de pessoas dependentes de cuidados já atingiu 1,6 milhões em 2012 e deve crescer ainda mais, de acordo com Mankowska et al. (2013).

O aumento da esperança de vida e o acesso a cuidados de saúde atempados e adequados constituem uma evidência do desenvolvimento socioeconómico da sociedade atual. Este desenvolvimento acarretou uma circunstância peculiar, nomeadamente o envelhecimento da população e a prevalência de doenças crónico-degenerativas geradoras de situações de dependência, a médio e a longo prazo. A consequente alteração das curvas epidemiológicas e demográficas, juntamente com o ímpeto economicista — nomeadamente, a precocidade das altas hospitalares — determina o incremento da importância dos cuidados de saúde prestados no domicílio.

Em Portugal a população também está a envelhecer. Segundo os dados do INE (2015), em resultado da queda da natalidade e do aumento da longevidade, nos últimos anos, verificou-se o decréscimo da população jovem (0 a 14 anos de idade) e da população em idade ativa (15 a 64 anos de idade), em simultâneo com o aumento da população idosa (mais de 65 anos de idade). Entre 1970 e 2014, a proporção da população jovem diminuiu 14%, passando de 28,5% do total da população em 1970 para 14,4% em 2014. Por sua vez, o peso relativo da população idosa aumentou 11%, passando de 9,7% em 1970 para 20,3% em 2014.

Os dados revelam, ainda, que o número de idosos ultrapassou o número de jovens pela primeira vez, em Portugal, em 2000. Em 2014, o índice de envelhecimento (que traduz a relação entre o número de idosos e o número de jovens) atingiu os 141 idosos por cada 100 jovens, segundo INE (2015).

Também o índice de dependência de idosos, que relaciona o número de idosos e o número de pessoas em idade ativa, aumentou continuamente entre 1970 e 2014, passando de 16 idosos por cada 100 pessoas em idade ativa em 1970, para 31 em 2014. A comparação destes índices encontra-se ilustrada na Figura 1.1.



**Figura 1.1:** Índice de envelhecimento, índice de dependência de idosos e índice de renovação da população em idade ativa, Portugal, 1970-2014 (Fonte: INE (2015))

Atendendo aos dados fornecidos pelo INE, Portugal é o 4º país da União Europeia (28 países) com maior proporção de idosos. Este envelhecimento e o aumento das doenças crónicas conduziram ao aumento das situações de dependência funcional da população idosa (INE (2015)). Neste contexto é indispensável encontrar respostas adequadas e atempadas às necessidades de cuidados

---

das pessoas, que apresentam: incapacidade, dificuldade de acesso, dependência, recurso ao internamento, aumento das despesas com a saúde, aumento da pobreza. Torna-se premente a implementação de políticas de saúde, nomeadamente cuidados de proximidade, que vão ao encontro das pessoas portadoras de problemas de evolução prolongada e potencialmente incapacitantes. Um sistema nacional de saúde<sup>1</sup> deve corresponder às necessidades mencionadas.

Neste sentido, o progresso científico e o avanço tecnológico têm contribuído de forma decisiva para o desenvolvimento da área da saúde e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade de vida das populações. É neste âmbito que surge a Rede Nacional de Cuidados Continuados Integrados (RNCCI) e que constitui a operacionalização de aspirações pré-existentes, mais conformes com a visão de saúde e com o direito universal que lhe é subjacente.

A proposta da Rede implica uma mudança de paradigma, originando a criação de um modelo que atenda às particularidades dos cuidados continuados em que se assumem diferentes tipologias de cuidados, como as equipas domiciliárias. Assim, a prestação de cuidados de saúde na própria casa e próximos do doente está a tornar-se uma área importante e em crescimento na Europa, devido ao envelhecimento da população e ao fato de que é economicamente vantajoso ter as pessoas nas suas próprias casas, em vez de permanecerem numa cama de hospital (Nickel et al. (2011)).

Os cuidados domiciliários prestados por entidades públicas ou privadas têm sido alvo de pesquisas recentes, principalmente na área de investigação operacional, com especial atenção na otimização de rotas e sobre a composição das equipas de profissionais que prestam este tipo de serviços, de acordo com Nickel et al. (2011); Benzarti et al. (2012); Bertels and Fahle (2006); Rasmussen et al. (2012).

Na prestação de cuidados domiciliários, são os Centros de Saúde que desempenham um papel muito importante, uma vez que estão mais próximos da população do que propriamente os hospitais, que estão mais focados em atender pacientes que os “visitam” ou que necessitam de internamento.

---

<sup>1</sup>“Considera-se Sistema Nacional de Saúde o conjunto dos elementos que constituem os serviços de cuidados de saúde e os sectores relacionados com a interação dinâmica numa comunidade definida, ativamente integrada, e de cuja relação se espera obter um nível de saúde crescente”(Ferreira (1990)).

Para desempenhar esse papel, os Centros de Saúde têm de planejar quais os profissionais nas equipas de saúde (médicos e/ ou enfermeiros) e as rotas dessas equipas para visitar os pacientes nas suas próprias casas.

Torna-se então imprescindível, para as Unidades de Saúde que desempenham serviços de cuidados ao domicílio, otimizar os planeamentos relacionados. Parâmetros como, o trabalho em horas extras e o comprimento das rotas estabelecidas para visitarem os pacientes, revelam-se essenciais na perspetiva de um melhor planeamento e conseqüentemente uma melhoria do serviço. Assim proporciona-se um melhor atendimento aos pacientes, por exemplo, visitá-los no horário que lhes é mais favorável, como também uma otimização dos recursos da Unidade de Saúde (Nickel et al. (2011)).

O problema de planeamento de rotas para veículos (*Vehicle Routing Problem, VRP*) é um problema de otimização combinatória bem conhecido. O seu objetivo mais comum é encontrar o caminho ou o caminho mais curto para, por exemplo, a entrega ou recolha de mercadorias (Braysy et al. (2009)), sendo que o mesmo pode aplicar-se na prestação de cuidados domiciliários a pacientes. No caso particular das equipas de profissionais de saúde, elas não entregam mercadorias, mas realizam procedimentos médicos para pacientes doentes, como a administração de medicamentos e vários tipos de tratamentos.

## 1.1 Motivações e Objetivos

O mundo está cada vez mais complexo. Decisões que anteriormente tinham periodicidades alargadas têm agora que ser tomadas diariamente devido à constante mudança da economia global. As decisões tanto de empresas e principalmente de Unidades de Saúde tendem a ser maleáveis para que esta possa acompanhar a realidade. Dentro desta realidade volátil, as Unidades de Saúde são confrontadas com sucessivas reestruturações em tempo real, a nível de exigências de cuidados, como os cuidados/visitas ao domicílio. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de meios práticos

e eficientes de resposta face a estas constantes alterações. É então de vital importância o desenvolvimento de estudos científicos que fundamentem as decisões por parte dos profissionais de saúde. Neste contexto, o estudo desenvolvido neste trabalho está direcionado para auxiliar a tomada de decisões por parte das equipas de saúde, mantendo ou melhorando a prestação de cuidados aos pacientes, segundo uma modelação matemática que otimiza as rotas das visitas.

Com o objetivo de otimizar as rotas e horários dos enfermeiros, foi proposto pela Unidade de Saúde de Santa Maria (Bragança, Portugal) o desenvolvimento de um sistema capaz de responder adequadamente a este desafio. Nesta Unidade de Saúde, as equipas que prestam os cuidados e realizam as visitas são os mesmos que planeiam as rotas usando o seu conhecimento sobre a área geográfica em que operam, definindo assim, a rota que eles consideram ser a melhor, o que nem sempre é verdade. A probabilidade de a rota obtida não ser a melhor opção, aumenta quando se é forçado a corresponder a certas restrições, como, por exemplo, restrições temporais, distância das viagens e até custos envolvidos no planeamento das rotas.

Atualmente a definição destas rotas, nesta Unidade de Saúde, é feita apenas com base na experiência e sem apoio de qualquer modelo matemático. Consequentemente, pretende-se desenvolver um sistema, robusto e flexível para a resolução dos problemas de planeamento de rotas. No problema em causa, o objetivo primordial prende-se com a redução do tempo total necessário para os enfermeiros visitarem todos os pacientes, permitindo manter ou melhorar o serviço de prestação de cuidados domiciliários.

## **1.2 Estrutura do Relatório**

O presente relatório encontra-se estruturado em sete capítulos.

No segundo capítulo é realizada uma contextualização sobre a prestação de cuidados de saúde ao domicílio, com especial atenção à Unidade de Saúde em causa. Esta unidade, bem como muitas outras em Portugal, estão inseridas na RNCCI, como tal será descrito a sua origem, funcionamento e apoio fornecido a doentes, principalmente na prestação de cuidados domiciliários.

No terceiro capítulo, é apresentada uma breve e sucinta revisão da literatura sobre a logística na saúde, otimização e a problemática do planeamento de rotas, áreas em que se insere o presente trabalho.

No quarto capítulo são descritas algumas metodologias existentes para a resolução da problemática em estudo, realçando o método utilizado neste trabalho, o Algoritmo Genético.

No quinto capítulo é definido o modelo e as diferentes abordagens matemáticas utilizadas, para aplicação e resolução de diferentes casos de estudo na tentativa de avaliar e validar a metodologia desenvolvida.

No sexto capítulo é apresentado um problema real. Pretende-se obter o escalonamento ótimo dos enfermeiros da Unidade de Saúde de Santa Maria. A solução obtida é comparada com o planeamento utilizado atualmente.

Por fim, no sétimo capítulo, são apresentadas as principais conclusões e perspetivas para possíveis aplicações futuras.

## Capítulo 2

# Contextualização da Prestação de Cuidados de Saúde Domiciliários

Os Serviços de saúde prestados ao domicílio apresentam cada vez mais um papel importante para a população europeia, mas para que estes sejam efetivos é necessária a compreensão das especificidades do atendimento domiciliar, ou seja, toda a sua gestão de operações. Cada vez mais estes sistemas de apoio na saúde são confrontados com uma crescente exigência nos cuidados e expectativas na prestação de serviços, mas que ainda se encontram sem solução devido a diversas restrições de orçamentos e de recursos disponíveis.

Devido ao envelhecimento da população e expectativa de uma vida prolongada, o número de beneficiários dos sistemas de saúde tendem a aumentar significativamente de ano para ano; isto significa que estamos a caminhar para uma população que necessita deste tipo de serviços e que, devido ao pouco financiamento disponível, representa uma dificuldade acrescida para instituições de saúde convencionais, tais como hospitais ou centros de saúde na certificação de um bom cuidado de saúde domiciliário, fulcral para esta faixa etária (Sahin and Matta (2014)).

A maioria das pessoas prefere ser cuidada no conforto do seu lar; a evidência internacional indica que as pessoas com 75 ou mais anos preferiam ter a possibilidade de terminar os seus dias de vida em casa. Deste modo abrem-se portas à implementação de medidas de saúde ao domicílio, segundo Gomes et al. (2013).

Cada vez mais o número de procura de cuidados de saúde hospitalares tende a aumentar, mas com as possíveis pressões dos governos europeus em reduzir os custos do serviço público, fica comprometida a eficácia de atendimento, pode levar ao encerramento de algumas instituições, a uma diminuição do número de camas disponíveis, adiamentos constantes de intervenções dispendiosas ou transferência de pacientes para outras instituições como alternativa aos hospitais clássicos. Estes factos exigem ainda mais eficácia e implementação de cuidados de saúde ao domicílio, de acordo com Sahin and Matta (2014).

## 2.1 Cuidados Domiciliários

Cuidados domiciliários são definidos como a prestação de serviços e equipamentos relacionados com a saúde dos pacientes, nas suas próprias casas, com a finalidade de restaurar e manter os seus níveis funcionais, o conforto e principalmente a saúde, segundo Salinas and Madison (2016). Implica uma abordagem interdisciplinar de serviços de suporte terapêuticos, diagnósticos e sociais. Geralmente, as metas de atendimento determinam o plano de cuidados e o nível de serviços necessários.

Esta alternativa, já existente em muitos países, foi concebida para diminuir/evitar internamentos hospitalares desnecessários e está a ser desenvolvida/melhorada nos últimos anos pelos prestadores de cuidados domiciliários. Num sentido amplo, os serviços de prestação de cuidados domiciliários consistem em fornecer cuidados médicos e paramédicos coordenados por um período limitado que pode ser prolongado dependendo das necessidades do paciente (Sahin and Matta (2014)).

Estas opções acabam por ser a resolução de alguns problemas de saúde, cuja complexidade não requer internamento, mas dada a situação de dependência global, transitória ou crónica, impede os pacientes de visitarem o Hospital ou Centro de Saúde, segundo dados do Ministério da Saúde (2007).

Os serviços de saúde ao domicílio incluem cuidados domiciliários médicos, cuidados de enfermagem, fisioterapia, terapia ocupacional, psicologia, serviço social ou, ainda, cuidados paliativos

que permitem que os doentes terminais recebam apoio durante os estágios finais das suas vidas e no conforto da sua casa.

Em Portugal, os cuidados domiciliários de saúde ficam a cargo da RNCCI que veio dar respostas às necessidades decorrentes do envelhecimento da população.

## **2.2 Rede Nacional de Cuidados Continuados Integrados**

A RNCCI foi criada em 2006 pelo Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social e pelo Ministério da Saúde e é constituída por um conjunto de instituições, públicas ou privadas que têm como objetivo providenciar cuidados de saúde e de apoio social de forma continuada e integrada a pessoas de qualquer faixa etária em situação de dependência, tanto na sua casa como em instalações próprias, de acordo com o Instituto da Segurança Social (2014).

Este programa consiste numa articulação intersectorial que, embora se disponha de uma coordenação nacional, caracteriza-se pela descentralização ao nível das regiões de saúde e pela cobertura nacional, Diário da República (2006).

As entidades públicas são sobretudo hospitais, Centros de Saúde, enquanto as privadas são instituições particulares de solidariedade social, Misericórdias, entre outras, que prestam cuidados continuados ao abrigo de acordos celebrados com o Estado.

Os cuidados de saúde e apoio social são asseguradas por equipas de Cuidados Continuados Integrados emergentes das Unidades de Cuidados na Comunidade, que direccionam a sua intervenção de uma forma multidisciplinar entre as diversas áreas da saúde inseridas neste programa, áreas como medicina, enfermagem, fisioterapia, terapia ocupacional, psicologia e serviço social, que em conjunto revelam ser um valor essencial na referenciação de utentes para a RNCCI de forma a assegurar a continuidade dos cuidados continuados, e assim promover o objetivo principal desta iniciativa, o de ajudar a pessoa a recuperar ou manter a sua autonomia e maximizar a sua qualidade de vida (Diário da República (2006)).

Este programa além de equipas domiciliaries engloba ainda unidades de internamento, no caso

de um paciente submetido a procedimentos domiciliários e que por agravamento de algum problema de saúde já não consigam suportar o problema em questão, existem unidades e equipas hospitalares preparadas para o paciente poder ser reencaminhado para um regime de internamento hospitalar, segundo o Instituto da Segurança Social (2014).

Uma das instituições que faz parte deste programa é o Centro de Saúde de Bragança — Unidade de Saúde de Santa Maria pertencente à Unidade Local de Saúde do Nordeste tendo por tarefa, entre outras, providenciar aos habitantes do Concelho de Bragança cuidados básicos de saúde (por exemplo, monitorizações do paciente, tratamentos de úlceras, pensos e até apoio sobre o luto) ao domicílio. Bragança é nos dias de hoje uma região bastante envelhecida, principalmente em aldeias e vilas, não só devido ao acelerado envelhecimento da população, como à queda da taxa de natalidade. Estes factos levam a um aumento do número de pacientes mais idosos que recorrem a este tipo de serviço. Consequentemente o número de profissionais e meios necessários para conseguirem corresponder às expectativas do programa RNCCI também aumenta. Neste sentido, na tentativa de minorar os custos envolvidos, é necessário utilizar estratégias que diminuam os custos sem, no entanto, piorar a qualidade dos serviços prestados. Destaca-se, das possíveis estratégias a usar, o escalonamento ótimo dos profissionais de saúde envolvidos nas visitas domiciliárias. Este tema será detalhado no Capítulo 5.

## **Capítulo 3**

# **Logística, Otimização e a Problemática do Planeamento de Rotas**

O presente trabalho foca sobre a área da Logística de Operações, inserida no campo da Saúde e com aplicações no planeamento dos horários/rotas ótimas por parte dos profissionais de saúde nas visitas domiciliárias.

Dentro desta área, a utilização de métodos de Otimização serão a base deste estudo, nomeadamente o VRP será explorado. Assim esta revisão bibliográfica caracteriza a área da Logística na Saúde, incidindo posteriormente na otimização e no estudo dos problemas de VRP.

### **3.1 Logística na Saúde**

A logística já é definida como um planeamento de suporte para a gestão de material, serviços, informação e fluxos de capital, que inclui progressivamente informação mais complexa, comunicação e sistemas de controlo requeridos pelo ambiente de negócios de hoje em dia, de acordo com Wassenhove (2006).

No sector da saúde, reconhece-se que existem vários exemplos reais de desperdícios, associados aos fluxos de materiais e serviços, que poderiam ser reduzidos ou eliminados, sem por em causa a qualidade dos serviços de saúde prestados aos pacientes.

A situação atual das unidades de saúde é caracterizada pelo aumento crescente dos custos com a

prestação dos respetivos cuidados, pela conseqüente degradação da sua situação financeira, e pelos processos muito complicados e demorados, os quais, aliados à crescente procura, podem traduzir-se na prestação de um serviço deficiente ao utente. A gestão logística e a gestão da cadeia de abastecimento são reconhecidas como duas das principais áreas de melhoria, para gerir os recursos de forma mais eficiente, face à procura de cuidados de saúde por parte das respetivas unidades (Carvalho and Ramos (2009)).

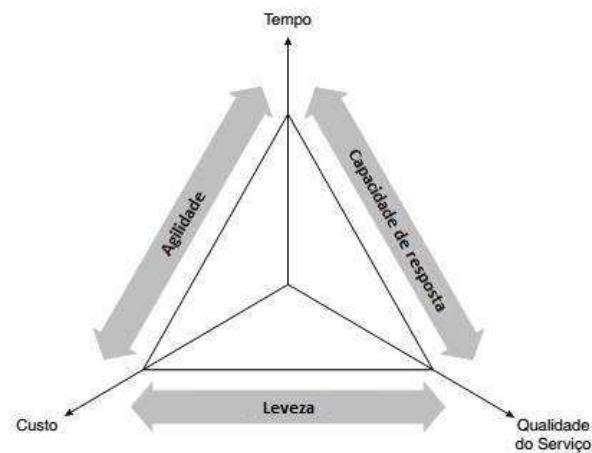
No sector da saúde, em particular para os prestadores de cuidados de saúde, verifica-se a necessidade de planear, implementar e controlar, de forma eficiente e eficaz, os fluxos diretos e inversos de serviços (e materiais) e toda a informação associada, desde o ponto de origem ao ponto de atendimento, de forma a satisfazer os requisitos da prestação de cuidados de saúde aos utentes. No âmbito das unidades de saúde, esta visão corresponde à gestão logística dos fluxos de serviços e materiais, que integram internamente a unidade de saúde, e à gestão dos fluxos com as entidades externas, que lhes estão associadas. Assim, poderemos ter unidades de saúde que poderão intervir no processo de prestação de cuidados aos utentes (domicílio), no apoio ao serviço de urgência médica e no próprio transporte de doentes, entre outras atividades, de acordo com (Carvalho and Ramos (2009)).

A gestão logística das unidades de saúde envolve tomar decisões tendo em conta a interdependência e a coordenação entre as áreas funcionais e entre organizações, assegurando a qualidade na prestação dos cuidados de saúde no tempo adequado e a minimização de custos. A necessidade de prestar um serviço ao utente, no tempo adequado e ao mais baixo custo, torna a gestão logística mais complexa no sector da saúde. O cumprimento desses objetivos é difícil em qualquer organização, mas é ainda mais crítico no caso das unidades de saúde. Nestas, a ênfase da gestão é garantir a qualidade da prestação de cuidados de saúde aos utentes no tempo adequado, relegando para segundo plano a questão do montante de recursos utilizados. Qualquer abordagem logística, a realizar em unidades de saúde, tem de partir do princípio da prestação dos respetivos cuidados como um bem absoluto. São vários os aspetos de natureza logística a considerar, quer na área da saúde

ou outra, como planeamento, prevenção, transporte, os tempos de operação, os recursos envolvidos, condições de receção, de acolhimento, de vagas, a produtividade das operações, gestão dos materiais, armazenagem e aviamento, distribuição interna de material, melhoria de estratégias em que se movimentam os profissionais de saúde e os utentes, satisfação do beneficiário, entre outros. Resumidamente, todas as operações logísticas têm de ser projetadas de forma a conseguirem fazer chegar os bens e tratamentos apropriados ao local onde são necessários, distribuindo-os às pessoas certas, na hora certa e ao custo mínimo, segundo Wassenhove (2006).

Apesar do objeto da abordagem logística não incluir aspetos da prestação clínica dos cuidados de saúde, é necessário que seja realizada por equipas multidisciplinares, o que significa que a sua aplicação exija a participação simultânea de profissionais de saúde (Carvalho and Ramos (2009)).

Dos pontos anteriores, pode resultar uma perceção da gestão logística algo abrangente e, sem ferramentas de decisão. Contudo, a complexidade existe, mas com as dimensões da Figura 3.1, os objetivos acabam por ser alcançáveis.



**Figura 3.1:** Dimensões da gestão logística aplicada à Saúde, figura adaptada de Carvalho and Ramos (2009)

As dimensões centrais da gestão logística, com especial atenção à prestação de cuidados de saúde, são o tempo, o custo e a qualidade do serviço. Quer isto dizer, que embora se reconheça a dificuldade e as diferentes restrições, pretende-se baixos tempos de resposta, mais ainda fiáveis,

baixos custos e elevado serviço ao paciente. Para isto, é necessário uma boa conjugação entre tempo e custo, para desenvolver a variável agilidade (agility). Uma boa conjugação entre custo e qualidade do serviço desenvolve a variável leveza (leanness). Uma boa conjugação entre tempo e qualidade do serviço desenvolve a variável capacidade de resposta (responsiveness).

Mas será possível prestar serviços de saúde com qualidade, gastando menos? Tal objetivo apenas se atingirá com uma visão integrada do funcionamento geral, onde se insere a Unidade de Saúde, na tentativa de uma otimização, neste caso na prestação de cuidados ao domicílio.

## 3.2 Otimização

A otimização pode ser simplificada definida como o conjunto de estratégias que têm como objetivo identificar a melhor solução de entre as inúmeras disponíveis para um determinado problema, a qual se designa por solução ótima. Identificar esta solução significa determinar o máximo ou mínimo da função que descreve o problema.

Otimização é uma ferramenta importante na ciência de decisão e na análise da física de sistemas. Num problema de otimização é necessário identificar qual o objetivo, ou seja, uma medida quantitativa do desempenho do sistema em estudo. Este objetivo poderia ser o lucro, o tempo, o potencial de energia, ou de quaisquer quantidades que podem ser representados por uma único número. O objetivo depende de certas características do sistema, chamadas de variáveis ou incógnitas. Assim, o objetivo é encontrar os valores das variáveis que otimizam o objetivo. Muitas vezes, as próprias variáveis possuem determinadas restrições, segundo Nocedal and Wright (1999).

Resumindo, a otimização é o processo de maximizar ou minimizar uma função objetivo, que pode estar sujeita a um conjunto de restrições nas suas variações, ou seja, obter o melhor resultado sob determinadas circunstâncias (Belegundu and Chandrupatla (2011); Rao and Rao (2009)).

O processo de identificação de objetivos, variáveis e restrições para um determinado problema é conhecido como modelagem/formulação. Num problema de otimização,  $x$  é o vetor das variáveis,  $f$  é a função objetivo e  $c$  é o vetor das restrições que têm de ser satisfeitas, de acordo com Nocedal

and Wright (1999). Este problema pode ser escrito da seguinte forma,

$$\min_{x \in R^n} f(x) \quad \text{sujeito a} \quad \begin{aligned} c_i(x) &= 0, i \in E, \\ c_i(x) &\geq 0, i \in D. \end{aligned} \quad (3.1)$$

onde  $E$  e  $D$  são o conjunto de índices das restrições de igualdade desigualdade, respetivamente. Assim, a função objetivo é a função que se pretende otimizar, isto é, a função que se pretende minimizar (de acordo com a equação 3.1). As restrições representam constrangimentos à resolução do problema, ou seja, são funções que podem ser de igualdade ou de desigualdade. A região admissível é a região onde todas as restrições são satisfeitas e nesta região podem ser encontradas as soluções possíveis do problema em questão.

Há várias classes específicas para os problemas de otimização que são definidas pelo tipo de restrições a que estão sujeitos. As classes mais conhecidas destes tipos de problemas são as que estão sujeitas a restrições como as da equação 3.1, o que pode conduzir a problemas de programação linear ou não-linear. No entanto, há outros tipos de problemas que podem ser considerados, aqueles que derivam de uma natureza combinatória, ou seja, a solução é um conjunto de inteiros. Estes problemas são conhecidos como problemas de otimização combinatória, como por exemplo, problemas de atribuição de tarefas, problemas de escalonamento, problemas de atribuição de rotas para veículos, entre outros (Reeves (1993)).

### 3.2.1 Método de Otimização

O método ou a construção de um modelo apropriado é o primeiro passo, por vezes, o mais importante passo no processo de otimização. Se o modelo é demasiado simplista, não fornecerá informações úteis sobre o problema prático. Se ele for muito complexo, pode ser muito difícil de resolver. O modelo desenvolvido será discutido no capítulo seguinte.

Após a formulação do problema, um ou mais algoritmos de otimização podem ser usados para encontrar a solução.

Não há um algoritmo de otimização universal, mas sim um conjunto de algoritmos, nos quais

cada um deles poderá estar adaptado para um tipo específico de problemas de otimização. A responsabilidade de escolher o algoritmo que é adequado para uma aplicação específica, muitas vezes recai sobre o utilizador. Esta escolha é um passo importante, pois pode determinar se o problema é resolvido rapidamente ou lentamente e, se de facto, a solução é encontrada. O algoritmo ou os algoritmos escolhidos, serão abordados no capítulo seguinte.

Depois do algoritmo de otimização ter sido aplicado para o modelo estabelecido, devemos ser capazes de reconhecer se este foi bem-sucedido na sua tarefa de encontrar uma solução. Para esse reconhecimento, efetua-se no final deste trabalho uma análise e discussão dos resultados, na tentativa de perceber se estes vão de encontro às expectativas. Contudo, o modelo pode ser melhorado com a aplicação de técnicas, tais como uma análise de sensibilidade, que revela a sensibilidade da solução a alterações no modelo e dados.

Por fim, a interpretação da solução pode sugerir maneiras em que o modelo possa ser refinado (ou corrigido). Se forem efetuadas quaisquer alterações ao modelo, o problema de otimização é resolvido de novo, e o processo repete-se.

### **3.3 Problemática do Planeamento de Rotas**

A nível operacional e na definição do planeamento de rotas, o VRP tem sido estudado intensivamente depois de se ter percebido a sua grande aplicabilidade em muitas situações reais. Neste sentido, o desenvolvimento de modelos para a resolução destes problemas assume assim um papel muito importante na otimização de situações que fazem parte do nosso quotidiano.

Assim, os modelos e algoritmos propostos para a resolução de VRP ou Problemas de Planeamento de Rotas de Veículos podem ser usados, para planeamento de rotas/horários na prestação de cuidados de saúde ao domicílio, o principal objetivo desta dissertação.

O mais fundamentado e bem estudado problema de Planeamento de Rotas de Veículos é o Problema do Caixeiro Viajante (*Traveling Salesman Problem* (TSP)). Desta forma, uma breve explicação do TSP será apresentada a seguir.

### 3.3.1 O Problema Inicial

O problema do Caixeiro Viajante é um dos problemas de otimização combinatória mais conhecido e mais aplicado em diversas áreas, no qual o Caixeiro Viajante tem de visitar um conjunto de cidades e regressar à cidade onde começou. O objetivo consiste em minimizar a distância total percorrida pelo Caixeiro Viajante (Larsen (2000)). O problema pretende seguir o caminho mais curto sabendo, à partida, as distâncias entre os pares de cidades que tenciona visitar.

Ainda hoje este problema é amplamente estudado, pois apesar da simplicidade da sua descrição e perceção, é um problema bastante complexo em termos de resolução, por se tratar de um problema combinatório, ou seja, é um problema para o qual o aumento da sua dimensão conduz a um aumento exponencial do tempo necessário à sua resolução.

Com o evoluir das sociedades surgiram necessidades e preocupações suplementares, tais como a hora a que os clientes/pacientes preferem, os dias a que os clientes/pacientes querem ser visitados, entre outras, que conduziram ao estudo de diversas variantes deste problema.

Seguidamente apresenta-se o problema que pode ser designado, por problemas de rotas ótimas que surgiu após a consideração de alguns aspetos acima mencionados.

### 3.3.2 Problema de Rotas Ótimas

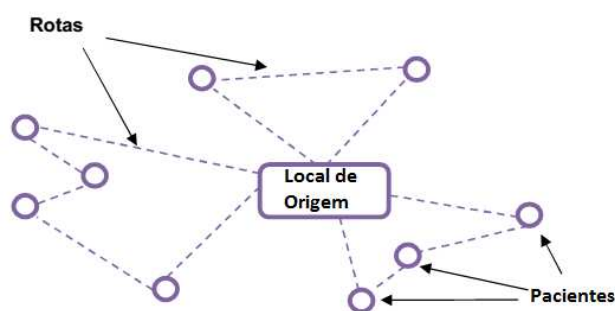
Este é um dos problemas mais estudados no que à otimização combinatória diz respeito (Cordeau et al. (2002)) e surgiu, na sua forma mais básica, com Dantzig and Ramser (1959), escrito da seguinte forma: *“This problem is concerned with the optimum routing of a fleet of gasoline delivery trucks between a bulk terminal and a large number of service stations supplied by the terminal. A procedure based on a linear programming formulation is given for obtaining a near optimal solution”* (Dantzig and Ramser (1959)).

O problema de rotas ótimas pode ser caracterizado como o problema que tem como objetivo a definição de rotas que otimizem a entrega de mercadorias e outros bens a partir de um ou vários armazéns de distribuição até um número de clientes dispersos geograficamente, estando sujeito a

um leque variado de restrições, segundo Laporte (1992).

O VRP é uma generalização do TSP (Figura 3.2) que consiste em determinar  $m$  rotas de veículos, onde cada rota é uma viagem que começa num determinado “local de origem” e se visita um subconjunto de clientes/pacientes numa dada ordem, retornando ao local de origem (Larsen (2000)).

Ou seja, o VRP consiste em encontrar uma solução ótima na definição de rotas de uma dada frota de veículos a partir de um ou vários centros de distribuição (local de origem) até um determinado número de clientes/utentes dispersos geograficamente numa determinada região, que constituem os pontos de procura ou entrega. Todas as procuras dos clientes/utentes deverão ser satisfeitas, todas as restrições operacionais deverão ser respeitadas e o custo global de transporte minimizado, de acordo com Machado et al. (2002).



**Figura 3.2:** Representação gráfica de um VRP (adaptado de Loureiro (2010))

Uma solução do problema irá indicar as rotas ótimas, de acordo com um determinado objetivo. Podem ser considerados diferentes objetivos como seja a minimização da distância total percorrida (Christofides et al. (1981)), a minimização do consumo total de combustível (Kuo and Wang (2011)) ou o tempo de viagem por rota ou tempo total (Li (2012)), entre outros.

Segundo Dantzing e Ramser (1959), o VRP surge nas áreas da logística, distribuição e transporte, sendo mesmo um dos principais problemas de otimização com real aplicação, por exemplo no transporte de alunos da escola até suas casas, nas recolhas de lixo, nas entregas do correio, entre outros. A possibilidade de modelação deste problema estende-se a outras situações práticas como

visitas médicas domiciliárias, deslocações de manutenção preventivas, distribuição de roupa, entre outros (Christofides et al. (1981)).

Devido às restrições impostas pelos clientes e fornecedores, como por exemplo, tempos de entrega, capacidades do veículo, velocidade, entre outros, o problema de VRP não pode ser considerado apenas como um problema geográfico. Assim, devido a todas as possíveis restrições impostas todos os recursos disponíveis serão afetos, sempre com o objetivo de reduzir os custos totais do transporte. Como cada organização tem um conjunto específico de necessidades, surgiu um conjunto de variantes deste tipo de problemas, tendo em conta as restrições impostas em cada um. Estas variantes são enumeradas de seguida, juntamente com uma breve descrição.

#### **Problema de Rotas Ótimas com Limite de Capacidade**

É uma das variantes do VRP, em que são adicionadas restrições relacionadas com a procura agregada dos clientes afetos a uma rota, ou seja, a rota é limitada pela capacidade máxima que é possível transportar por cada veículo.

O objetivo consiste em minimizar os custos associados às rotas, estando estes relacionados quer com o número de veículos quer com as distâncias percorridas por eles, quer com a capacidade de cada veículo (Toth and Vigo (2014)).

#### **Problema de Rotas Ótimas com Veículos Heterogéneos**

É uma outra variante do VRP sendo que, contrariamente à variante anterior, não identifica os veículos como homogéneos no que concerne à sua capacidade, consumos ou velocidades médias. Considera, assim, que podem ser usados veículos com diferentes características para realizarem diferentes rotas. Este problema vai mais de encontro com a realidade das empresas que o anterior, visto que a maioria das empresas apresenta uma frota heterogénea, segundo Penna et al. (2013).

### **Problema de Rotas Ótimas com Múltiplas Origens**

É outra generalização do VRP, sendo que para este último, um armazém abastece um número variado de clientes enquanto no primeiro verifica-se a existência de vários armazéns para os abastecer. Considerando que, se existem vários armazéns, é possível assumir que o problema pode ser resolvido segmentadamente, os clientes são agrupados e alocados a um armazém e posteriormente, como num problema VRP, as rotas são concebidas para satisfazer clientes por armazém. Assim, num processo de resolução do problema, pode considerar-se que esta variante é agilizada em vários VRP mais simples, tendo em vista minimizar o número de veículos e as distâncias das rotas (Surekha and Sumathi (2011)).

### **Problema de Rotas Ótimas com Janelas Temporais**

Este problema é, como as demais, outra variante do VRP, considerando restrições associadas aos limites temporais de visita aos clientes ou pacientes.

É o caso, onde todos os clientes têm que ser atendidos tendo em conta janelas temporais. Então, é assumido um intervalo de tempo para que cada cliente seja atendido, bem como um intervalo de tempo no centro de distribuição, para saída de veículos. No entanto, a finalidade é a mesma. Inevitavelmente, caso o veículo chegue fora do limite temporal, a entrega não é possível de ser realizada. Contudo, esta situação, só se verifica se ultrapassar o limite superior da janela. Caso o distribuidor chegue mais cedo ao local é possível fazer a entrega.

O problema de rotas ótimas com janelas temporais é a alternativa à rigidez das restrições, no sentido em que agiliza a janela temporal, permitindo que esta seja violada perante uma penalização que possa estar representada na função objetivo do problema (Kumar and Panneerselvam (2012)).

Por fim, é importante referir que entre as generalizações apresentadas anteriormente, o problema de rotas ótimas ainda engloba outras.

## Capítulo 4

# Metodologias de Resolução

Neste capítulo serão abordados os vários procedimentos existentes para a obtenção de soluções de problemas. Durante vários anos foram desenvolvidos diversos métodos numa tentativa de se encontrar a melhor solução possível. Visto que o VRP é considerado um problema *NP-hard*, ou seja, o esforço computacional necessário para a resolução aumenta exponencialmente com a dimensão do problema, e como a dimensão do problema está diretamente ligada à quantidade de clientes envolvidos, os métodos exatos têm grande dificuldade em solucionar problemas com grande dimensão, devido à capacidade combinatória necessária exigida pelo problema (Belfiore and Yoshizaki (2006)).

De seguida serão apresentadas as principais técnicas usadas para solucionar um problema de rotas ótimas (VRP) para obtenção de soluções encontradas na literatura, e ainda no final deste capítulo, é apresentada uma ampla e profunda descrição do algoritmo escolhido para resolução do problema em estudo.

### 4.1 Abordagens Exatas

A solução procurada é aquela que alcança a melhor solução possível satisfazendo todas as restrições de modo a garantir que a solução identificada é uma ótima. No entanto, os métodos exatos requerem demasiados recursos computacionais pelo que são para problemas combinatórios, como é o caso do

problema abordado neste trabalho, demasiado demorados. Tal como foi indicado por Cordeau et al. (2002), os algoritmos exatos não resolvem eficazmente problemas com mais de 50 clientes.

Um dos algoritmos exatos para solucionar problemas de rotas ótimas (VRP), é o Branch and Bound. Este método foi inicialmente proposto por Land e Doig (1960) e posteriormente Christofides et al. (1981) aplicou o modelo a problemas de VRP. Este algoritmo divide-se em Branching e Bounding. O primeiro, que essencialmente é uma árvore de nós, que simplificando, divide o problema original em sub-problemas tornando-o mais fácil de o resolver. O Bounding serve para analisar e comparar os limites aos quais a solução deve estar incluída, quer inferior quer superior, escolhendo o próximo sub-problema a ser inserido. Portanto, em cada iteração o método Branch and Bound analisa cada nova solução e caso esta não melhore a função objetivo, é rejeitada e passa-se a explorar outras opções dentro da árvore (Clausen (1999)).

## 4.2 Heurísticas Clássicas

Os métodos de resolução clássicos garantem o cálculo de soluções ótimas, no entanto podem precisar de recursos computacionais significativos, quer em termos de memória quer em termos de tempo computacional, e são muitas vezes incapazes de produzir soluções para problemas de grandes dimensões. As heurísticas tentam, de algum modo, apresentar bons compromissos entre a qualidade das soluções geradas e os recursos computacionais que exigem. Têm como principal desvantagem não garantirem o cálculo da solução ótima, não sendo mesmo muitas vezes possível conhecer sequer a distância a que a melhor solução calculada se encontra da solução ótima.

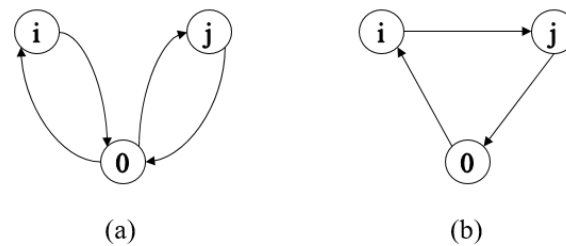
As heurísticas de Planeamento de Rotas, como a maioria das heurísticas, são geralmente medidas em relação a dois critérios: precisão e velocidade. Também a simplicidade e flexibilidade são atributos essenciais de uma boa heurística, de acordo com Cordeau et al. (2002).

Os métodos heurísticos podem ser classificados de diferentes maneiras. Tendo em conta o problema de rotas ótimas, podem ser agrupadas em três categorias, de acordo com o seu método de funcionamento. As **heurísticas construtivas** vão progressivamente criando uma solução admissível

considerando o resultado da função objetivo — Clark e Wright, 1964 (Savings Algorithm). As **heurísticas de duas fases** dividem o problema em dois, agrupando os vértices a interligar em rotas possíveis e a construção da rota ótima que resulta da descrição de como os agrupamentos devem ser percorridos e a sua ordem — Métodos Cluster-First, Route-Second — Fisher e Jaikumar (1981); Bramel e Simchi-Levi (1995).

Por fim os **métodos de melhoria sequencial** que objetivam aperfeiçoar soluções por via de trocas entre pontos ou ligações entre ou dentro de rotas. Estes, com a base de suporte de modelos como o da poupança (*savings*), competem com algoritmos modernos para criar soluções com qualidade bastante elevada e muito próximas das heurísticas mais recentes.

Um dos métodos mais usuais para solucionar VRPs é conhecido por Clark and Wright, adquiriu o nome dos seus autores e foi publicado em 1964. A ideia que está na base desta heurística é muito simples (Figura 4.1) mas permite que, em geral, se calculem soluções de muito boa qualidade.



**Figura 4.1:** Representação esquemática do conceito de *saving* (adaptado de Lysgaard (1997))

A lógica do conceito da poupança passa por considerar quanto se economiza ao juntar duas rotas numa.

Na Figura 4.1(a), os clientes  $i$  e  $j$  são visitados em rotas separadas enquanto que, na Figura 4.1(b), é usada, apenas uma rota; gera-se uma poupança pelo facto de ser eliminada uma viagem de volta ao ponto de partida.

Segundo Cordeau et al. (2002) no seu trabalho sobre classificações e comparações de heurísticas, à heurística de Clark and Wright estão associados valores muito elevados no que diz respeito à

simplicidade de aplicação e à velocidade de resolução, contudo pontua muito pouco na flexibilidade de adaptação e exatidão das soluções. No entanto, mantém-se largamente utilizada nos dias de hoje.

### 4.3 Meta-Heurísticas

As meta-heurísticas são um processo iterativo de pesquisa de melhores soluções, com o objetivo de encontrar um ótimo para o problema próximo do ótimo global. Estes métodos foram criados para resolver problemas de otimização complexos onde as heurísticas clássicas e métodos de otimização falharam em dar uma resposta efetiva e eficiente (Osman and Laporte (1996)).

Formalmente uma metaheurística é definida através de um processo iterativo de evolução combinado com estratégias inteligentes e de aprendizagem, para explorar eficientemente regiões admissíveis ou soluções muito perto das ótimas, de acordo com Osman and Laporte (1996).

Normalmente os resultados atingidos com estes métodos são bastante melhores do que os obtidos através das heurísticas. Estes métodos apesar de não garantirem o ótimo alcançam soluções excelentes num período de tempo razoável, para problemas de grande dimensão, daí a sua grande utilização em problemas como os de otimização de rotas.

Descrevem-se, resumidamente, algumas das abordagens mais usadas.

A abordagem meta-heurística, *Ant Colony Optimization*, baseia-se no comportamento de formigas e na sua procura por comida (Colorni et al. (1991)). Na procura por comida, as formigas que encontram alguma fonte de comida, vão deixando uma quantidade da sua feromona, proporcional à quantidade de comida encontrada, quando voltam à colónia. Este rasto que é deixado pelas formigas é seguido pelas outras que aumentaram o rasto que as primeiras deixaram. As fontes de comida mais próximas da colónia são as mais visitadas e, portanto, aquelas em que a intensidade da feromona é mais forte. Seguindo a mesma lógica, os caminhos em que a comida e a feromona são mais escassos são utilizados menos vezes e acabam por evaporar deixando de ser usados. Neste caso, uma única formiga tem a possibilidade de chegar a uma solução admissível, no entanto, uma solução ótima é usualmente encontrada com a intersecção de vários caminhos que foram anteriormente percorridos.

Relativamente ao Arrefecimento Simulado, *Simulated Annealing*, introduzido por Kirkpatrick et al. (1983), é uma analogia associada ao comportamento dos componentes sólidos aquando do arrefecimento destes após serem aquecidos. Neste processo, os átomos são então aquecidos e lentamente arrefecidos para poderem cristalizar numa configuração diferente, segundo Aarts et al. (2014). Esta meta-heurística tem como principal desvantagem o ótimo local depender da configuração inicial e o algoritmo poder ficar estagnado numa solução local. Apesar da qualidade dos resultados geralmente ser razoável, este algoritmo pode demorar demasiado tempo para obter uma solução.

A Procura Tabu, *Tabu Search*, por exemplo, utiliza um procedimento adaptativo baseado numa estrutura de memória que usa como guia, também designada por lista *tabu*. Essa lista funciona como referência de estratégias falhadas, evitando que haja retorno a um local ótimo previamente visitado. Esta meta-heurística é complexa, ou seja, requer demasiado esforço computacional (El Fallahi et al. (2008)).

Outro método bastante usado é o Algoritmo Genético. Uma vez que foi o método escolhido para resolver o problema de minimização inerente a este trabalho será detalhado na próxima secção.

## 4.4 Algoritmo Genético

Antes de mais interessa explicar alguns conceitos chave sobre os Algoritmos Genéticos (AG) que são de vital importância para a compreensão deste trabalho.

O AG é uma técnica de procura e otimização baseada e inspirada em mecanismos de seleção natural. Este algoritmo é uma analogia entre o processo de encontrar soluções ótimas e a teoria da evolução das espécies, de Charles Darwin (1859), baseando-se no princípio de sobrevivência dos indivíduos, ou seja, os mais aptos de uma população. Fundamentado por John Holland, tem como objetivo, estudar formalmente o processo de adaptação natural, implementando-o em sistemas computacionais (Holland (1975)). Contudo, os conceitos desta técnica estão mais ligados aos conceitos biológicos, segundo Gestal et al. (2010).

Segundo a teoria de Charles Darwin (1859), a evolução genética foca-se nas melhores codificações dos seres vivos. Da mesma forma, na procura de soluções para um problema, também são combinadas as melhores características (Reeves (1993)).

Os algoritmos genéticos procuram a melhor solução para os problemas de otimização através de um processo iterativo que se inicia a partir de uma população inicial que vai dar origem a uma nova, através da seleção e recombinação dos mais aptos da população, segundo Anita Maria (2005). Quanto maior for o tamanho da população, que é gerada de forma aleatória, mais garantias há da diversidade das soluções, de acordo com Arranz de la Peña and Parra Truyol (2007).

Assim, a cada nova iteração é gerada uma nova população que apresenta novas e melhores soluções para o problema em questão, culminando com a sua convergência para pelo menos um ótimo local. Ou seja, quando uma população apresenta um determinado nível ou aptidão, o método termina e é selecionado o indivíduo que apresenta as características que melhor satisfazem o problema. Estudos com a aplicação ao AG em problemas no mundo da engenharia têm captado bastante a curiosidade de muitos investigadores (Gen and Cheng (2000)).

Um algoritmo genético pode ser representado segundo o fluxograma da Figura 4.2.



**Figura 4.2:** Fluxograma representativo de um AG (adaptado de Catarina (2005))

Na Figura 4.2 pode ver-se que, após ser criada aleatoriamente uma população inicial de indivíduos, estes são modificados através de um mecanismo baseado em simplificações de um processo evolutivo por operadores genéticos: seleção, reprodução ou cruzamento e mutação (Saramago (2010); Currало et al. (2013); Kumar et al. (2010); Rao and Rao (2009)). Estes três operadores genéticos são explicados de seguida.

**Seleção** — A seleção num algoritmo genético permite escolher/determinar quais são os indivíduos mais aptos e que vão entrar no processo de reprodução da nova população, sendo que os que apresentam um *fitness* mais elevado terão mais hipóteses de reprodução (Chipperfield et al. (1994)).

**Reprodução ou Cruzamento** — O cruzamento é um passo importante e essencial para que haja produção de novos cromossomas no AG. Consiste na combinação dos cromossomas dos pais para gerar os cromossomas dos filhos, ou seja, produz novos indivíduos que têm partes do material genético de ambos os progenitores (Chipperfield et al. (1994)).

**Mutação** — Mutação é um processo em que um alelo de um gene é substituído por outro para que seja criada uma nova estrutura genética, acontecendo todo o processo de forma aleatória. A mutação tem assim o objetivo de garantir que a probabilidade de encontrar uma sequência nunca será zero e recuperar material genético importante que se poderá perder durante a seleção e o cruzamento, segundo Chipperfield et al. (1994).

Apesar de nem sempre apresentarem uma solução ótima, os AGs encontram soluções a um nível aceitável num menor período de tempo. Estes algoritmos, sendo robustos e facilmente adaptáveis, são uma técnica bastante estudada e utilizada nas mais diversas áreas para resolver uma vasta série de problemas, em especial no campo da otimização.

Resumidamente, algumas características dos AGs são enunciadas a seguir:

- Não trabalham diretamente com o domínio do problema mas com representações dos seus elementos;

- Executam a procura num conjunto de candidatos (população), ou seja, é um método populacional;
- Não têm conhecimento específico do problema, utilizando apenas a função objetivo;
- Utilizam basicamente regras probabilísticas.

Estes algoritmos permitem abordar problemas complexos sobre os quais existe pouca informação, exceto a forma de avaliar uma boa solução. Podem ser aplicados a um conjunto diverso de problemas (Golberg (1989)), permitindo obter melhores resultados que outras técnicas de otimização tradicionais.

Neste trabalho foi utilizado o algoritmo genético apresentado no pacote computacional do Matlab, em The MathWorks (2016), designado como AG1, e a versão modificada do algoritmo genético apresentada no trabalho de Curralo et al. (2013), designado como AG2; a utilização das duas versões permite comparar as soluções e os resultados obtidos.

## Capítulo 5

# Desenvolvimento do Modelo

Após a contextualização das visitas ao domicílio e a identificação da problemática em questão apresentada no Capítulo 2, desenvolveu-se um modelo de otimização com vista à definição do conjunto de rotas ótimas aquando das visitas domiciliárias por parte dos profissionais de saúde. Assim, e usando o método Algoritmo Genético, pretende-se a otimização das visitas domiciliárias, de modo a reduzir o tempo total necessário pelos enfermeiros para terminarem as visitas.

Inicialmente, procedeu-se a uma metodologia que visava o desenvolvimento e simulação de diagramas de rotas, para assim ser possível uma pequena introdução e perceção do problema real.

Consequentemente, com a recolha de dados e com a formulação matemática do problema, é possível testar o modelo com o objetivo de verificar a sua representatividade face ao problema real em estudo e assim avaliar a aplicabilidade dos resultados obtidos (rotas definidas, distância percorrida e tempo necessário). Nesta fase, estudaram-se também possíveis melhorias ao funcionamento do problema modelado, analisando diferentes cenários e efetuando uma análise dos mesmos.

Os diferentes passos relatados anteriormente para o desenvolvimento do modelo, são descritos nas secções seguintes.

Para um melhor entendimento do problema em estudo, procedeu-se ao uso de uma metodologia que permitia o desenvolvimento e simulação de diagramas de rotas simplificados, para assim possibilitar uma pequena introdução e perceção do problema real.

A Figura 5.1 ilustra diagramas de rotas simplificadas, com diferentes trajetos e tempos de viagens, a partir de um centro de origem (Bragança).

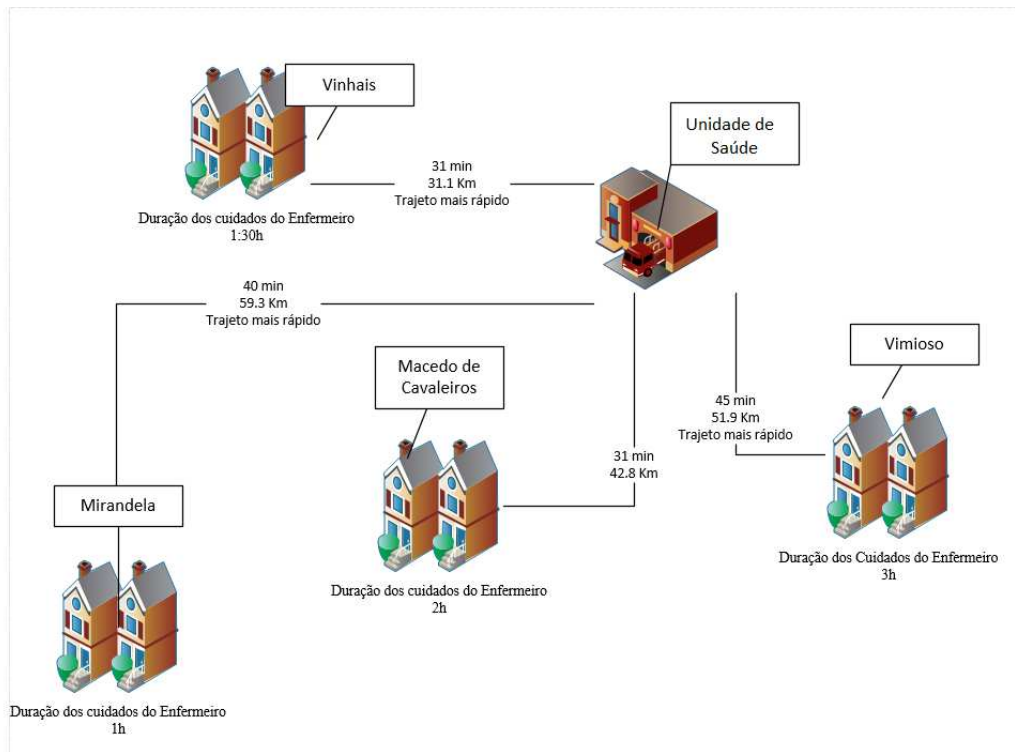
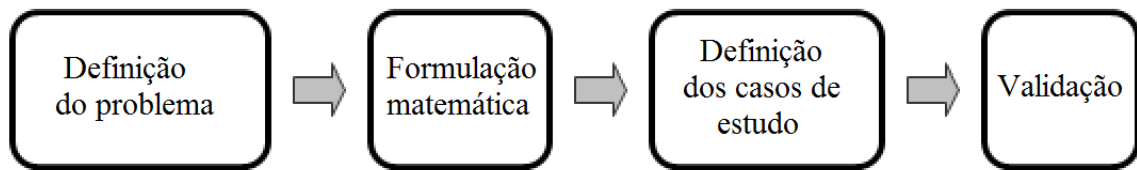


Figura 5.1: Diagramas de rotas simplificados.

Esta abordagem permite uma introdução, simples e de fácil visualização, ao modelo matemático a aplicar para a resolução do problema em estudo. Segundo Hillier and Lieberman (2006), o desenvolvimento de um modelo de otimização de um determinado problema requer a concretização de certas etapas, descritas uma por uma nas secções seguintes, como se encontra esquematizado na Figura 5.2.



**Figura 5.2:** Abordagem à definição de um modelo de otimização (adaptado de Hillier and Lieberman (2006)).

## 5.1 Definição do Problema

A definição do problema é uma etapa essencial, na medida em que dependendo da qualidade da definição, das características gerais do problema e do objetivo que se quer atingir, os resultados do modelo criado poderão ou não caracterizar da melhor forma o estudo deste trabalho.

Como referido anteriormente, o serviço de prestação de cuidados de saúde ao domicílio, pode ser prestado por equipas de enfermeiros de uma Unidade de Saúde. Todavia, usualmente, as visitas são planeadas de forma manual e sem apoio computacional, ou seja, a solução obtida pode não ser a melhor, sobretudo quando é necessário corresponder a certas restrições (distâncias e custos envolvidos, janelas temporais, entre outras).

Assim, o problema surge quando é necessário superar as dificuldades que estes serviços acarretam, dificuldades como a demora excessiva em rotas que poderiam ser reduzidas, planeamentos mal formulados e sem opções viáveis de substituição e consequentemente os custos envolvidos.

Contudo, é importante definir as características gerais de problema, dados como o número e caracterização dos profissionais de saúde, número de pacientes e tratamentos que necessitam, locais passíveis de deslocação, entre outros, são dados que permitem criar uma formulação matemática do problema, na tentativa de reduzir o tempo disponibilizado nas visitas e consequentemente a diminuição dos custos.

## 5.2 Formulação Matemática do Problema

No presente capítulo é apresentada a modelação matemática para o problema de otimização definido pela problemática de escalonamento de enfermeiros, que efetuam visitas domiciliárias, a fim de realizar tratamentos necessários a pacientes pertencentes a uma Unidade de Saúde. Para este problema foi considerado o número de enfermeiros envolvidos nas equipas domiciliárias e os pacientes que solicitam este tipo de cuidados de saúde. Assim, considerando uma Unidade de Saúde, em Bragança, com uma equipa domiciliária que realiza cuidados ao domicílio a pacientes que requerem diferentes tipos de tratamentos, é necessário descrever todas as entidades envolvidas no problema.

Para a formulação matemática são consideradas as seguintes variáveis gerais e fixas:

- $NP$  – o número de pacientes em que  $NP \in \mathbb{N}$ ;
- $NE$  – o número de enfermeiros em que  $NE \in \mathbb{N}$ ;
- $NT$  – número de tratamentos por paciente,  $P_j$ ;
- $NL$  – número de localidades para visitas domiciliárias;
- Os vários enfermeiros são representados por  $E_l$  para  $l \in \{1, \dots, NE\}$ ;
- Os vários tratamentos realizados são representados por  $T_i$  para  $i \in \{1, \dots, NT\}$ ;
- Os vários pacientes são representados por  $P_j$  para  $j \in \{1, \dots, NP\}$ .

É igualmente importante definir as seguintes variáveis:

- $TEnf(l)$  – Representa os tratamentos que cada enfermeiro realiza, em particular,  $TEnf(l)$  representa o tipo de tratamento que o enfermeiro  $l$  realiza, para  $l \in \{1, \dots, NE\}$ .
- $TPac(j)$  – Representa os tratamentos necessários para cada paciente, em particular,  $TPac(j)$  representa o tipo de tratamento que o paciente  $j$  necessita, para  $j \in \{1, \dots, NP\}$ ;

- $TTrat(i)$  – Representa os tempos/durações necessários para cada tratamento, em particular,  $TTrat(i)$  representa a duração do tratamento  $i$ , para  $i=\{1, \dots, NT\}$ ;
- $LPac(j)$  – Representa as localidades dos pacientes, em particular,  $LPac(j)$  representa a localidade do paciente  $j$ , para  $j=\{1, \dots, NP\}$ ;
- $TLoc(j)$  – Representa a matriz de tempos de viagem entre as localidades dos pacientes. Definiu-se um tempo médio de 15 minutos para visitas domiciliares na mesma localidade.

Se definirmos o número total de tratamentos a realizar pela variável  $NTT$ , é possível determinar este valor através da expressão:

$$NTT = \sum_{j=1}^{NP} NT(j) \quad (5.1)$$

Com esta variável independente e com tudo aquilo referido anteriormente, é possível gerar um conjunto de vetores e matrizes onde essas constantes e variáveis são utilizadas, como por exemplo:

- $NMT$  – Número máximo de tratamentos por paciente, em particular  $max NT(j)$ ;
- $OP$  – Matriz de dimensão  $NT \times NP$ , onde  $OP (i,j)$  identifica o enfermeiro que realiza o tratamento  $i$  do paciente  $j$ ;
- $SCHEM$  – Matriz onde é definido o escalonamento/horários dos enfermeiros, isto é, atribui a cada enfermeiro destacado às visitas domiciliares, um determinado paciente  $j$  que se encontra numa determinada localização, para este realizar todos os tratamentos do paciente.

Após a formulação matemática e a identificação das variáveis gerais do problema, é importante agora definir e ilustrar os diferentes casos de estudo.

### 5.3 Definição dos Casos de Estudo

Na presente secção serão representados os diferentes casos que foram estudados e analisados de forma a testar o modelo desenvolvido, sendo possíveis situações reais das Unidades de Saúde. Foram realizados três casos distintos, com diferentes números de pacientes e a necessitarem também de diferentes tratamentos, diferentes localidades de domicílio e, por fim, diferentes números de enfermeiros. A duração dos tratamentos é diferente nos diferentes casos, bem como a duração das deslocações a partir do centro de origem até aos locais de domicílio dos pacientes. Contudo, há certas restrições que são comuns nos diferentes casos, como por exemplo, cada enfermeiro visita apenas um só paciente de cada vez (considerando que existe sempre um enfermeiro que realiza todos os tratamentos do paciente).

#### 5.3.1 Caso de Estudo 1

Neste primeiro caso de estudo, uma Unidade de Saúde de Bragança possui dois enfermeiros destacados para as visitas domiciliárias e quatro tratamentos distintos, com diferentes tempos médios de duração, como descrito na Tabela 5.1.

O Enfermeiro 1 poderá realizar os tratamentos 1, 2 e 3. O Enfermeiro 2 poderá realizar os tratamentos 1, 2 e 4.

**Tabela 5.1:** Tempo médio dos tratamentos que cada enfermeiro realiza no caso 1 (minutos)

	<b>Tratamento 1</b>	<b>Tratamento 2</b>	<b>Tratamento 3</b>	<b>Tratamento 4</b>
<b>Enfermeiro 1</b>	20	20	20	
<b>Enfermeiro 2</b>	20	20		30

Por sua vez, existem cinco pacientes que necessitam das visitas domiciliárias. Em relação aos tratamentos prestados aos pacientes, estes poderão variar de paciente para paciente.

A informação referente aos tratamentos que cada paciente necessita está descrita na Tabela 5.2.

Neste caso concreto, o Paciente 1 necessita do tratamento 1, o Paciente 2 requer os tratamentos 1 e 3, o Paciente 3 requer os tratamentos 1 e 2, o Paciente 4 requer o tratamento 4 e, por fim, o Paciente 5 requer o tratamento 1.

**Tabela 5.2:** Tratamentos necessários para cada paciente no caso 1

	<b>Tratamento 1</b>	<b>Tratamento 2</b>	<b>Tratamento 3</b>	<b>Tratamento 4</b>
<b>Paciente 1</b>	X			
<b>Paciente 2</b>	X		X	
<b>Paciente 3</b>	X	X		
<b>Paciente 4</b>				X
<b>Paciente 5</b>	X			

Por sua vez, os cinco pacientes são oriundos de três localidades distintas. Assim sendo, cada enfermeiro necessita de se deslocar do centro de origem (Unidade de Saúde) até à residência dos pacientes. Neste caso, o Paciente 1 reside em Bragança, os Pacientes 2 e 5 residem em Vinhais e, por fim, os Pacientes 3 e 4 residem em Mirandela. A Tabela 5.3 descreve o que foi referido anteriormente.

**Tabela 5.3:** Localidades dos Pacientes para visitas domiciliárias no caso 1.

	<b>Bragança</b>	<b>Vinhais</b>	<b>Mirandela</b>
<b>Paciente 1</b>	X		
<b>Paciente 2</b>		X	
<b>Paciente 3</b>			X
<b>Paciente 4</b>			X
<b>Paciente 5</b>		X	

Para finalizar e aproveitando a informação fornecida anteriormente, é importante referir que as localidades dos pacientes têm diferentes distâncias e tempos de viagens entre si. Assim, é necessário definir a “matriz” de tempo (minutos) entre os locais estabelecidos e o ponto de origem, para assim realizar e definir o escalonamento/planeamento das visitas domiciliárias por parte dos enfermeiros,

otimizando o tempo total despendido. A Tabela 5.4 descreve então os tempos necessários das viagens entre as diferentes localidades. A obtenção dos tempos entre os locais, proveio do mapeamento da região em questão e ainda com a ajuda do serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite da Terra, fornecido de forma gratuita na Internet pela *Google*.

**Tabela 5.4:** Informação relativa aos tempos de viagem entre as diferentes localidades no caso 1 (minutos)

	<b>Bragança</b>	<b>Vinhais</b>	<b>Mirandela</b>
<b>Bragança</b>	15	40	45
<b>Vinhais</b>	40	15	50
<b>Mirandela</b>	45	50	15

Refira-se, ainda, que se considerou o tempo fixo de 15 minutos para a viagem entre dois pontos da mesma localidade.

### 5.3.2 Caso de Estudo 2

Neste segundo caso de estudo, uma Unidade de Saúde de Bragança possui o mesmo número de enfermeiros do caso de estudo 1, porém, desta vez, serão realizados seis tratamentos distintos, com diferentes tempos médios de duração, em visitas domiciliárias, como descrito na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5:** Tempo médio dos Tratamentos que cada Enfermeiro realiza no caso 2 (minutos)

	<b>Enfermeiro 1</b>	<b>Enfermeiro 2</b>
<b>Tratamento 1</b>	10	10
<b>Tratamento 2</b>	20	20
<b>Tratamento 3</b>	20	
<b>Tratamento 4</b>	20	
<b>Tratamento 5</b>		30
<b>Tratamento 6</b>		20

Além do número de tratamentos aumentar, também aumenta o número de pacientes, de acordo com a Tabela 5.6.

**Tabela 5.6:** Tratamentos necessários para cada paciente no caso 2

	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4	Tratamento 5	Tratamento 6
<b>Paciente 1</b>	X	X				
<b>Paciente 2</b>	X		X			
<b>Paciente 3</b>					X	X
<b>Paciente 4</b>			X	X		
<b>Paciente 5</b>			X			
<b>Paciente 6</b>	X				X	
<b>Paciente 7</b>	X	X				
<b>Paciente 8</b>						X

As localidades são as mesmas do caso anterior, sendo descritas na Tabela 5.7.

**Tabela 5.7:** Localidades dos Pacientes para visitas domiciliárias no caso 2

	Bragança	Vinhais	Mirandela
<b>Paciente 1</b>	X		
<b>Paciente 2</b>		X	
<b>Paciente 3</b>			X
<b>Paciente 4</b>		X	
<b>Paciente 5</b>	X		
<b>Paciente 6</b>			X
<b>Paciente 7</b>		X	
<b>Paciente 8</b>			X

A Tabela 5.8 descreve então os tempos das viagens entre as diferentes localidades.

**Tabela 5.8:** Informação relativa aos tempos de viagem entre as diferentes localidades no caso 2 (minutos).

	<b>Bragança</b>	<b>Vinhais</b>	<b>Mirandela</b>
<b>Bragança</b>	15	40	45
<b>Vinhais</b>	40	15	50
<b>Mirandela</b>	45	50	15

### 5.3.3 Caso de Estudo 3

Neste terceiro caso de estudo, uma Unidade de Saúde de Bragança possui desta vez três enfermeiros destacados para realizarem quatro tratamentos distintos, com diferentes tempos médios de duração, em visitas domiciliárias, como descrito na Tabela 5.9.

**Tabela 5.9:** Tempo médio dos Tratamentos que cada Enfermeiro realiza no caso 3 (minutos).

	<b>Tratamento 1</b>	<b>Tratamento 2</b>	<b>Tratamento 3</b>	<b>Tratamento 4</b>
<b>Enfermeiro 1</b>	20	20		
<b>Enfermeiro 2</b>	20		20	
<b>Enfermeiro 3</b>	20			30

Neste caso de estudo, são considerados oito pacientes que necessitam de visitas domiciliárias, tal como acontecia no caso de estudo 2. A informação referente aos tratamentos que cada paciente necessita, está descrita na Tabela 5.10.

**Tabela 5.10:** Tratamentos necessários para cada paciente no caso 3.

	<b>Tratamento 1</b>	<b>Tratamento 2</b>	<b>Tratamento 3</b>	<b>Tratamento 4</b>
<b>Paciente 1</b>	X			
<b>Paciente 2</b>	X	X		
<b>Paciente 3</b>	X		X	
<b>Paciente 4</b>		X		
<b>Paciente 5</b>			X	
<b>Paciente 6</b>	X			X
<b>Paciente 7</b>	X			
<b>Paciente 8</b>				X

Neste último caso de estudo, e mais uma vez em semelhança com os casos anteriores, os pacientes são oriundos de localidades distintas, neste caso são quatro as localidades. A Tabela 5.11 descreve o que foi referido anteriormente.

**Tabela 5.11:** Localidades dos Pacientes para visitas domiciliárias no caso 3.

	<b>Bragança</b>	<b>Vinhais</b>	<b>Mirandela</b>	<b>Vimioso</b>
<b>Paciente 1</b>	X			
<b>Paciente 2</b>	X			
<b>Paciente 3</b>		X		
<b>Paciente 4</b>		X		
<b>Paciente 5</b>		X		
<b>Paciente 6</b>			X	
<b>Paciente 7</b>			X	
<b>Paciente 8</b>				X

A Tabela 5.12 descreve os tempos necessários das viagens entre as diferentes localidades.

**Tabela 5.12:** Informação relativa aos tempos de viagem entre as diferentes localidades no caso 3 (minutos).

	<b>Bragança</b>	<b>Vinhais</b>	<b>Mirandela</b>	<b>Vimioso</b>
<b>Bragança</b>	15	40	45	50
<b>Vinhais</b>	40	15	60	65
<b>Mirandela</b>	45	60	15	65
<b>Vimioso</b>	50	65	65	15

Concluindo, estes casos de estudo acabam por ser problemas relativamente simples, mas que muitas vezes Unidades de Saúde e Hospitais não conseguem otimizar. Por sua vez, se a complexidade do problema for aumentada, torna-se também mais complicado de gerir e de escalonar o tempo despendido da forma mais rentável.

Na secção seguinte, Validação, espera-se obter através do modelo matemático desenvolvido, os resultados que permitem visualizar o escalonamento/horário de cada um dos enfermeiros em cada caso de estudo.

## 5.4 Validação do Modelo

Após a definição e a representação dos diferentes casos de estudo, o objetivo prende-se agora com a criação e organização dos escalonamentos dos enfermeiros envolvidos em cada caso de estudo, de forma a minimizar o tempo total despendido nas visitas domiciliárias.

Neste trabalho foram realizadas três abordagens, ou seja, três modelações matemáticas para resolver o problema de escalonamento apresentado anteriormente.

É importante referir que os resultados numéricos foram obtidos com recurso ao *software* Matlab, utilizando um processador Intel (R) Core (TM) i7 2.2GHz CPU com 6,0 GB de memória RAM.

### 5.4.1 Modelação Matemática 1

Com a formulação matemática e a definição das variáveis gerais do problema em estudo, apresentadas anteriormente, foi criada esta primeira modelação matemática.

É possível considerar uma variável independente  $x = (E_1, \dots, E_{NTT})$ , onde o enfermeiro  $E_i$  vai realizar o tratamento  $i$  de cada paciente, ou seja, a solução obtida apresenta os enfermeiros que visitam os pacientes, até ao número total de tratamentos de cada um.

Para ilustrar esta estratégia considera-se que num determinado caso de estudo, cinco pacientes necessitavam de cuidados domiciliários, o paciente 1 necessitava de um tratamento, o paciente 2 necessitava de dois tratamentos, o paciente 3 necessitava de dois tratamentos, o paciente 4 necessitava de um tratamento e, por fim, o paciente 5 necessitava de um tratamento, semelhante ao caso de estudo 1. Para isso, uma Unidade de Saúde, possui dois enfermeiros destacados e capazes de efetuarem os tratamentos necessários para cada um dos pacientes.

Uma das possíveis soluções deste problema, segundo esta modelação matemática do problema em estudo, poderia ser:

Com  $NP = 5$  e  $NE = 2$ , o  $x$  poderia ser,  $x^T = [1 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 1]$ ;

ou seja, o paciente 1 necessita de um tratamento e seria visitado pelo enfermeiro 1; o paciente 2 necessita de dois tratamentos e seria visitado pelo enfermeiro 1; o paciente 3 que necessita de dois tratamentos, seria visitado pelo enfermeiro 2, já o paciente 4 necessita de um tratamento e seria visitado pelo enfermeiro 2. Por fim, o paciente 5 que necessita de um tratamento, seria visitado pelo enfermeiro 1.

Resumindo, para um dado  $x$ , é possível definir o horário de cada enfermeiro,  $H(l)$ ,  $l = 1, \dots, NE$ .

Posto isto, pretende-se minimizar  $f(x)$ , que define o tempo que o último enfermeiro termina o último tratamento ao seu último paciente, contando ainda com a viagem de regresso ao ponto de partida (Unidade de Saúde), isto é,

$$f(x) = \max_{l=1, \dots, NE} H(l) \quad (5.2)$$

Assim, o problema a resolver é dado por:

$$\min f(x) \tag{5.3}$$

### Resultados obtidos

Após a modelação matemática 1 e como já foi referido anteriormente, ao longo deste trabalho foi utilizada e modificada a versão do Algoritmo Genético (AG2) apresentada no trabalho Currало et al. (2013). Para que fosse possível tirar mais conclusões sobre a utilização deste tipo de algoritmos de otimização, foi também utilizado e comparado com o AG que está disponível no pacote computacional do MatLab (AG1).

Verificou-se que aquando a aplicação da modelação matemática acima referida, em meios computacionais, esta não conseguiu devolver soluções aceitáveis para os diferentes casos de estudo.

Os algoritmos foram sujeitos a várias execuções, em cada um dos três casos de estudo. Na globalidade, apenas o AG2, teve uma percentagem mínima de acerto para as várias execuções realizadas, ou seja, a maior parte das soluções continham enfermeiros atribuídos a pacientes de forma errada, bem como pacientes que recebem tratamentos de diferentes enfermeiros, o que significa que não houve otimização. A Tabela 5.13, ilustra os resultados obtidos na modelação, para o Caso de Estudo 1.

**Tabela 5.13:** Taxas de sucesso das implementações dos AGs na modelação matemática 1, para o caso de estudo 1

	50 execuções	100 execuções	200 execuções
AG1	0%	0%	0%
AG2	0%	0%	10%

Os 10% obtidos na taxa de sucesso por parte do AG2 verificaram-se quando o algoritmo executou duzentas vezes. Os restantes resultados obtidos nas várias execuções para os casos de estudo 2 e 3, foram nulos, ou seja, a taxa de sucesso nestes casos foi de 0%.

Como as soluções encontradas foram quase inexistentes, nenhum resultado gráfico será apresentado, assim procedeu-se ao desenvolvimento de uma segunda modelação, na tentativa de obter melhores resultados.

### 5.4.2 Modelação Matemática 2

Na procura de melhores soluções, uma segunda modelação foi criada. Novamente, teve-se em conta a formulação matemática e a definição das variáveis gerais do problema em estudo, apresentadas anteriormente.

É possível considerar uma variável independente  $x = (E_1, \dots, E_{NP})$ , onde o enfermeiro  $E_1$  vai prestar cuidados e realizar todos os tratamentos do paciente 1, ou seja, a solução obtida mostra os enfermeiros que visitam os pacientes, até ao número total de pacientes.

Supondo novamente, que num determinado caso de estudo, cinco pacientes necessitavam de cuidados domiciliários, o paciente 1 necessitava de um tratamento, o paciente 2 necessitava de dois tratamentos, o paciente 3 necessitava de dois tratamentos, o paciente 4 necessitava de um tratamento e, por fim, o paciente 5 necessitava de um tratamento, semelhante ao caso de estudo 1. Para isso, uma Unidade de Saúde, possui dois enfermeiros destacados e capazes de efetuarem os tratamentos necessários para cada um dos pacientes.

Uma das possíveis soluções a este problema, segundo esta modelação matemática do problema em estudo, poderia ser:

Com  $NP = 5$  e  $NE = 2$ , o  $x$  poderia ser,  $x^T = [1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 1]$ ;

ou seja, o paciente 1 seria visitado pelo enfermeiro 1, o paciente 2 que necessita de dois tratamentos, seria visitado também pelo enfermeiro 1, o paciente 3 seria visitado pelo enfermeiro 2, o paciente 4 seria também visitado pelo enfermeiro 2 e, por fim, o paciente 5 seria visitado pelo enfermeiro 1.

Resumindo, para um dado  $x$ , é possível definir o horário de cada enfermeiro,  $H(l)$ ,  $l = 1, \dots, NE$ .

Posto isto, pretende-se minimizar  $f(x)$ , que define o tempo que o último enfermeiro termina o

seu último tratamento ao seu último paciente, contando ainda com a viagem de regresso ao ponto de partida (Unidade de Saúde), isto é,

$$f(x) = \max_{l=1, \dots, NE} H(l) \quad (5.4)$$

Novamente, o problema a resolver é dado por:

$$\min f(x) \quad (5.5)$$

### Resultados obtidos

Verificou-se que, ao usar a modelação matemática acima referida obteve-se soluções admissíveis para os diferentes casos de estudo, quando comparada com a primeira modelação.

Os algoritmos foram novamente sujeitos a várias execuções, em cada um dos três casos de estudo. Na globalidade, o AG1 obteve uma percentagem reduzida de sucesso para as várias execuções realizadas, enquanto o AG2 obteve resultados mais aceitáveis para os três casos de estudo. A Tabela 5.14, ilustra os resultados dos AGs obtidos na modelação para o caso de estudo 1.

**Tabela 5.14:** Taxas de sucesso das implementações dos AGs na modelação matemática 2, para o caso de estudo 1

	50 execuções	100 execuções	200 execuções
<b>AG1</b>	0%	10%	12.5%
<b>AG2</b>	60%	75%	85%

A Tabela 5.15 apresenta os resultados dos AGs para o caso de estudo 2.

**Tabela 5.15:** Taxas de sucesso das implementações dos AGs na modelação matemática 2, para o caso de estudo 2

	50 execuções	100 execuções	200 execuções
<b>AG1</b>	0%	7%	11.5%
<b>AG2</b>	34%	42%	43.5%

Verifica-se que os resultados de ambos os AGs pioraram aquando a aplicação da modelação no caso de estudo 2, isto pode dever-se ao ligeiro aumento da dificuldade no caso de estudo. Contudo, continua-se a verificar soluções não admissíveis, pois continuam a ter enfermeiros atribuídos a pacientes de forma errada.

Os restantes resultados obtidos nas várias execuções para o caso de estudo 3, foram nulos, ou seja, a taxa de sucesso neste caso foi de 0%. Assim procedeu-se ao desenvolvimento de uma terceira modelação, na tentativa de obter melhores resultados.

### 5.4.3 Modelação Matemática 3

A modelação matemática 3 teve como motivação, a possibilidade de a ordem dos pacientes ser alterada.

Assim, é possível considerar uma variável independente  $x^T = (P_1, \dots, P_{NP}; E_1, \dots, E_{NP})$ , onde o paciente  $P_i$  pode ser visitado pelo enfermeiro  $E_i$ ,  $i = 1, \dots, NP$ , ou seja, a solução obtida apresenta os pacientes (com ordem de atendimento variável) a receberem as visitas e os tratamentos pelo enfermeiro que lhes foram atribuídos.

Supondo mais uma vez, que num determinado caso de estudo, cinco pacientes necessitavam de cuidados domiciliários, o paciente 1 necessitava de um tratamento, o paciente 2 necessitava de dois tratamentos, o paciente 3 necessitava de dois tratamentos, o paciente 4 necessitava de um tratamento e, por fim, o paciente 5 necessitava de um tratamento, semelhante ao caso de estudo 1. Para isso uma Unidade de Saúde, possui dois enfermeiros destacados e capazes de efetuarem os tratamentos necessários para cada um dos pacientes.

Uma das possíveis respostas a este problema, segundo esta modelação matemática do problema em estudo, poderia ser:

Com  $NP = 5$  e  $NE = 2$ , o  $x$  poderia ser,  $x^T = [1 \ 2 \ 4 \ 5 \ 3, 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 1]$ ;

ou seja, o paciente 1 era visitado e tratado pelo enfermeiro 1, o paciente 2 seria visitado e tratado

pelo enfermeiro 1 novamente, o paciente 4 seria visitado e tratado pelo enfermeiro 2, já o paciente 5 seria também visitado e tratado pelo enfermeiro 2. Por fim, o paciente 3 recebia a visita e o tratamento pelo enfermeiro 1.

Resumindo, para um dado  $x$ , é possível definir o horário de cada enfermeiro,  $H(l)$ ,  $l = 1, \dots, NE$ .

Posto isto, pretende-se minimizar o  $f(x)$ , que define o tempo total que o último enfermeiro termina o seu último tratamento ao seu último paciente, contando ainda com a viagem de regresso ao ponto de partida (Unidade de Saúde), isto é,

$$f(x) = \max_{l=1, \dots, NE} H(l) \quad (5.6)$$

Novamente, o problema de otimização a resolver é dado por:

$$\min f(x) \quad (5.7)$$

onde  $x = (P_1, \dots, P_{NP}; E_1, \dots, E_{NP})$  com  $P_i \in \{1, \dots, NP\}$  e  $E_i \in \{1, \dots, NE\}$ ;  $P_i \neq P_j$  para  $\forall i \neq j$ ; e todos  $E_i$  realizam, obrigatoriamente, todos os tratamentos do paciente  $P_i$  para  $i = 1, \dots, NP$ .

### Resultados obtidos

Após a modelação matemática 3 e como já foi referido anteriormente, foram usadas duas versões do Algoritmo Genético, AG1 e AG2.

Verificou-se que aquando a aplicação da modelação matemática acima referida, foi possível obter soluções ótimas. Assim, a partir desta modelação, foram testados os três casos de estudo e os resultados apresentam-se a seguir.

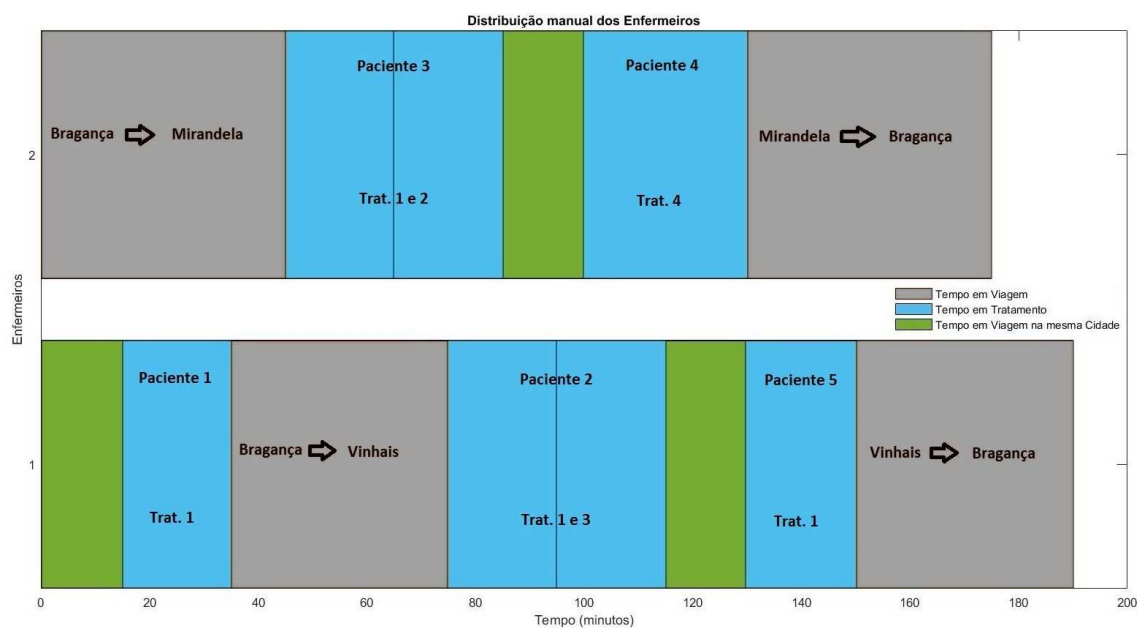
Contudo, para que fosse possível mostrar que a utilização deste algoritmo em *MatLab* é extremamente vantajosa também a nível do tempo que se demora a obter a solução (escalamento), foram realizadas distribuições manuais para os diferentes casos de estudo. Apenas será ilustrada e comentada a distribuição manual para o Caso de Estudo 1. Lembra-se que, atualmente, a Unidade

de Saúde não usa qualquer apoio informático/automático para fazer o escalonamento dos enfermeiros.

### Resultados obtidos — Caso de Estudo 1

O primeiro caso de estudo, para além de ter sido sujeito à otimização pelos AGs, foi também alvo de um planeamento manual sem recurso a meios computacionais.

São usados diagramas de *Gantt* para visualizar os escalonamentos obtidos. A Figura 5.3 ilustra a distribuição feita, onde é representado o planeamento para cada enfermeiro e o tempo que cada um deles demora a realizar as visitas domiciliárias.



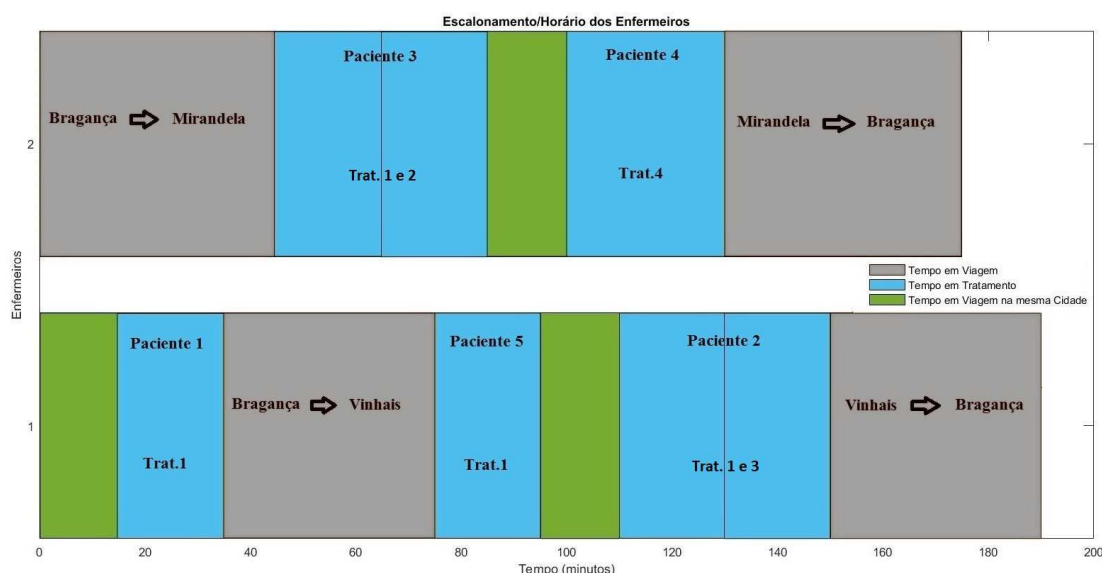
**Figura 5.3:** Planeamento manual da rota para cada enfermeiro relativa ao Caso de Estudo 1.

Com o planeamento manual, verifica-se que o tempo máximo despendido nas visitas ao domicílio, é de 190 minutos, pelo enfermeiro 1, ou seja, três horas e dez minutos.

Como podemos observar pela Figura 5.3, o enfermeiro 1 realiza 3 visitas domiciliárias. Inicia a sua viagem e presta cuidados ao paciente 1, que está na mesma localidade do ponto de origem

(Bragança) e por isso representado a verde na figura anterior. De seguida, viaja até Vinhais para prestar cuidados ao paciente 2 (tratamentos 1 e 3) e paciente 5 (tratamento 1). Após isto, regressa de Vinhais até Bragança (Unidade de Saúde). Por sua vez, o enfermeiro 2 desloca-se até Mirandela para prestar cuidados ao paciente 3 (tratamento 1 e 2) e ao paciente 4 (tratamento 4), regressando depois de Mirandela até ao ponto de origem, numa duração total de 175 minutos.

Novamente para este primeiro caso de estudo, foram obtidos resultados através da implementação do AG disponível no pacote computacional do MatLab (AG1). A Figura 5.4, contempla uma solução obtida.



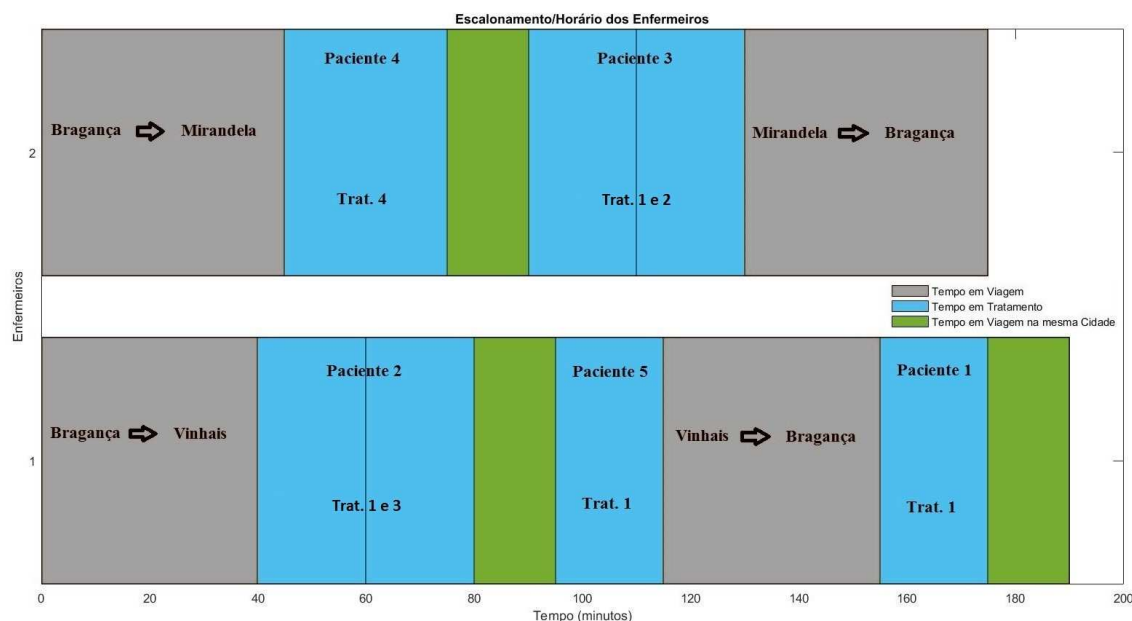
**Figura 5.4:** Planeamento da rota obtida para o caso de estudo 1 com a implementação do AG1.

Com a solução obtida pelo AG1, verifica-se que o tempo máximo despendido nas visitas ao domicílio é o mesmo que no caso anterior, 190 minutos, ou seja, três horas e dez minutos.

Podemos observar pela Figura 5.4, que o planeamento obtido na solução é quase o mesmo que o planeamento manual. O enfermeiro 1 realiza novamente 3 visitas, começa pelo paciente 1 (tratamento 1) em Bragança, viaja até Vinhais e trata dos pacientes 5 (tratamento 1) e em seguida o paciente 2 (tratamento 1 e 3) até regressar a Bragança, diferindo do resultado manual apenas na

ordem de atendimento dos pacientes. Quanto ao enfermeiro 2, o escalonamento é o mesmo, ou seja, viaja até Mirandela para prestar cuidados ao paciente 3 (tratamento 1 e 2) e paciente 4 (tratamento 4), regressando depois até ao ponto de origem.

Mais uma vez, para este primeiro caso de estudo, foram obtidos resultados através da implementação do AG2. A Figura 5.5 representa a solução obtida.



**Figura 5.5:** Planeamento da rota obtida para o caso de estudo 1 com a implementação do AG2.

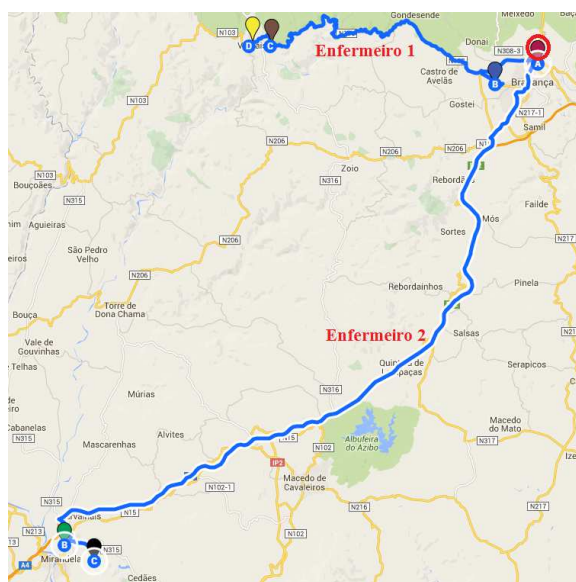
Com a solução alcançada pelo AG2, mais uma vez obteve-se o tempo total de visita domiciliária de 190 minutos, ou seja, será mesmo o resultado ótimo.

Podemos observar pela Figura 5.5, que o planeamento obtido na solução é semelhante aos dois anteriores (planeamento manual e solução AG1), apenas variando na ordem de escalonamento de cada paciente para o seu respetivo enfermeiro.

O enfermeiro 1 volta a realizar novamente 3 visitas domiciliárias. Desta vez, viaja logo de início para Vinhais para prestar cuidados ao paciente 2 (tratamento 1 e 3) e de seguida demora 15 minutos até chegar ao paciente 5 (tratamento 1), também na mesma localidade. Após estes dois pacientes, regressa a Bragança para visitar o paciente 1 (tratamento 1) e conclui o dia de visitas, regressando

de seguida ao ponto de origem. Relativamente ao enfermeiro 2, este viaja até Mirandela para cuidar do paciente 4 (tratamento 4) e passados 15 minutos presta cuidados ao paciente 3 (tratamento 1 e 2), também em Mirandela. Por fim, regressa novamente ao ponto de origem (Unidade de Saúde em Bragança).

Na Figura 5.6 estão representadas as diferentes localizações dos pacientes relativas ao caso de estudo, bem como as rotas ótimas obtidas para os enfermeiros de uma Unidade de Saúde em Bragança.



**Figura 5.6:** Representação das rotas obtidas no mapeamento da região

De referir, que os pontos selecionados com diferentes cores, ilustram os locais que os enfermeiros têm de visitar. O ponto com um círculo vermelho, é a Unidade de Saúde a partir de onde os enfermeiros começam as visitas e onde devem obrigatoriamente retornar.

Por fim, após a obtenção dos diferentes planeamentos, interessa agora avaliar e discutir os diferentes resultados aqui apresentados.

### Discussão dos Resultados — Caso de Estudo 1

As diferentes soluções obtidas através das duas implementações AG1 e AG2 e a solução manual, serão comparadas, a seguir.

A Tabela 5.16 mostra o tempo total, em minutos, que cada enfermeiro demora a realizar as suas visitas domiciliares, no Caso de Estudo 1, onde apenas estão envolvidos cinco pacientes.

**Tabela 5.16:** Caso de Estudo 1: tempo total despendido nas visitas domiciliares pelos enfermeiros (minutos).

	<b>Solução Manual</b>	<b>AG1</b>	<b>AG2</b>
<b>Enfermeiro 1</b>	190	190	190
<b>Enfermeiro 2</b>	175	175	175

Após visualizar a tabela anterior, verifica-se que tanto a distribuição manual, como a implementação do caso de estudo nos diferentes AGs, revelaram os mesmos tempos despendidos nas visitas domiciliares, por cada um dos enfermeiros.

Assim, para que seja possível retirar uma conclusão de qual a melhor implementação do algoritmo a utilizar, em comparação com a distribuição manual, é necessário verificar os tempos médios de execução até se obter a solução apresentada. A Tabela 5.17 apresenta a comparação dos resultados obtidos para o Caso de Estudo 1, mostrando o tempo necessário médio até se obter as soluções.

**Tabela 5.17:** Tempo médio necessário para obter a solução no Caso de Estudo 1 (segundos).

<b>Solução Manual</b>	<b>AG1</b>	<b>AG2</b>
600	17	28

Foram necessários cerca de 10 minutos até obter, de forma manual, o escalonamento e a sua devida representação gráfica. Relativamente às implementações dos AGs, estes foram muito mais rápidos na obtenção da solução. O AG1 necessitou cerca de 17 segundos, enquanto o AG2 precisou de 28 segundos. Os resultados obtiveram-se rapidamente, revelando neste caso, que o AG1 (AG disponível no pacote computacional do MatLab) foi o mais rápido.

Confirma-se então pela Tabela 5.17, que a utilização dos AGs em MatLab é extremamente vantajosa também a nível do tempo que se demora para obter a solução do problema em estudo.

É importante ainda referir, que na procura da solução ótima com os diferentes AGs, foram realizadas várias execuções, ou seja, para cada implementação foram realizadas 50, 100 e 200 execuções. A Tabela 5.18 apresenta a percentagem de sucesso das execuções em cada implementação dos AGs.

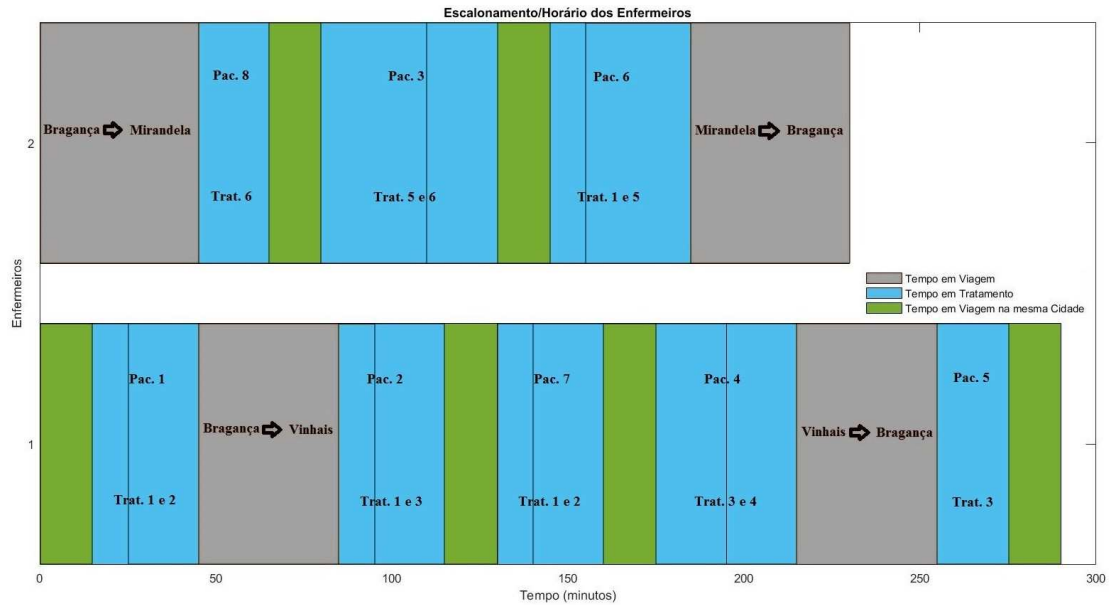
**Tabela 5.18:** Taxas de sucesso das implementações dos AGs no Caso de Estudo 1.

	50 execuções	100 execuções	200 execuções
AG1	100%	100%	99%
AG2	100%	100%	100%

A taxa de sucesso nas obtenções das soluções é de quase 100%, falhando apenas em um caso (que não obteve solução viável) com o AG1. Ambas as implementações se mostraram viáveis para aplicação neste primeiro caso de estudo.

### **Resultados obtidos — Caso de Estudo 2**

Assim, novamente para este segundo caso de estudo, foram obtidos resultados através da implementação do AG disponível no pacote computacional do MatLab. A Figura 5.7 contempla a solução obtida.

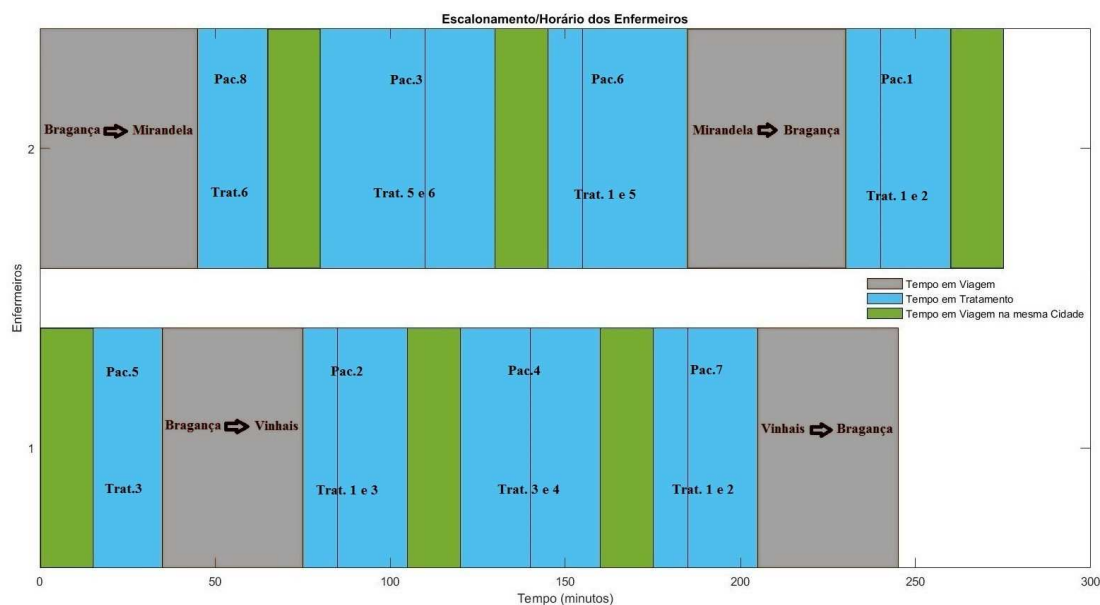


**Figura 5.7:** Planeamento da rota obtida para o Caso de Estudo 2 usando o AG1.

Com a solução obtida pelo AG1, verifica-se que o tempo total despendido nas visitas ao domicílio é de 290 minutos, ou seja, quatro horas e cinquenta minutos.

Podemos observar pela Figura 5.7, que o enfermeiro 1 realiza cinco visitas domiciliárias, começa pelo paciente 1 (tratamento 1 e 2) na mesma localidade da Unidade de Saúde, em Bragança, viaja depois até Vinhais e trata dos pacientes 2 (tratamento 1 e 3), em seguida o paciente 7 (tratamento 1 e 2), por fim o paciente 4 (tratamento 3 e 4). De seguida regressa de vinhais para Bragança para tratar do paciente 5 (tratamento 3), ao fim deste paciente regressa ao ponto de origem (Unidade de Saúde). Quanto ao enfermeiro 2, o escalonamento obtido, refere que o enfermeiro possui 3 visitas domiciliárias. Começa por viajar de Bragança até Mirandela para prestar cuidados ao paciente 8 (tratamento 6), ao paciente 3 (tratamento 5 e 6) e ainda ao paciente 6 (tratamento 1 e 5). Após tratar o paciente 6, regressa novamente de Mirandela até ao ponto de origem.

Mais uma vez, para este segundo caso de estudo, foram obtidos resultados através da implementação do AG2. A Figura 5.8 representa a solução obtida.



**Figura 5.8:** Planeamento da rota obtida para o Caso de Estudo 2 usando o AG2.

Com a solução obtida pelo AG2, obteve-se o tempo total de visita domiciliária de 275 minutos, ou seja, quatro horas e trinta e cinco minutos, sendo mesmo o resultado ótimo.

Podemos observar pela Figura 5.8, que o planeamento obtido na solução é diferente ao anterior (solução AG1), variando no escalonamento dos pacientes atribuídos aos enfermeiros, como também o tempo total necessário para fazer todas as visitas.

O enfermeiro 1 realiza agora quatro visitas domiciliárias. Desta vez, inicia o seu serviço de prestação de cuidados ao paciente 5 (tratamento 3), inserido em Bragança. Viaja de seguida para Vinhais para cuidar do paciente 2 (tratamento 1 e 3), paciente 4 (tratamento 3 e 4) e por fim o paciente 7 (tratamento 1 e 2). Terminando o paciente 7, regressa de Vinhais até ao ponto de origem. Relativamente ao enfermeiro 2, este viaja até Mirandela para cuidar de 3 pacientes, do paciente 8 (tratamento 6), em seguida o paciente 3 (tratamento 5 e 6) e por fim o paciente 6 (tratamento 1 e 5). Ao terminar o paciente 6, viaja novamente até Bragança e presta cuidados ao paciente 1 (tratamento 1 e 2), antes de regressar à Unidade de Saúde.

Por fim, após a obtenção dos diferentes planeamentos, com os diferentes AGs, interessa agora avaliar e discutir os diferentes resultados aqui apresentados para o caso de estudo 2.

### Discussão dos Resultados — Caso de Estudo 2

As diferentes soluções obtidas e os tempos despendidos nas visitas domiciliárias serão comparados entre as diferentes implementações do algoritmo.

A Tabela 5.19 faz a comparação do tempo despendido, em minutos, que cada enfermeiro demora a realizar cada visita domiciliária, no caso de estudo 2, onde apenas estão envolvidos oito pacientes.

**Tabela 5.19:** Tempo despendido nas visitas domiciliárias pelos enfermeiros (minutos), relativamente ao Caso de Estudo 2.

	AG1	AG2
<b>Enfermeiro 1</b>	290	245
<b>Enfermeiro 2</b>	230	275

Após visualizar a tabela anterior, verifica-se que existem diferentes tempos totais despendidos nas visitas domiciliárias. Enquanto a duração total com o AG1 é de 290 minutos, o AG2 encontrou a solução ótima com um tempo total de 275 minutos, ou seja, uma redução de 15 minutos, quando comparado ao primeiro resultado. Também, os enfermeiros foram escalonados de forma diferente, visitas também diferentes e tempos totais distintos.

É importante, mais uma vez, referir que, na procura da solução ótima com os diferentes AGs, foram realizadas mais do que uma só execução, ou seja, para cada implementação foram realizadas 50, 100 e 200 execuções. A Tabela 5.20 apresenta a percentagem de sucesso das execuções em cada implementação dos AGs.

**Tabela 5.20:** Taxas de sucesso das implementações dos AGs no caso de estudo 2.

	50 execuções	100 execuções	200 execuções
<b>AG1</b>	12%	10%	11.5%
<b>AG2</b>	100%	100%	100%

A taxa de sucesso nas obtenções das soluções é de 100% para o AG2. Já o AG1 apresenta dificuldades em ter sucesso na obtenção de resultados, uma vez que, muitas das soluções obtidas, não eram sequer viáveis, indo em decacordo com os dados apresentados. Isto deve-se, provavelmente ao aumento da dificuldade do caso de estudo 1, para o caso de estudo 2.

De referir, que o tempo médio para obter uma solução com o AG1 é de cerca de 7 segundos (isto porque a maioria das soluções encontradas não eram admissíveis), enquanto que, com a implementação do AG2, são cerca de 20 segundos até encontrar a solução.

Apesar de AG2 demorar mais tempo que o AG1 repare-se que a taxa de acerto é sempre de 100% (com AG2), o que não acontece com AG1.

### Resultados obtidos — Caso de Estudo 3

Assim, novamente para este terceiro caso de estudo, foram obtidos resultados através da implementação do AG disponível no pacote computacional do MatLab. A Figura 5.9 contempla a solução obtida.

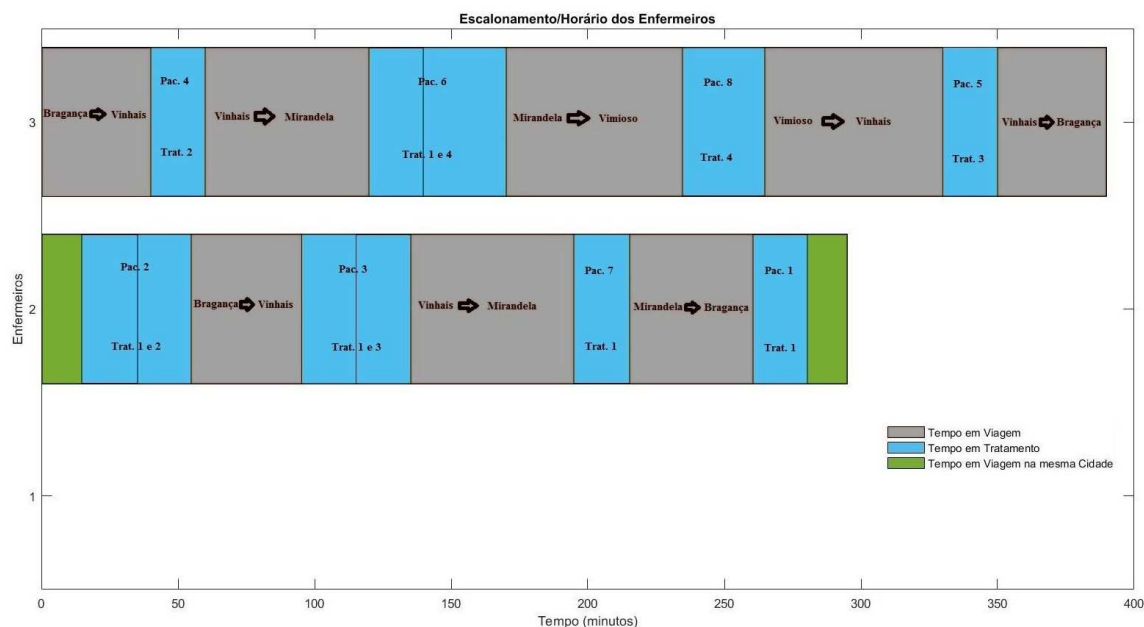


Figura 5.9: Planeamento da rota obtida para o caso de estudo 3 com a implementação do AG1.

De salientar, que a solução do escalonamento aqui apresentada não é viável, pois não só o enfermeiro 1 não é planeado para o dia de visitas, como os pacientes 2 e 4 só poderiam ser atendidos pelo enfermeiro 1 e não o são. Em todas as execuções realizadas, o resultado foi sempre o mesmo, ou seja, o resultado obtido não cumpre os requisitos pretendidos. Contudo, apresenta-se como uma solução do AG1, onde se verifica que o tempo total despendido nas visitas ao domicílio é de 390 minutos. Podemos observar na Figura 5.9, que o enfermeiro 1 não realiza visitas domiciliárias. O enfermeiro 2 fica encarregue de prestar cuidados ao paciente 2 (tratamento 1 e 2), em seguida viaja de Bragança até Vinhais, para tratar do paciente 3 (tratamento 1 e 3). Volta a viajar, agora de Vinhais até Mirandela para cuidar do paciente 7 (tratamento 1), por fim volta até Bragança e visita o paciente 1 (tratamento 1), antes mesmo de voltar ao ponto de origem (Unidade de Saúde). Relativamente ao enfermeiro 3, este viaja logo de início até Vinhais e presta cuidados ao enfermeiro 4 (tratamento 2), de seguida viaja de Vinhais até Mirandela para tratar do paciente 6 (tratamento 1 e 4). Volta novamente a viajar, agora de Mirandela até Vimioso para cuidar do paciente 8 (tratamento 4), de Vimioso volta a viajar até Vinhais e, por fim, presta cuidados ao paciente 5 (tratamento 3). Após os tratamentos ao paciente 5, regressa de Vinhais até ao ponto de origem (Unidade de Saúde). Mais uma vez, para este terceiro caso de estudo, foram obtidos resultados através da implementação do AG2. A Figura 5.10 representa a solução obtida.

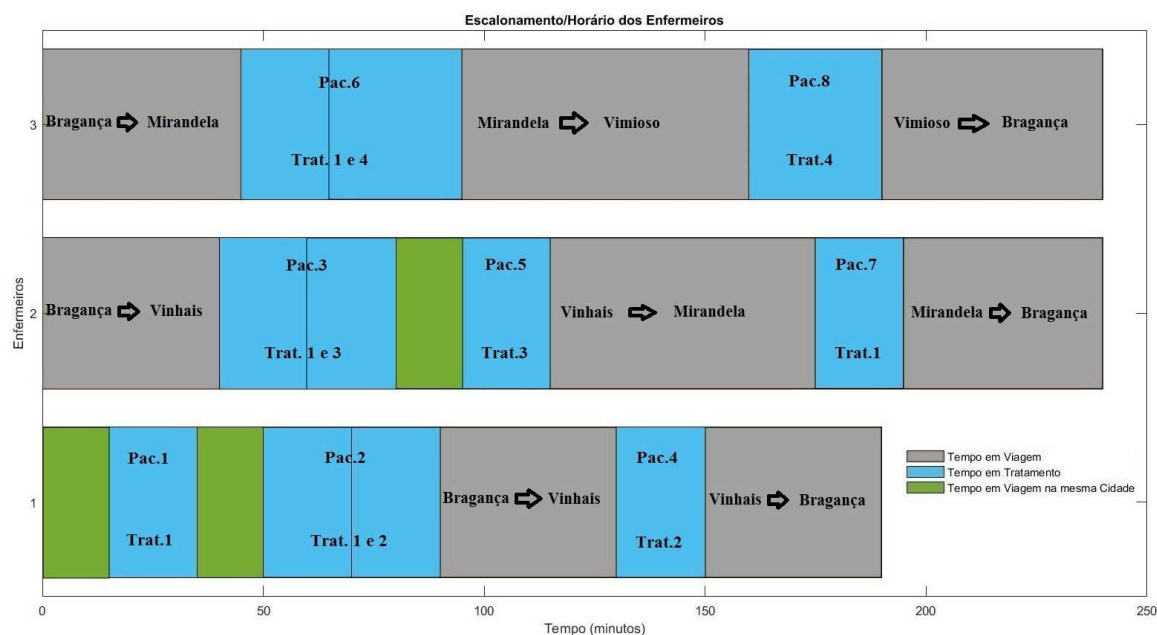


Figura 5.10: Planeamento da rota obtida para o caso de estudo 3 com a implementação do AG2.

Com a solução obtida pelo AG2, o resultado é bem diferente do resultado anterior. Obteve-se o tempo total de visita domiciliária de 240 minutos, ou seja, será mesmo o resultado ótimo.

Podemos observar pela Figura 5.10, que todos os enfermeiros são alocados para visitas domiciliárias e todos realizam tratamentos aos pacientes que lhe foram atribuídos. Extremamente bem dividido, respeitando as regras do caso em estudo, este resultado acaba mesmo por ser uma ótima solução.

Relativamente à solução anterior, o enfermeiro 1 já realiza três visitas domiciliárias. Desta vez, inicia o seu serviço de prestação de cuidados aos pacientes 1 (tratamento 1) e 2 (tratamento 1 e 2), ambos pacientes inseridos em Bragança. Viaja de seguida para Vinhais para cuidar do paciente 4 (tratamento 2), por fim e terminando os cuidados ao paciente 4, regressa ao ponto de origem (Unidade de Saúde). O enfermeiro 2 viaja até Vinhais para cuidar de dois pacientes, do paciente 3 (tratamento 1 e 3) e em seguida o paciente 5 (tratamento 3). Viaja de seguida de Vinhais para Mirandela para prestar cuidados ao paciente 7 (tratamento 1), por fim e terminado os cuidados ao paciente 7, o enfermeiro 2 regressa novamente ao ponto de origem. Por último, o enfermeiro 3

começa por viajar de Bragança até Mirandela para prestar cuidados ao paciente 6 (tratamento 1 e 4). Em seguida viaja de Mirandela até Vimioso para tratar e auxiliar o paciente 8 (tratamento 4). Concluídos os tratamentos ao paciente 8, o enfermeiro 3 acaba por regressar novamente a Bragança (Unidade de Saúde). De seguida, discutem-se os resultados obtidos, para o Caso de Estudo 3.

### Discussão dos resultados — Caso de Estudo 3

A Tabela 5.21 permite comparar o tempo despendido, em minutos, por cada enfermeiro nas visitas domiciliárias, no Caso de Estudo 3, onde estão envolvidos oito pacientes e três enfermeiros alocados ao serviço.

**Tabela 5.21:** Tempo total despendido nas visitas domiciliárias pelos enfermeiros (minutos), no Caso de Estudo 3.

	AG1	AG2
<b>Enfermeiro 1</b>	0	190
<b>Enfermeiro 2</b>	295	240
<b>Enfermeiro 3</b>	390	240

Da tabela anterior, pode observar-se que existem diferentes tempos totais despendidos nas visitas domiciliárias. Enquanto a duração total com o AG1 é de 390 minutos, apesar de não ser o pretendido, o AG2 encontrou a solução ótima com um tempo total de 240 minutos, ou seja, uma redução de 150 minutos. Também, todos os enfermeiros alocados ao serviço foram planeados de formas diferentes e visitas também distintas.

Sendo assim, fica óbvio qual a melhor implementação do algoritmo, o AG2.

À semelhança dos dois casos de estudo anteriores, a Tabela 5.22 apresenta a percentagem de sucesso dos dois algoritmos considerando 50, 100 e 200 execuções.

**Tabela 5.22:** Taxas de sucesso das implementações dos AGs no Caso de Estudo 3.

	<b>50 execuções</b>	<b>100 execuções</b>	<b>200 execuções</b>
<b>AG1</b>	0%	0%	5%
<b>AG2</b>	100%	100%	100%

A taxa de sucesso nas obtenções das soluções é de novamente 100% para o AG2. Já o AG1 apresenta ainda mais dificuldades em ter sucesso na obtenção de resultados, uma vez que, a maior parte das soluções obtidas, não iam ao encontro daquilo que era pretendido. Isto deve-se, provavelmente ao aumento da dificuldade do Caso de Estudo 1 para o Caso de Estudo 2 e consequentemente do Caso de Estudo 2 para o Caso de Estudo 3.

De referir que, o tempo médio de execução para obter uma solução com o AG1 é de cerca de 5,64 segundos, enquanto que, com a implementação AG2, são necessários 22,2 segundos até encontrar a solução para o problema de otimização.

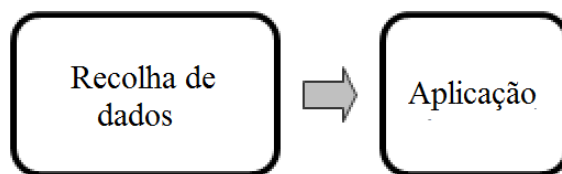
Resumindo os três casos de estudo apresentados e discutidos anteriormente, verifica-se que o AG2 usado durante este trabalho e implementado nos diferentes casos, não demora mais do que cerca de 20 segundos até apresentar as soluções. No caso do AG1, apenas apresentou resultados viáveis e aplicáveis para dois casos de estudo mas, apesar de demorar menos tempo para obter solução, não apresentou melhores resultados quando comparado com o AG2.

## Capítulo 6

# Aplicação Real

No capítulo anterior concluiu-se que a modelação matemática 3 é a que melhor representa o problema em estudo, atendendo aos resultados obtidos para os três pequenos exemplos (3 casos de estudo). Sendo assim, pretende-se, agora, aplicar este modelo a 1 dia de visitas domiciliárias de uma Unidade de Saúde de Bragança — a Unidade de Saúde de Santa Maria (Protocolo estabelecido com a Unidade de Saúde, presente no Anexo A).

Como referido no Capítulo 5, o desenvolvimento de um modelo de otimização de um problema real, para além das etapas anteriores, requer ainda a concretização de mais duas, como ilustra a Figura 6.1.



**Figura 6.1:** Abordagem final à definição de um modelo de otimização

Nesta aplicação pretende-se fazer o escalonamento dos enfermeiros da Unidade de Saúde de Santa Maria, afetos às visitas domiciliárias, dia 18 de abril de 2016.

## 6.1 Recolha de Dados e sua Caracterização

Atendendo às características do problema em estudo, interessa caracterizar os dados fornecidos pela Unidade de Saúde, em particular, enfatizar os aspetos importantes para a resolução do problema de rotas. Ou seja, o número e caracterização de enfermeiros que efetuam deslocações ao domicílio, os tipos de serviços prestados aos pacientes e o seu tempo médio de duração e, ainda, o número total de pacientes. Além disso, é importante saber os locais de deslocação, bem como, o planeamento de 1 dia de visitas domiciliárias, para motivos de comparação com a solução a ser obtida. Todos as localidades passíveis de deslocações na Unidade de Saúde, estão presentes no Anexo B.

### 6.1.1 Tipos de Serviços Prestados ao Domicílio e o seu Tempo Médio de Duração

Os serviços prestados ao domicílio pelas equipas de saúde integram cuidados de enfermagem de natureza preventiva, curativa, reabilitadora e ações paliativas. Incluem, ainda, apoio na satisfação das necessidades básicas, no desempenho das atividades de vida diária e nas atividades instrumentais da vida diária. Proporcionam, também, apoio psicossocial e ocupacional envolvendo os familiares e outros prestadores de cuidados. Por fim, podem ainda providenciar educação para a saúde dos doentes, familiares e cuidadores e ainda coordenação e gestão de casos com outros recursos de saúde e sociais.

Resumidamente, os serviços prestados podem agrupar-se em:

- Visita domiciliária Curativa (Tratamentos, atitudes terapêuticas, colheita de análises, entre outras) com duração de 15 minutos em média por cada intervenção;
- Visita domiciliária de Vigilância (1 hora em média);
- Visita domiciliária de Reabilitação (1 hora em média);

O tempo apresentado foi indicado e recolhido através das normas para o cálculo de dotações seguras dos cuidados de enfermagem, segundo dados da Ordem dos Enfermeiros (2014).

Em particular, consideram-se cinco tratamentos distintos, de acordo com a Tabela 6.1.

**Tabela 6.1:** Serviços prestados segundo os tipos de visitas domiciliares e a sua duração (minutos).

Tratamento	Descrição do Tratamento	Caracterização	Duração (minutos)
1	Visita Domiciliária Curativa	Tratamentos, por exemplo, da úlcera de pressão, úlcera venosa, feridas cirúrgicas, feridas traumáticas, ligaduras, remover material de sutura, queimaduras, avaliação e vigia de pensos em feridas	30
2	Visita Domiciliária de Vigilância e Reabilitação	Avaliação, execução e monitorização do Paciente	60
3	Visita Domiciliária Curativa e de Vigilância	Tratamento de ferida, vigiar penso, monitorização de frequência e tensão, ensinar e instruir o Paciente das complicações e patologias	75
4	Visita Domiciliária de Vigilância	Avaliar risco de queda, auto cuidado, comportamentos do Paciente e ainda os conhecimentos do prestador. Monitorizar, altura, tensão e frequência cardíaca. Regime dietético e medicamentoso do Paciente	60
5	Visita Domiciliária	Avaliar, apoiar e ensinar sobre o Luto	60

### 6.1.2 Número e Caracterização dos Enfermeiros

Existem 24 enfermeiros que podem fazer visitas domiciliares, no entanto, apenas foram considerados 12 enfermeiros.

Todos os enfermeiros possuem as mesmas aptidões, no entanto, neste estudo, nem todos poderão realizar todos os tratamentos. Na Tabela 6.2 mostrar-se-á quais os tratamentos que cada enfermeiro realizará, bem como o tempo médio de tratamento necessário.

**Tabela 6.2:** Tempo médio dos tratamentos que cada enfermeiro realiza no dia de trabalho (minutos)

	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4	Tratamento 5
Enfermeiro 1	30			60	
Enfermeiro 2	30	60		60	
Enfermeiro 3	30			60	
Enfermeiro 4	30		75	60	
Enfermeiro 5	30			60	
Enfermeiro 6	30			60	60
Enfermeiro 7	30		75	60	
Enfermeiro 8	30			60	
Enfermeiro 9	30			60	
Enfermeiro 10	30			60	
Enfermeiro 11	30			60	
Enfermeiro 12	30			60	

No dia 18 de abril existiam 31 pacientes afetos às visitas domiciliares. Na Tabela 6.3 encontram-se discriminados quais os tratamentos que cada paciente necessita.

**Tabela 6.3:** Tratamentos necessários para cada paciente no dia de trabalho.

	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4	Tratamento 5
Paciente 1	X				
Paciente 2	X				
Paciente 3	X				
Paciente 4	X				
Paciente 5		X			
Paciente 6		X			
Paciente 7		X			
Paciente 8	X				
Paciente 9	X				
Paciente 10	X				
Paciente 11	X				
Paciente 12	X				
Paciente 13	X				
Paciente 14	X				

	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4	Tratamento 5
Paciente 15			X		
Paciente 16				X	
Paciente 17	X				
Paciente 18					X
Paciente 19	X				
Paciente 20			X		
Paciente 21				X	
Paciente 22	X				
Paciente 23	X				
Paciente 24	X				
Paciente 25				X	
Paciente 26				X	
Paciente 27				X	
Paciente 28				X	
Paciente 29				X	
Paciente 30				X	
Paciente 31				X	

Os 31 pacientes encontram-se distribuídos pela região de Bragança, em particular, nas seguintes localidades, representadas na Tabela 6.4.

**Tabela 6.4:** Localidades dos pacientes para visitas domiciliárias no dia de trabalho.

	Bg	Pa	Re	Car	Esp	R	Sal	Se	Ou	M	Bda	Mil
Paciente 1	X											
Paciente 2		X										
Paciente 3	X											
Paciente 4	X											
Paciente 5	X											
Paciente 6			X									
Paciente 7	X											
Paciente 8				X								
Paciente 9					X							
Paciente 10	X											

	Bg	Pa	Re	Car	Esp	R	Sal	Se	Ou	M	Bda	Mil
<b>Paciente 11</b>						X						
<b>Paciente 12</b>	X											
<b>Paciente 13</b>	X											
<b>Paciente 14</b>							X					
<b>Paciente 15</b>	X											
<b>Paciente 16</b>								X				
<b>Paciente 17</b>		X										
<b>Paciente 18</b>	X											
<b>Paciente 19</b>									X			
<b>Paciente 20</b>	X											
<b>Paciente 21</b>	X											
<b>Paciente 22</b>										X		
<b>Paciente 23</b>	X											
<b>Paciente 24</b>	X											
<b>Paciente 25</b>											X	
<b>Paciente 26</b>	X											
<b>Paciente 27</b>	X											
<b>Paciente 28</b>	X											
<b>Paciente 29</b>	X											
<b>Paciente 30</b>												X
<b>Paciente 31</b>												X

Na tabela anterior as localidades estão representadas pela correspondente abreviatura, de acordo com a Tabela 6.5.

**Tabela 6.5:** Designação abreviada das localidades.

Localidades	Abreviaturas
Bragança	Bg
Parada	Pa
Rebordainhos	Re
Carrazedo	Car
Espinhosela	Esp
Rebordãos	R
Salsas	Sal
Serapicos	Se
Outeiro	Ou
Meixedo	M
Bragada	Bda
Milhão	Mil

Uma vez que o objetivo é minimizar o tempo total despendido pelos enfermeiros para visitar todos os pacientes, apresenta-se na Tabela 6.6 os tempos de viagem entre todas as localidades.

**Tabela 6.6:** Informação relativa aos tempos de viagem entre as diferentes localidades no dia de trabalho (em minutos).

	Bg	Pa	Re	Car	Esp	R	Sal	Se	Ou	M	Bda	Mil
Bg	15	28	25	26	20	14	23	31	23	20	22	24
Pa	28	15	27	39	37	25	25	23	27	40	26	36
Re	25	27	15	33	34	22	12	20	32	37	14	33
Car	26	39	33	15	24	23	34	42	38	39	33	39
Esp	20	37	34	24	15	24	32	40	33	18	31	34
R	14	25	22	23	24	15	20	28	26	27	19	27
Sal	23	25	12	34	32	20	15	8	30	34	9	31
Se	31	23	20	42	40	28	8	15	38	42	17	39
Ou	23	27	32	38	33	26	30	38	15	29	30	14
M	20	40	37	39	18	27	34	42	29	15	34	31
Bda	22	26	14	33	31	19	9	17	30	34	15	31
Mil	24	36	33	39	34	27	31	39	14	31	31	15

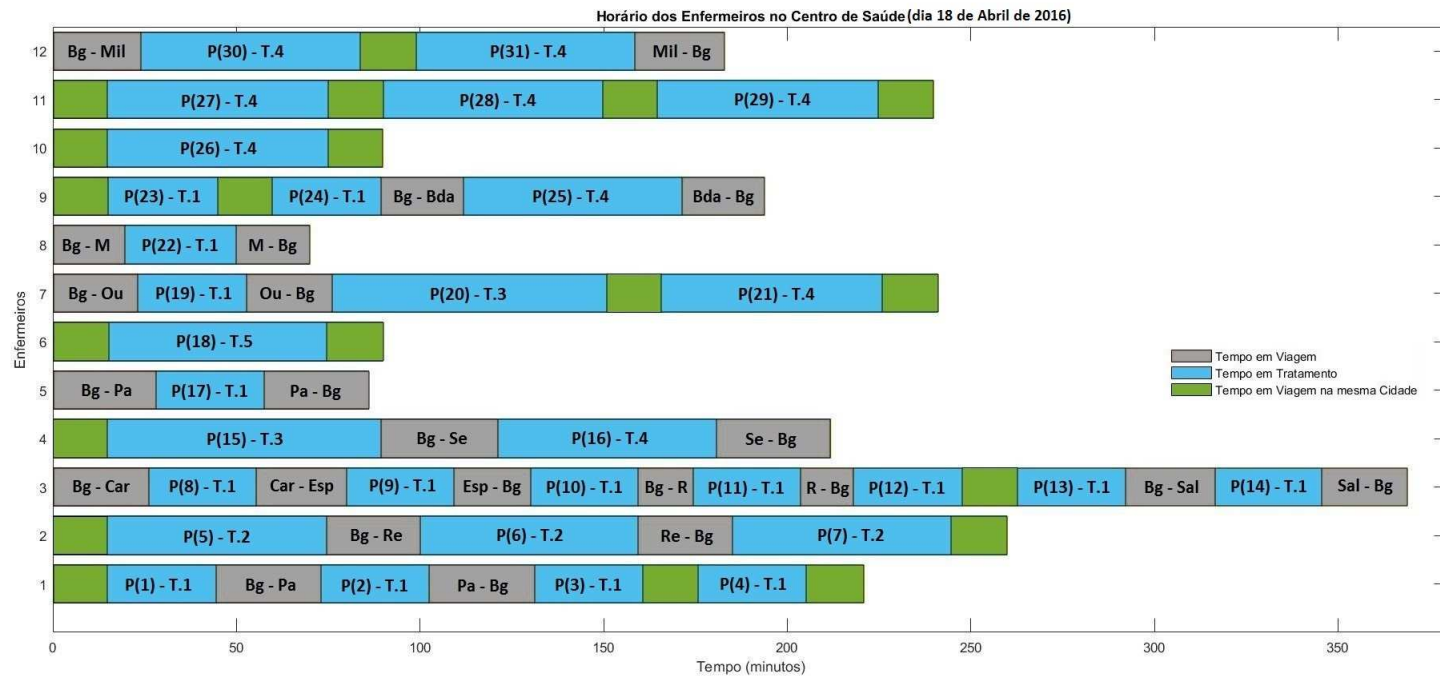
Na secção seguinte são apresentados os resultados do caso em estudo com os algoritmos utilizados.

## 6.2 Resultados Obtidos na Aplicação Real

Como já foi referido anteriormente, ao longo deste trabalho foram usados dois algoritmos baseados no método do AG; AG1 e AG2. Ambos os métodos foram implementados no *MatLab*. No entanto só o algoritmo AG2 apresentou resultados satisfatórios, assim neste capítulo apenas será usado o método AG2. Mais uma vez, os resultados e soluções numéricas apresentadas daqui em diante, foram obtidas com recurso ao *software* MatLab, utilizando um processador Intel (R) Core (TM) i7 2.2GHz CPU com 6,0 GB de memória RAM.

Inicialmente, foi recolhida a rota diária referente ao planeamento realizado pela Unidade de Saúde. Assim, é importante visualizar e ter em conta o horário disponibilizado pela Unidade de Saúde para o dia em causa. Estas rotas, não possuem qualquer modelo matemático ou sequer estão sujeitas a mecanismos computacionais.

Assim, os dados referentes às visitas domiciliárias ao cargo dos doze enfermeiros para o dia 18 de abril de 2016 foram recolhidos, devidamente tratados e identificados para consulta dos mesmos, apresentados na Figura 6.2.



**Figura 6.2:** Planeamento dos horários dos enfermeiros por parte da Unidade de Saúde (dia 18 de abril de 2016)

Referente à identificação dos pacientes e tratamentos, **P(1) – T.1** representa o paciente 1 que necessita e requer o tratamento 1.

Exemplo do planeamento para o Enfermeiro 8:

O enfermeiro 8 desloca-se da Unidade de Saúde em Bragança para a localidade de Meixedo (**Bg – M**), residência do Paciente 22. Após a chegada ao domicílio, o paciente 22 requer o tratamento 1 por parte do enfermeiro (**P(22) – T.1**). Após a prestação de cuidados, o enfermeiro regressa novamente ao ponto de origem, Unidade de Saúde (**M – Bg**). Para este enfermeiro a prestação de cuidados termina ao fim de 70 minutos.

Resumidamente, o planeamento resultante para cada enfermeiro, é apresentado na Tabela 6.7.

**Tabela 6.7:** Planeamento da Unidade de Saúde para o dia 18 de abril de 2016

Enfermeiros	Planeamento das rotas, domicílios e tratamentos
Enfermeiro 1	O enfermeiro 1 desloca-se da Unidade de Saúde para o domicílio do paciente 1 (que necessita do tratamento 1), que está inserido na mesma localidade da Unidade Saúde, de seguida viaja até Parada para cuidar do paciente 2 (tratamento 1) e posteriormente regressa a Bragança para prestar cuidados aos pacientes 3 (tratamento 1) e 4 (tratamento 1), regressando depois ao ponto de origem (Unidade de Saúde).
Enfermeiro 2	O enfermeiro 2 desloca-se da Unidade de Saúde para cuidar do paciente 5 (tratamento 2), inserido na mesma localidade, viaja em seguida até Rebordainhos para prestar cuidados ao paciente 6 (tratamento 2), regressando novamente a Bragança para tratar do paciente 7 (tratamento 2). Por fim, regressa à Unidade de Saúde.
Enfermeiro 3	O enfermeiro 3 desloca-se da Unidade de Saúde até Carrazedo para cuidar do paciente 8 (tratamento 1), em seguida viaja até Espinhosela para tratar o paciente 9 (tratamento 1), regressando novamente até Bragança para prestar cuidados ao paciente 10 (tratamento 1). Viaja novamente até Rebordãos, para cuidar do paciente 11 (tratamento 1) e regressa mais uma vez a Bragança para tratar do paciente 12 (tratamento 1). Ainda na mesma localidade, presta auxílio ao paciente 13 (tratamento 1) e desloca-se de seguida até Salsas para prestar cuidados ao paciente 14 (tratamento 1). Por fim, regressa de Salsas até ao ponto de origem.
Enfermeiro 4	O enfermeiro 4 desloca-se até ao domicílio do paciente 15 (tratamento 3), inserido na mesma localidade da Unidade de Saúde, em seguida viaja até Serapicos para prestar cuidados ao paciente 16 (tratamento 1), regressando depois ao ponto de origem (Unidade de Saúde).
Enfermeiro 5	O enfermeiro 5 desloca-se da Unidade de Saúde até Parada para prestar cuidados ao paciente 17 (tratamento 1), quando terminado o enfermeiro regressa ao ponto de origem.
Enfermeiro 6	O enfermeiro 6 desloca-se da Unidade de Saúde até ao domicílio do paciente 18 (tratamento 5), inserido na mesma localidade e quando terminado, regressa ao ponto de origem.
Enfermeiro 7	O enfermeiro 7 desloca-se da Unidade de Saúde até à localidade de Outeiro para cuidar do paciente 19 (tratamento 1), de seguida regressa a Bragança para prestar cuidados ao paciente 20 (tratamento 3) e ao paciente 21 (tratamento 4). Terminado o último paciente, regressa ao ponto de origem.
Enfermeiro 8	O Enfermeiro 8 desloca-se da Unidade de Saúde até à localidade de Meixedo para prestar cuidados ao paciente 22 (tratamento 1). Terminado o tratamento, regressa ao ponto de origem.

Enfermeiro 9	O enfermeiro 9 desloca-se da Unidade de Saúde até ao domicílio do paciente 23 (tratamento 1), ainda na mesma localidade visita o paciente 24 (tratamento 1), viaja de seguida até Bragada para prestar cuidados ao paciente 25 (tratamento 4), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 10	O enfermeiro 10 desloca-se da Unidade de Saúde até ao domicílio do paciente 26 (tratamento 4), inserido na mesma localidade. Terminado a prestação de cuidados, regressa novamente ao ponto de origem.
Enfermeiro 11	O enfermeiro 10 desloca-se da Unidade de Saúde até aos domicílios dos pacientes 27 (tratamento 4), paciente 28 (tratamento 4) e, por fim, paciente 29 (tratamento 4). Terminado a prestação de cuidados ao último paciente, regressa ao ponto de origem.
Enfermeiro 12	O enfermeiro 12 desloca-se da Unidade de Saúde até Milhão para cuidar do paciente 30 (tratamento 4) e ainda na mesma localidade presta cuidados ao paciente 31 (tratamento 4), regressando depois de Milhão ao ponto de origem.

Analisando detalhadamente o planeamento efetuado pela Unidade de Saúde, verifica-se, por exemplo, que todos os enfermeiros têm diferentes cargas horárias. Verifica-se que existem enfermeiros com apenas uma visita domiciliária, enquanto outros enfermeiros possuem mais que uma. Contudo, na Tabela 6.8 é possível visualizar o tempo total despendido por cada enfermeiro nas visitas domiciliárias do dia 18 de abril de 2016.

**Tabela 6.8:** Tempo total despendido por cada enfermeiro no dia 18 de abril de 2016 (minutos)

Enfermeiros	Tempo total despendido por cada enfermeiro nas visitas domiciliárias (minutos)
Enfermeiro 1	221
Enfermeiro 2	260
Enfermeiro 3	369
Enfermeiro 4	212
Enfermeiro 5	86
Enfermeiro 6	90
Enfermeiro 7	241
Enfermeiro 8	70
Enfermeiro 9	194
Enfermeiro 10	90
Enfermeiro 11	240
Enfermeiro 12	183

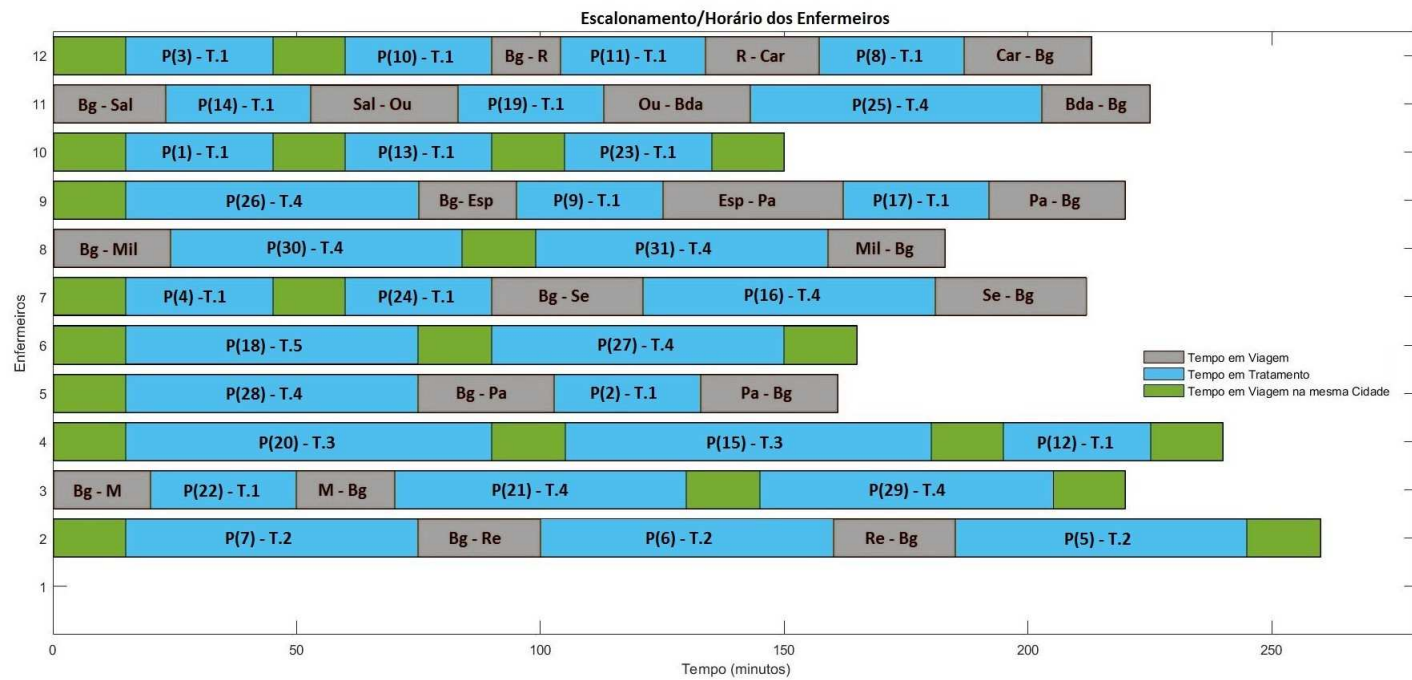
Com a tabela anterior, é possível concluir que enfermeiro 3 é quem possui uma maior carga horária, prestando cuidados domiciliárias a sete pacientes. Por outro lado, existem enfermeiros que

apenas realizam uma só visita domiciliária, como o enfermeiro 5, 6, 8 e 10.

Neste dia de trabalho, o tempo total despendido na prestação de cuidados ao domicílio termina ao fim de 369 minutos, ou seja, seis horas e quinze minutos, não esquecendo mais a hora de almoço, que pode ser incluída a partir do meio dia até às duas horas da tarde por cada enfermeiro.

Ilustrado o planeamento por parte da Unidade de Saúde e a sua devida compreensão, é necessária a comparação com os resultados obtidos computacionalmente.

Após a aplicação do algoritmo, verificou-se que o AG2 obteve três soluções ótimas para o problema em estudo. A primeira solução apresentada, mostra o horário dos enfermeiros e o planeamento das visitas domiciliárias dos mesmos, podendo ser visualizado na figura seguinte (Figura 6.3).



**Figura 6.3:** Escalonamento/Horário obtido computacionalmente para o dia 18 de abril de 2016.

A Figura 6.3, apresenta o horário de cada um dos enfermeiros (exceto enfermeiro 1), identificando passo por passo os trajetos, os diferentes tratamentos que cada enfermeiro realiza aos pacientes que lhe foram atribuídos e ainda o término após a conclusão das prestações de cuidados, ou seja, o regresso ao ponto de origem (Unidade de Saúde).

Todavia, a Tabela 6.9, apresenta uma breve e detalhada revisão do resultado obtido, permitindo analisar enfermeiro por enfermeiro o planeamento obtido para o dia de visitas domiciliárias.

**Tabela 6.9:** Revisão do planeamento obtido para o dia 18 de abril de 2016

Enfermeiros	Legenda do Escalonamento da Rota obtida
Enfermeiro 1	A solução obtida não planeou visitas domiciliárias para o Enfermeiro 1.
Enfermeiro 2	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao paciente 7 (tratamento 2), viaja de seguida até Rebordainhos para tratar o Paciente 6 (tratamento 2), regressa de Rebordainhos a Bragança e presta cuidados ao Paciente 5 (tratamento 2), por fim regressa ao ponto de origem (Centro de Saúde).
Enfermeiro 3	Unidade de Saúde (Bragança) até Meixedo, presta cuidados ao Paciente 22 (tratamento 1), viaja novamente de Meixedo até Bragança para tratar dos Pacientes 21 (tratamento 4) e 29 (tratamento 4), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 4	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 20 (tratamento 3), ainda na mesma localidade trata também o Paciente 15 (tratamento 3) e Paciente 12 (tratamento 1), regressando novamente ao ponto de origem.
Enfermeiro 5	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 28 (tratamento 4), viaja de seguida de Bragança para Parada para tratar o Paciente 2 (tratamento 1), regressando depois de Parada até ao ponto de origem.
Enfermeiro 6	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 18 (tratamento 5), de seguida e na mesma localidade, presta também cuidados ao paciente 27 (tratamento 4), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 7	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 4 (tratamento 1), ainda na mesma localidade trata do Paciente 24 (tratamento 1), viaja de seguida de Bragança até Serapicos para cuidar do Paciente 16 (tratamento 4), regressando depois de Serapicos até ao ponto de origem.
Enfermeiro 8	Unidade de Saúde (Bragança) até Milhão, presta cuidados ao Paciente 30 (tratamento 4), novamente na mesma localidade, presta cuidados ao Paciente 31 (tratamento 4). Terminada a prestação de cuidados, regressa novamente ao ponto de origem.
Enfermeiro 9	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 26 (tratamento 4), viaja em seguida de Bragança até Espinhosela para tratar do Paciente 9 (tratamento 1), de Espinhosela desloca-se até Parada para cuidar do Paciente 17 (tratamento 1), regressando depois de Parada até ao ponto de origem.
Enfermeiro 10	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 1 (tratamento 1), novamente e na mesma localidade realiza tratamentos ao Paciente 13 (tratamento 1) e ao Paciente 23 (tratamento 1), regressando depois ao ponto de origem.

Enfermeiro 11	Unidade de Saúde (Bragança) até Salsas, presta cuidados ao Paciente 14 (tratamento 1), viaja em seguida de Salsas até Outeiro para tratar do Paciente 19 (tratamento 1), de seguida, viaja novamente de Outeiro até Bragada para cuidar do Paciente 25 (tratamento 4), regressando depois de Bragada ao ponto de origem.
Enfermeiro 12	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 3 (tratamento 1), ainda na mesma localidade trata também do Paciente 10 (tratamento 1), viaja de seguida de Bragança até Rebordãos para tratar o Paciente 11 (tratamento 1), novamente viaja de Rebordãos até Carrazedo para cuidar do Paciente 8 (tratamento 1), regressando depois de Carrazedo até Bragança (ponto de origem).

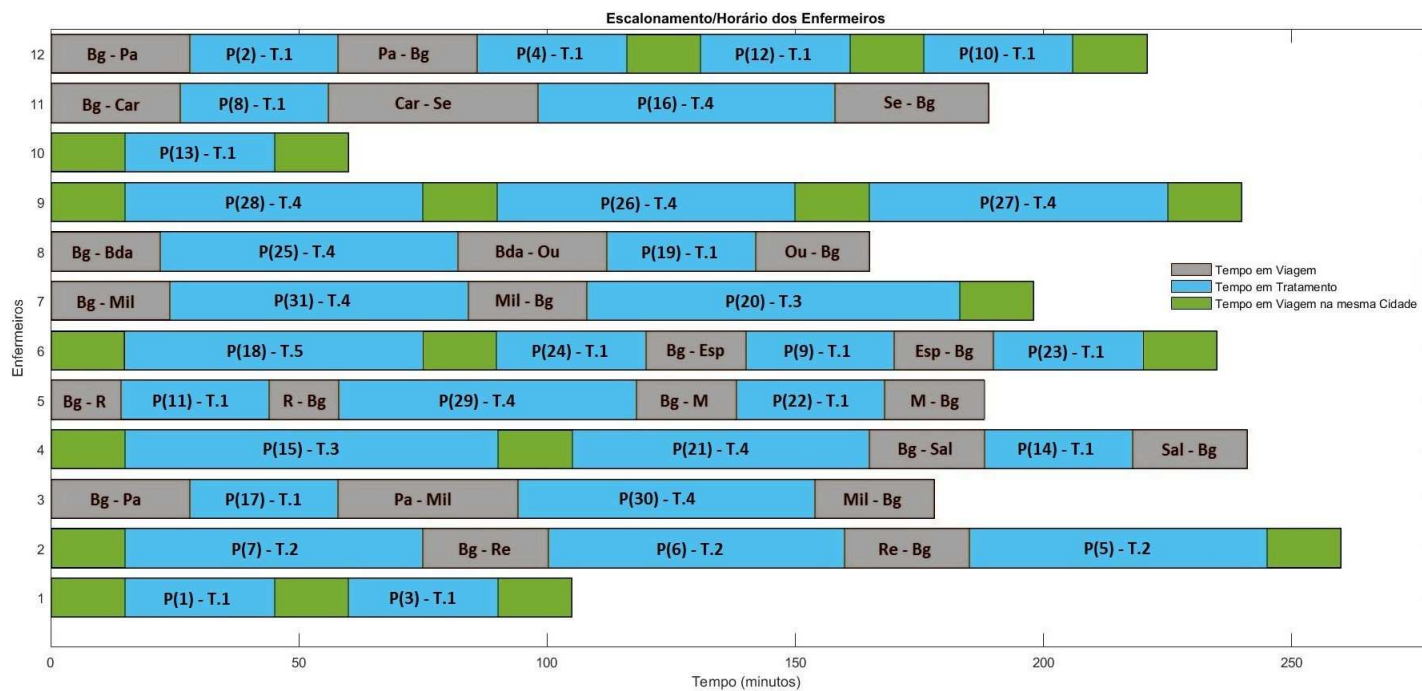
Após a sucinta revisão apresentada na tabela anterior, é possível concluir que o planeamento e a distribuição dos vários pacientes pelos doze enfermeiros ocorreu de forma admissível. O horário obtido, permite também verificar os diferentes trajetos e viagens que cada enfermeiro realiza nas visitas domiciliárias. Apesar do enfermeiro 1 não realizar visitas domiciliárias, todos os pacientes foram devidamente correspondidos e tratados pelos restantes enfermeiros. Com isto, o enfermeiro 1 pode ser alocado a outro serviço, que possa fazer falta na Unidade de Saúde, sabendo que o dia de visitas domiciliárias ocorreu sem precedentes e ainda com redução de custos que lhe seriam aplicados no transporte do enfermeiro.

Analisando o planeamento obtido pelo AG2, verifica-se, por exemplo, que todos os enfermeiros têm cargas horárias mais consistentes entre eles e não tantas discrepâncias como a solução planeada pela Unidade de Saúde.

Concluindo, a solução obtida e apresentada na Figura 6.3, mostra que a conclusão do dia de visitas domiciliárias, termina ao fim de 260 minutos, ou seja, quatro horas e trinta minutos, representando uma significativa redução quando comparada com o planeamento da Unidade de Saúde, que era de 369 minutos.

A aplicação real aqui desenvolvida e relatada, permite realizar inúmeras execuções na procura da melhor solução, ou seja, a solução ótima não é única, pode haver vários resultados bons e admissíveis na prestação de cuidados ao domicílio.

Assim, caso a política da Unidade de Saúde, exija planear exatamente os 12 enfermeiros atribuídos para o dia de visitas domiciliárias em questão, a aplicação desenvolvida permitiu assim obter mais uma solução ótima, apresentada na Figura 6.4.



**Figura 6.4:** Segundo Escalonamento/Horário obtido computacionalmente para o dia 18.

A Figura 6.4, possui novamente o horário de cada um dos enfermeiros, identificando passo por passo os trajetos, os diferentes tratamentos que cada enfermeiro realiza aos pacientes que lhe foram atribuídos e ainda o término após a conclusão das prestações de cuidados, ou seja, o regresso ao ponto de origem (Unidade de Saúde).

A Tabela 6.10, apresenta mais uma vez, uma breve e detalhada revisão do segundo resultado obtido, permitindo analisar enfermeiro por enfermeiro o planeamento obtido para o dia de visitas domiciliárias.

**Tabela 6.10:** Revisão do segundo planeamento obtido para o dia 18 de abril

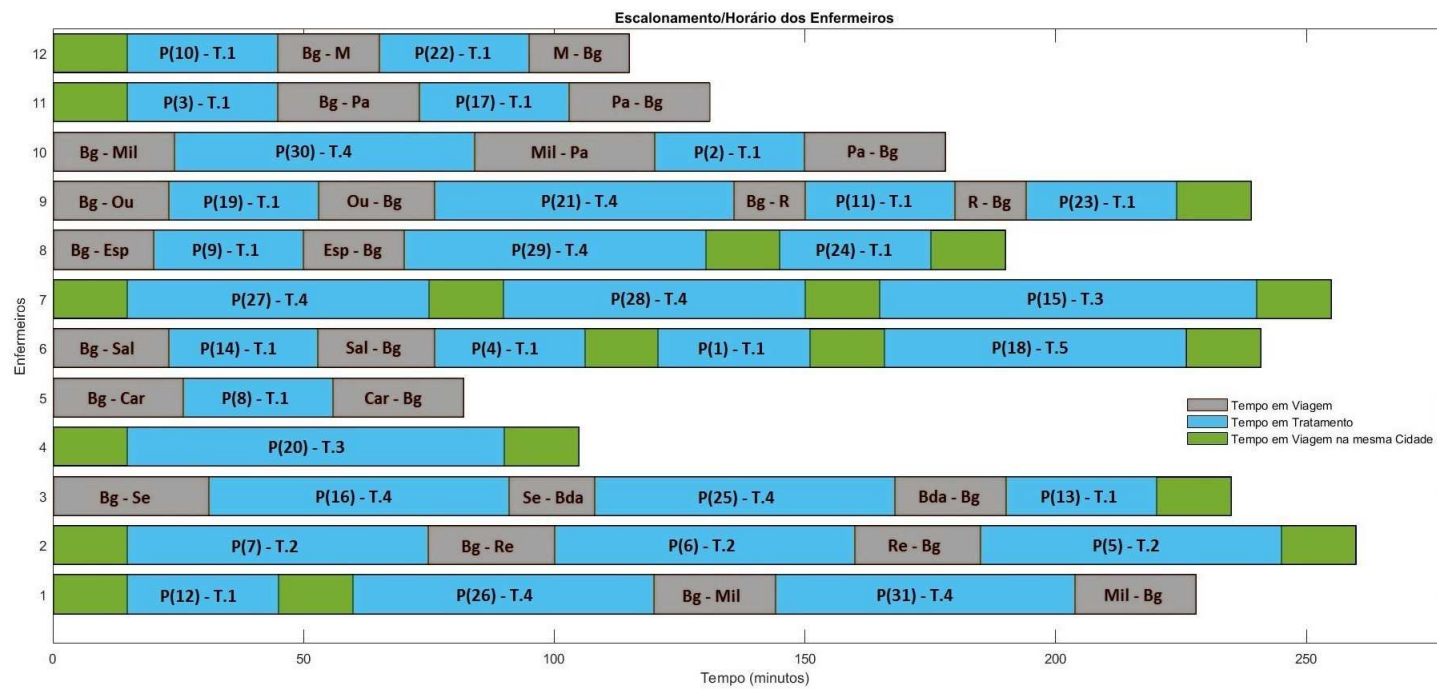
Enfermeiros	Legenda do Escalonamento da Rota obtida
Enfermeiro 1	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 1 (tratamento 1), ainda na mesma localidade cuida do Paciente 3 (tratamento 1), regressando depois até ao ponto de origem (Unidade de Saúde).
Enfermeiro 2	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 7 (tratamento 2), viaja de seguida até Rebordainhos para tratar o Paciente 6 (tratamento 2), viaja novamente e regressa de Rebordainhos a Bragança para cuidar do Paciente 5 (tratamento 2), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 3	Unidade de Saúde (Bragança) até Parada, presta cuidados ao Paciente 17 (tratamento 1), viaja de seguida de Parada até Milhão para tratar do Paciente 30 (tratamento 4), regressando de seguida de Milhão até ao ponto de origem.
Enfermeiro 4	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 15 (tratamento 3), ainda na mesma localidade cuida do Paciente 21 (tratamento 4), em seguida viaja até Salsas para tratar do Paciente 14 (tratamento 1). Por fim, regressa de Salsas até ao ponto de origem.
Enfermeiro 5	Unidade de Saúde (Bragança) até Rebordãos, presta cuidados ao Paciente 11 (tratamento 1), viaja de seguida e regressa a Bragança para tratar o Paciente 29 (tratamento 4), novamente viaja de Bragança até Meixedo para cuidar do Paciente 22 (tratamento 1). Por fim, regressa de Meixedo até ao ponto de origem.
Enfermeiro 6	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 18 (tratamento 5), ainda na mesma localidade também cuida do Paciente 24 (tratamento 1), viaja de seguida de Bragança até Espinhosela para tratar do Paciente 9 (tratamento 1). Após isto, regressa novamente a Bragança e presta cuidados de saúde ao Paciente 23 (tratamento 1), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 7	Unidade de Saúde (Bragança) até Milhão, presta cuidados ao Paciente 31 (tratamento 4), viaja de seguida e regressa a Bragança para tratar o Paciente 20 (tratamento 3), regressando novamente até ao ponto de origem.
Enfermeiro 8	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragada, presta cuidados ao Paciente 25 (tratamento 4), viaja de seguida de Bragada até à localidade de Outeiro para tratar do Paciente 19 (tratamento 1), regressando depois de Outeiro até ao ponto de origem.
Enfermeiro 9	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 28 (tratamento 4), ainda na mesma localidade, cuida do Paciente 26 (tratamento 4) e ainda do Paciente 27 (tratamento 4), regressando novamente ao ponto de origem.

Enfermeiro 10	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, onde presta cuidados ao Paciente 13 (tratamento 1), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 11	Unidade de Saúde (Bragança) até Carrazedo, onde presta cuidados ao Paciente 8 (tratamento 1), viaja de seguida de Carrazedo até Serapicos para tratar do Paciente 16 (tratamento 4), regressando depois de Serapicos até ao ponto de origem.
Enfermeiro 12	Unidade de Saúde (Bragança) até Parada, presta cuidados ao Paciente 2 (tratamento 1), viaja de seguida e regressa a Bragança para tratar os Pacientes 4 (tratamento 1), 12 (tratamento 1) e por fim o Paciente 10 (tratamento 1). Após o último paciente, regressa novamente até ao ponto de origem.

Após a sucinta revisão apresentada na tabela anterior, é possível concluir que o planeamento e a distribuição dos vários pacientes pelos doze enfermeiros ocorreu de forma admissível. Verifica-se que, todos os enfermeiros realizam e prestam cuidados de saúde aos pacientes, que lhe estão subjacentes segundo os dados da Unidade de Saúde. O horário obtido, permite também verificar os diferentes trajetos e viagens que cada enfermeiro realiza nas visitas domiciliárias.

Concluindo, a segunda solução obtida e apresentada na Figura 6.4, mostra que a conclusão do dia de visitas domiciliárias (dia 18 de Abril) termina ao fim de 260 minutos, obtendo novamente uma significativa redução quando comparada com o planeamento da Unidade de Saúde.

De modo a mostrar que a aplicação obteve outra solução ótima, um novo escalonamento do dia em causa será apresentado de seguida (Figura 6.5). Esta solução torna-se assim, mais uma possibilidade de planear os 12 enfermeiros para as visitas domiciliárias.



**Figura 6.5:** Terceiro Escalonamento/Horário obtido computacionalmente para o dia 18.

A Figura 6.5, possui mais uma vez o horário de cada um dos enfermeiros, identificando passo por passo os trajetos, os diferentes tratamentos que cada enfermeiro realiza aos pacientes que lhe foram atribuídos e ainda o término após a conclusão das prestações de cuidados, ou seja, o regresso ao ponto de origem (Unidade de Saúde).

Por sua vez, a Tabela 6.11, contém uma breve e detalhada revisão do terceiro resultado obtido, permitindo analisar enfermeiro por enfermeiro o planeamento obtido para o dia de visitas domiciliárias.

**Tabela 6.11:** Revisão do terceiro planeamento obtido para o dia 18 de abril

Enfermeiros	Legenda do Escalonamento da Rota obtida
Enfermeiro 1	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 12 (tratamento 1), ainda na mesma localidade cuida do Paciente 26 (tratamento 4), viaja de seguida até Milhão para tratar do paciente 31 (tratamento 4), acabando por regressar de Milhão até ao ponto de origem (Unidade de Saúde).
Enfermeiro 2	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 7 (tratamento 2), viaja de seguida até Rebordainhos para tratar o Paciente 6 (tratamento 2), viaja novamente e regressa de Rebordainhos a Bragança para cuidar do Paciente 5 (tratamento 2), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 3	Unidade de Saúde (Bragança) até Serapicos, presta cuidados ao Paciente 16 (tratamento 4), viaja de seguida de Serapicos até Bragada para tratar do Paciente 25 (tratamento 4), regressando de seguida até Bragança para cuidar e tratar o paciente 13 (tratamento 1), voltando novamente até ao ponto de origem.
Enfermeiro 4	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 20 (tratamento 3), regressando de seguida até ao ponto de origem.
Enfermeiro 5	Unidade de Saúde (Bragança) até Carrzedo, presta cuidados ao Paciente 8 (tratamento 1) e quando terminado regressa novamente ao ponto de origem.
Enfermeiro 6	Unidade de Saúde (Bragança) até Salsas, presta cuidados ao Paciente 14 (tratamento 1), viaja de seguida e regressa a Bragança para tratar os pacientes 4 (tratamento 1), 1 (tratamento 1) e, por fim, o paciente 18 (tratamento 5). Após isto, regressa novamente de Bragança até ao ponto de origem.
Enfermeiro 7	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, para prestar cuidados aos pacientes 27 (tratamento 4), 28 (tratamento 4) e, por fim, o paciente 15 (tratamento 3) regressando novamente até ao ponto de origem.
Enfermeiro 8	Unidade de Saúde (Bragança) até Espinhosela, presta cuidados ao Paciente 9 (tratamento 1), viaja de seguida e regressa a Bragança para tratar o paciente 29 (tratamento 4) e o paciente 24 (tratamento 1), regressando depois até ao ponto de origem.
Enfermeiro 9	Unidade de Saúde (Bragança) até Outeiro, presta cuidados ao paciente 19 (tratamento 1), regressa a Bragança para tratar do paciente 21 (tratamento 4), viaja novamente de Bragança até Rebordãos para cuidar do paciente 11 (tratamento 1). Terminado, regressa mais uma vez a Bragança para tratar o paciente 23 (tratamento 1), regressando depois até ao ponto de origem.

---

Enfermeiro 10	Unidade de Saúde (Bragança) até Milhão, onde presta cuidados ao Paciente 30 (tratamento 4), viaja de seguida até Parada para cuidar do paciente 2 (tratamento 1), regressando depois até ao ponto de origem.
Enfermeiro 11	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, onde presta cuidados ao Paciente 3 (tratamento 1), viaja de seguida até Parada para tratar do Paciente 17 (tratamento 1), regressando depois de Parada até ao ponto de origem.
Enfermeiro 12	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 10 (tratamento 1), viaja de seguida até Meixedo para tratar o paciente 22 (tratamento 1), regressando após terminar o último paciente de Meixedo até ao ponto de origem

---

Concluindo, a segunda solução obtida e apresentada na Figura 6.5, mostra que a conclusão do dia de visitas domiciliárias termina novamente, ao fim de 260 minutos.

Esta terceira e última solução apresentada, mostra-se como outra opção viável e possibilita a Unidade de Saúde de escolher, entre várias soluções ótimas, o planeamento que prefere consoante as necessidades de cada enfermeiro, critérios de seleção ou percalços que possam acontecer no dia de trabalho.

### 6.3 Discussão dos Resultados na Aplicação Real

As diferentes soluções ótimas obtidas para o caso real foram realizadas apenas pelo método AG2, e os tempos totais despendidos por cada enfermeiro nas visitas domiciliárias em todas as soluções são apresentadas na Tabela 6.12.

**Tabela 6.12:** Tempo total despendido por cada enfermeiro nos planeamentos obtidos (AG2).

<b>Tempo total despendido em cada Planeamento (minutos)</b>			
<b>Enfermeiros</b>	<b>1ª Solução</b>	<b>2ª Solução</b>	<b>3ª Solução</b>
Enfermeiro 1	0	105	228
Enfermeiro 2	260	260	260
Enfermeiro 3	220	178	235
Enfermeiro 4	240	241	105
Enfermeiro 5	161	188	82
Enfermeiro 6	165	235	241
Enfermeiro 7	212	198	255
Enfermeiro 8	183	165	190
Enfermeiro 9	220	240	239
Enfermeiro 10	150	60	178
Enfermeiro 11	225	189	131
Enfermeiro 12	213	221	115

A Tabela 6.12, revela que o tempo total despendido nas visitas domiciliárias, pelas três soluções ótimas obtidas, nunca ultrapassa a duração de 260 minutos, enquanto que o tempo total do planeamento da Unidade de Saúde, era de 369 minutos.

Assim, e comparativamente com o próprio planeamento da Unidade de Saúde, para o mesmo dia, esta aplicação apresenta uma diminuição de uma hora e quarenta e cinco minutos na duração total das visitas domiciliárias. Nota-se assim, uma significativa melhoria no tempo total despendido, ou seja, uma redução de quase duas horas de trabalho e conseqüentemente uma redução dos custos

envolvidos.

Para a obtenção de resultados, foram realizadas várias execuções, na tentativa de obter várias soluções ótimas para o mesmo problema, ou seja, executou-se inicialmente o AG2 para 1, 10 e 50 execuções. Todas elas obtiveram 100% de sucesso.

Deste modo, foram apresentadas apenas as três melhores soluções encontradas para o problema. A Tabela 6.13 diz respeito ao tempo de execução das mesmas, ou seja, o tempo demorado até obter a solução, bem como, o tempo médio do total das execuções efetuadas.

**Tabela 6.13:** Tempos das execuções das soluções

<b>Tempo de execução (segundos)</b>	
<b>1ª Solução</b>	108
<b>2ª Solução</b>	103.8
<b>3ª Solução</b>	102.6
<b>Média total</b>	106.2

Através dos resultados apresentados na Tabela 6.13, não são superiores a 2 minutos, o que sugere uma rápida obtenção de soluções quando comparado com o método de planeamento manual.

Optou-se por se apresentar 3 soluções de modo a mostrar que esta aplicação é uma proposta viável e aplicável, uma vez que, é possível obter mais do que uma solução.

Concluindo, a aplicação possibilita à Unidade de Saúde, não só otimizar as suas rotas, como escolher o “ótimo” e mais adequado escalonamento/planeamento, consoante os seus critérios de seleção ou percalços que possam acontecer no dia de trabalho. Consegue-se gerir melhor os horários, quer das visitas quer dos enfermeiros, conforme as necessidades da Unidade de Saúde. Outros resultados/soluções que poderiam ser aplicadas ao caso real são apresentadas no Anexo C.



## Capítulo 7

# Conclusão e Trabalho Futuro

Devido ao envelhecimento, serviços de saúde prestados ao domicílio apresentam cada vez mais um papel importante para Portugal, e em particular para a região de Bragança.

Contudo cada vez mais estes sistemas de apoio na saúde são confrontados com uma crescente exigência e expectativas de melhoria. Usualmente, as visitas domiciliárias são planeadas de forma manual e sem apoio computacional, ou seja, a solução obtida pode não ser a melhor. Neste sentido, e na tentativa de minorar os custos envolvidos, é necessário utilizar estratégias que minimizem os tempos totais despendidos nas rotas de visitação domiciliária, sem no entanto, piorar a qualidade dos serviços prestados.

Assim, a otimização pode ser usada com grande benefício no contexto de Unidades de Saúde, ou seja, no planeamento e escalonamento de enfermeiros que prestem cuidados de saúde em visitas domiciliárias.

Como foi observado, o Algoritmo Genético tem vindo a ser cada vez mais utilizado para a resolução de problemas complexos, apresentando muitas das vezes diferentes soluções de escalonamento para o mesmo problema. Durante a realização deste projeto, foram testados dois algoritmos genéticos, AG1 e AG2, sempre com recurso à utilização do *software* MatLab.

Foram realizados planeamentos manuais para que fosse possível compará-los aos métodos computacionais e para que também fosse possível mostrar que realizar o planeamento com recurso a métodos manuais demoraria mais tempo e que, em casos mais complicados, seria extremamente

difícil obter as rotas ótimas para os enfermeiros.

Verificou-se que a formulação geral do problema juntamente com a modelação matemática 3, apresentaram os melhores resultados para os três caso de estudo, superando todas as outras modelações. Nos três casos de estudo, testados e avaliados, verificou-se que o AG2 obteve sempre uma taxa de sucesso de 100%, ou seja, conseguiu sempre soluções viáveis. Por sua vez, o AG1 obteve taxas de sucesso mínimas para o caso de estudo 1 e 2, e praticamente nulas para o caso de estudo 3, mesmo após serem feitas várias execuções para ambos os algoritmos. De referir, que apesar do AG1 demorar em média menos tempo para devolver uma solução, não apresentou os melhores resultados quando comparado com o AG2, que demora em média 20 segundos até alcançar soluções.

Concluindo, estes resultados revelam que quando há uma maior complexidade do problema, o AG1 não é capaz de solucionar o problema enquanto que o AG2, encontra sempre solução ótima.

O AG2 foi sujeito a uma aplicação real, devolvendo três soluções ótimas em inúmeras execuções. Estas soluções, nunca ultrapassaram a duração de 260 minutos, enquanto que o planeamento da Unidade de Saúde, para o mesmo dia, era de 369 minutos. Nota-se assim, uma significativa melhoria no tempo total despendido. Esta aplicação, para além de viável, permite que a Unidade de Saúde obtenha sempre mais do que uma solução, ou seja, dá sempre a possibilidade de haver um plano alternativo para os escalonamentos/planeamentos diários.

O problema de programação de equipas de enfermeiros foi eficientemente resolvido usando o algoritmo genético. Além disso, a solução ótima foi encontrada rapidamente.

Esta abordagem representa uma valorização para todas as pessoas envolvidas, profissionais de saúde e pacientes.

Por muito que os objetivos tenham sido atingidos, alcançando resultados bastante satisfatórios, futuramente, há alguns aspetos que podem ser melhorados para que os procedimentos ótimos de visitas domiciliárias em Unidades de Saúde possa ser ainda melhor. Uma perspetiva futura seria, reformular-se o problema e ter em conta o número de carros disponível por enfermeiro na Unidade de Saúde, pois pode acontecer que, nem sempre todos os enfermeiros atribuídos para um dia de

---

visitação domiciliária podem ter carro disponível. Outra perspetiva, seria adaptar a metodologia e algoritmo desenvolvido numa aplicação web, ou seja, todos os planeamentos e soluções obtidas seriam alvo de manipulação e gestão logística online, de fácil visualização e acesso em qualquer equipamento com internet. Verificou-se que esta segunda perspetiva era também uma necessidade premente pela Unidade de Saúde de Santa Maria.



# Bibliografia

- Aarts, E., Korst, J., and Michiels, W. (2014). Simulated annealing. In *Search methodologies*, pages 265–285. Springer.
- Anita Maria, d. R. F. (2005). *Inteligência Artificial: noções gerais*. Visual Books.
- Arranz de la Peña, J. and Parra Truyol, A. (2007). Algoritmos genéticos. *Universidad Carlos III*.
- Belegundu, A. D. and Chandrupatla, T. R. (2011). *Optimization Concepts and Applications in Engineering*. Nova Iorque: Cambridge University Press.
- Belfiore, P. P. and Yoshizaki, H. T. Y. (2006). Scatter search para problemas de roteirização de veículos com frota heterogênea, janelas de tempo e entregas fracionadas. 16:455–469.
- Benzarti, E., Sahin, E., and Dallery, Y. (2012). Operations management applied to home care services: Analysis of the districting problem. *Decision Support Systems*, 55:587–598.
- Bertels, S. and Fahle, T. (2006). A hybrid setup for a hybrid scenario: combining heuristics for the home health care problem. *Computers and Operations Research*, 33:2866–2890.
- Braysy, O., Nakari, P., Dullaert, W., and Neittaanmaki, P. (2009). An optimization approach for communal home meal delivery service: A case study. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 232:46–53.
- Carvalho, J. and Ramos, T. (2009). *Logística na saúde*. Edições Sílabo. Lisboa.
- Catarina, A. (2005). Algoritmos evolutivos aplicados ao processo de análise de dados geográficos. *INPE. São José dos Campos-SP*, pages 100–150.

- Chipperfield, A., Fleming, P., Pohlheim, H., and Fonseca, C. (1994). Genetic algorithm toolbox for use with matlab.
- Christofides, N., Mingozzi, A., and Toth, P. (1981). Exact algorithms for the vehicle routing problem, based on spanning tree and shortest path relaxations. *Mathematical programming*, 20(1):255–282.
- Clausen, J. (1999). Branch and bound algorithms-principles and examples. *Department of Computer Science, University of Copenhagen*, pages 1–30.
- Coloni, A., Dorigo, M., Maniezzo, V., et al. (1991). Distributed optimization by ant colonies. In *Proceedings of the first European conference on artificial life*, volume 142, pages 134–142.
- Cordeau, J.-F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J.-Y., and Semet, F. (2002). A guide to vehicle routing heuristics. *Journal of the Operational Research society*, 53(5):512–522.
- Currálo, A., Pereira, A. I., Barbosa, J., and Leitão, P. (2013). Sensibility study in a flexible job shop scheduling problem. In *11th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, ICNAAM 2013*, volume 1558, pages 634–637.
- Dantzig, G. B. and Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6:80–91.
- Diário da República, D. (2006). Decreto - lei nº 101/2006, de 6 de junho.
- El Fallahi, A., Prins, C., and Calvo, R. W. (2008). A memetic algorithm and a tabu search for the multi-compartment vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 35(5):1725–1741.
- Ferreira, F. A. (1990). *Moderna saúde pública*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Gen, M. and Cheng, R. (2000). *Genetic algorithms and engineering optimization*, volume 7. John Wiley & Sons.
- Gestal, M., Rivero, D., Rabuñal, J. R., Dorado, J., and Pazos, A. (2010). Introducción a los algoritmos genéticos y la programación genética. *A Coruña*, 2010:30–68.

- 
- Golberg, D. E. (1989). Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. *Addion wesley*, 1989:102.
- Gomes, B., Sarmiento, V. P., Ferreira, P. L., and Higginson, I. J. (2013). Estudo epidemiológico dos locais de morte em portugal em 2010 e comparação com as preferências da população portuguesa. *Acta Médica Portuguesa*, 26(4).
- Hillier, F. S. and Lieberman, G. J. (2006). *Introdução à pesquisa operacional*. McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda, 8 edition.
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. U Michigan Press.
- INE (2015). Dia mundial da população. *Destaque*, pages 1–8.
- Instituto da Segurança Social, I. (2014). Guia prático - rede nacional de cuidados continuados integrados. *Departamento de Comunicação e Gestão do Cliente*.
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., Vecchi, M. P., et al. (1983). Optimization by simulated annealing. *science*, 220(4598):671–680.
- Kumar, M., Husian, M., Upreti, N., and Gupta, D. (2010). Genetic algorithm: Review and application. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*, 2(2):451–454.
- Kumar, S. N. and Panneerselvam, R. (2012). A survey on the vehicle routing problem and its variants. *Intelligent Information Management*, 4(3):66.
- Kuo, Y. and Wang, C.-C. (2011). Optimizing the vrp by minimizing fuel consumption. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 22(4):440–450.
- Laporte, G. (1992). The vehicle routing problem : An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, pages 345–358.
- Larsen, A. (2000). *The Dynamic Vehicle Routing Problem*. Bookbinder Hans Meyer.

- Li, J. (2012). Vehicle routing problem with time windows for reducing fuel consumption. *Journal of Computers*, 7(12):3020–3027.
- Loureiro, M. d. M. R. (2010). *Optimização de Rotas de Transporte de Doentes Programados: O Caso da Cruz Vermelha Portuguesa Amadora–Sintra*. PhD thesis, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade Técnica de Lisboa.
- Lysgaard, J. (1997). Clarke & wright’s savings algorithm. *Department of Management Science and Logistics, The Aarhus School of Business*, 44.
- Machado, P., Tavares, J., Pereira, F. B., and Costa, E. (2002). Vehicle routing problem: Doing it the evolutionary way. *Instituto Superior de Engenharia de Coimbra*.
- Mankowska, D. S., Meisel, F., and Bierwirth, C. (2013). The home health care routing and scheduling problem with interdependent services. *Health Care Management Sciences*, 17:15–30.
- Ministério da Saúde, M. (2007). Cuidados continuados integrados nos cuidados de saúde primários - carteira de serviços.
- Nickel, S., Schröder, M., and Steeg, J. (2011). Mid-term and short-term planning support for home health care services. *European Journal of Operational Research*, 219:574–587.
- Nocedal, J. and Wright, S. (1999). *Numerical Optimization*. Springer Series in Operations Research. Springer.
- Ordem dos Enfermeiros, O. (2014). Norma para o cálculo de dotações seguras dos cuidados de enfermagem.
- Osman, I. H. and Laporte, G. (1996). Metaheuristics: A bibliography. *Annals of Operations research*, 63(5):511–623.
- Penna, P. H. V., Subramanian, A., and Ochi, L. S. (2013). An iterated local search heuristic for the heterogeneous fleet vehicle routing problem. *Journal of Heuristics*, 19(2):201–232.
- Rao, S. S. and Rao, S. (2009). *Engineering optimization: theory and practice*. John Wiley & Sons.

- Rasmussen, M. S., Justesen, T., Dohn, A., and Larsen, J. (2012). The home care crew scheduling problem: Preference-based visit clustering and temporal dependencies. *European Journal of Operational Research*, 219:598–610.
- Reeves, C. R. (1993). *Modern heuristic techniques for combinatorial problems*. John Wiley & Sons, Inc.
- Sahin, E. and Matta, A. (2014). A contribution to operations management-related issues and models for home care structures. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 18:355–385.
- Salinas, R. C. and Madison, S. D. (2016). Home health care. In *Post-Acute and Long-Term Medicine*, pages 1–11. Springer.
- Saramago, S. P. (2010). Técnicas heurísticas de otimização aplicadas em engenharia. *Horizonte Científico*, 3(2).
- Surekha, P. and Sumathi, S. (2011). Solution to multi-depot vehicle routing problem using genetic algorithms. *World Applied Programming*, 1(3):118–131.
- The MathWorks, I. (2016). Mathwork.
- Toth, P. and Vigo, D. (2014). *Vehicle routing: problems, methods, and applications*, volume 18. Siam.
- Wassenhove, V. (2006). Humanitarian logistics and supply chain management. A. Cozzolino, *Humanitarian Logistics*, pages 475–489.



## **Anexo A**

# **Protocolo estabelecido com a Unidade de Saúde**

A aplicação real surgiu de um protocolo estabelecido com a Unidade de Saúde em causa, ou seja, foi possível ter acesso a dados e a informações necessárias para a correta aplicação da metodologia desenvolvida.

Inicialmente, criou-se um resumo sobre o projeto “Estudo sobre os procedimentos ótimos em deslocações ao domicílio”, com os objetivos em causa, a sinopse de procedimento, as informações a obter e, pro fim, os princípios éticos associados. Este resumo é apresentado na Figura 7.1.

## Estudo sobre os procedimentos ótimos em deslocações ao domicílio

### Objetivos

O estudo que se pretende realizar tem como objetivo geral identificar dos procedimentos ótimos a realizar em deslocações de profissionais de saúde, a desempenhar funções no Centro de Saúde de Bragança – Unidade de Santa Maria, ao domicílio dos utentes a quem prestam cuidados. Pretende-se identificar qual a distribuição ótima dos profissionais de forma a minimizar o custo de deslocação e o tempo gasto considerando o horário de trabalho, o tipo de deslocação, o local de deslocação, entre outras.

O objetivo final do estudo é identificar qual a distribuição ótima dos profissionais de saúde de forma a minimizar o custo de deslocação e o tempo gasto.

Solicitamos, se possível, que a recolha de informação seja feita, durante os meses de abril e de maio, no Centro de Saúde de Santa Maria, em Bragança, ficando a cargo da Sra. Enfermeira com funções de chefia Anabela Martins.

### Síntese de procedimento

Neste estudo apenas é necessário ter acesso a informações gerais sobre os procedimentos dos profissionais aquando a uma deslocação ao domicílio. Um aluno do curso de mestrado em Tecnologia Biomédica devidamente identificado procederá à recolha da informação.

### Informação a obter:

- Número de profissionais que efetuam deslocações ao domicílio e suas competências;
- Tipo de serviços prestados no domicílio;
- Locais possíveis de deslocação;
- Tempo médio necessário para cada visita domiciliária;
- Horário de trabalho de cada profissional,
- Número de profissionais por visita;
- É possível efetuar horas extraordinárias? Se sim, qual o seu custo;
- Os profissionais devem voltar sempre ao seu local de trabalho após cada deslocação ou pode efetuar várias visitas?
- Tipologia dos veículos utilizados e quantidade de veículos usados por dia;
- Custo médio das deslocações (diário ou semanal ou mensal);

- Os pacientes/familiares podem condicionar o horário de visita dos profissionais (isto é, dizerem que só podem receber a visita ou na parte da manhã ou na parte da tarde)?
- Uma rota feita durante 1 semana, para motivos de comparação com a solução a ser obtida.

### Princípios Éticos

Assegura-se o respeito pelos princípios éticos subjacentes a qualquer estudo de investigação e a disponibilização do trabalho desenvolvido.

### Referências:

Marta d'Arbúés Moreira Rodrigues Loureiro, *Optimização de Rotas de Transporte de Doentes Programados: O Caso da Cruz Vermelha Portuguesa Amadora – Sintra*, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico, 2010.

Dorota Slawa Mankowska, Frank Meisel, Christian Bierwirth, *The home health care routing and scheduling problem with interdependent services*, *Health Care Manag Sci*, Vol. 17, pp. 15–30, 2014.

### Investigador responsável pelo estudo:

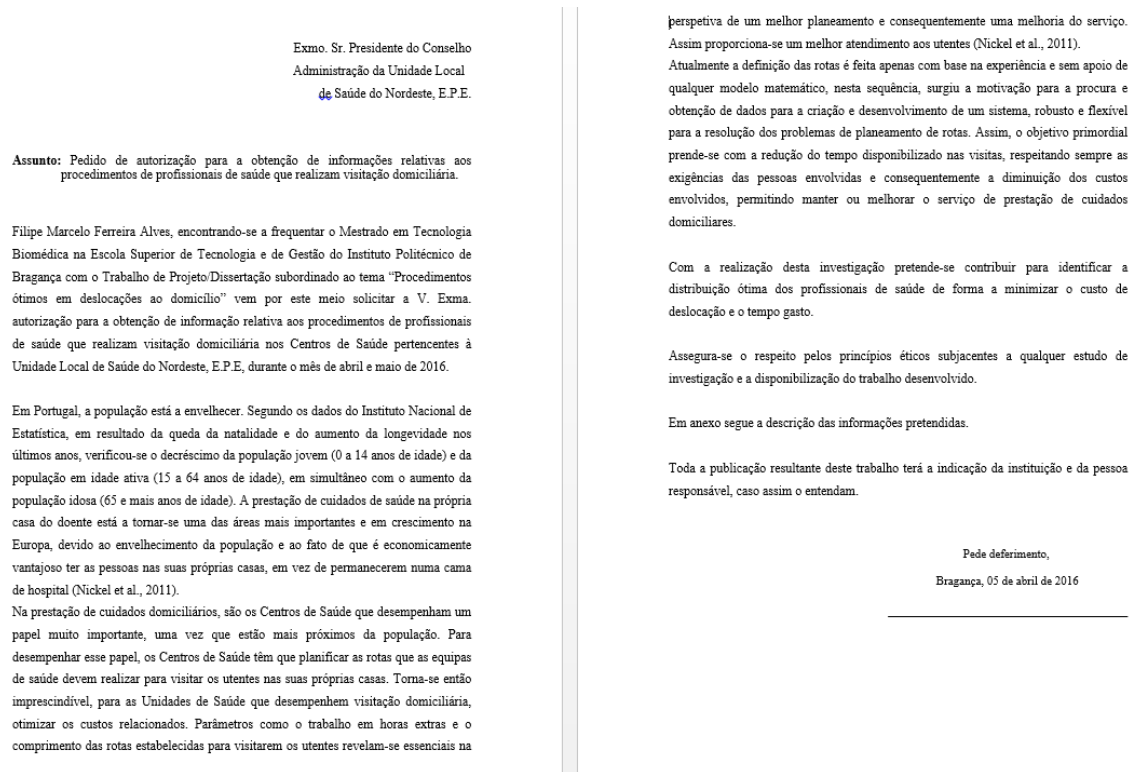
Ana Isabel Pereira, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança. Doutorada na área de Métodos Numéricos pela Universidade do Minho.

### Contactos

E-mail: [apereira@ipb.pt](mailto:apereira@ipb.pt)

**Figura 7.1:** Resumo do projeto.

Após a criação do resumo, foi efetuado um pedido de autorização para obtenção de informações relativas aos procedimentos de profissionais de saúde que realizam visitação domiciliária, ilustrado na Figura 7.2.



**Figura 7.2:** Pedido de autorização.

Por fim, na sequência do envio do pedido de autorização, o parecer da Comissão de Ética da Unidade Local de Saúde do Nordeste, foi autorizado, e é apresentado na Figura 7.3.

Exma. Senhora  
Dr.ª Adília Fernandes  
Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico  
de Bragança  
Avenida D. Afonso V  
5300 – 121 Bragança

Sua Referência: Sua Comunicação de: 16.09.2016  
Assunto: 004683  
Data: 09/06/2016

**ASSUNTO: Pedido de autorização para a obtenção de informações relativas aos procedimentos de profissionais de saúde que realizam visitação domiciliária**

Na sequência do pedido supra mencionado, informa-se V.ª Ex.ª que segundo parecer da Comissão de Ética da Unidade Local de Saúde do Nordeste E.P.E. o mesmo foi autorizado.

Com os melhores cumprimentos,

A Responsável do Serviço de Desenvolvimento e Formação

**ANA SANTOS**  
Responsável do Serviço de  
Desenvolvimento e Formação  
da ULSNE

Dr.ª Ana Olinda dos Santos

**Figura 7.3:** Parecer da comissão de ética.

## **Anexo B**

### **Dados recolhidos da Unidade de Saúde**

A totalidade de localidades passíveis de deslocação em visitas domiciliárias, respetivos endereços e número de habitantes, na Unidade de Saúde de Santa Maria são apresentados na Figura 7.4.



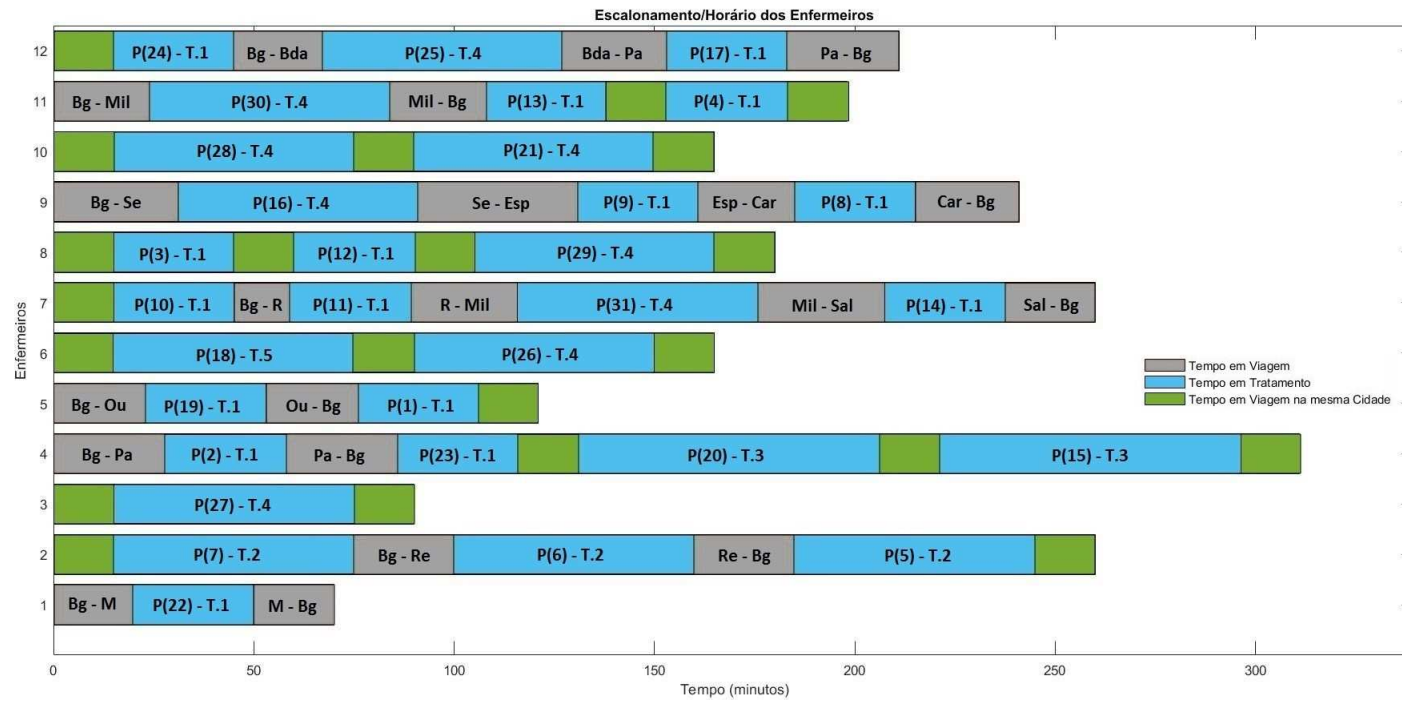
FREGUESIAS			
Nome	Endereço	Habitantes	Distância da Sede de Concelho (km)
Alfaião	- 5300 ALFAIAO	173	6
Aveleda	- 5300 AVELEDA BGC	253	13
Babe	- 5300 BABE	277	15
Baçal	- 5300 BACAL	470	12
Calvelhe	- 5300 CALVELHE	137	34
Carragosa	- 5300 CARRAGOSA	260	10
Carrazedo	- 5300 CARRAZEDO BGC	146	20
Castrelos	- 5300 CASTRELOS	188	15
Castro de Avelãs	- 5300 CASTRO DE AVELAS	483	5
Coelhoso	- 5300 COELHOSO	299	25
Deilão	- 5300 DEILAO	219	22
Donai	- 5300 DONAI	416	7
Espinhosela	- 5300 ESPINHOSELA	305	14
Failde	- 5300 FAILDE	158	17
França	- 5300 FRANCA	275	16
Gimonde	- 5300 GIMONDE	386	7
Gondesende	- 5300 GONDESENDE	226	12
Gostei	- 5300 GOSTEI	412	7
Grijó de Parada	- 5300 GRIJO DE PARADA	380	15
Izeda	Pç. S. Sebastião 27 – 5300 IZEDA	915	40
Macedo do Mato	- 5300 MACEDO DO MATO	296	46
Meixedo	- 5300 MEIXEDO BGC	188	5
Milhão	- 5300 MILHAO	205	19
Mós	- 5300 MOS BGC	194	13
Nogueira	- 5300 NOGUEIRA BGC	431	6
Outeiro	- 5300 OUTEIRO BGC	367	30
Parada	- 5300 PARADA BGC	604	20
Paradinha Nova	- 5300 PARADINHA NOVA	150	35
Parâmio	- 5300 PARAMIO	281	18
Pinela	- 5300 PINELA	244	26
Pombares	- 5300 POMBARES	59	30
Quintanilha	- 5300 QUINTANILHA	304	17,5
Quintela de Lampaças	- 5300 QUINTELA DE LAMPACAS	285	29
Rabal	- 5300 RABAL	196	8
Rebordainhos	- 5300 REBORDAINHOS	188	22
Rebordãos	- 5300 REBORDAOS	543	9
Rio Frio	- 5300 RIO FRIO BGC	232	25
Rio de Onor	- 5300 RIO DE ONOR	126	25
Salsas	- 5300 SALSAS	424	27
Samil	- 5300 SAMIL	1 077	3
Santa Comba de Rossas	- 5300 SANTA COMBA DE ROSSAS	366	19
São Julião de Palácios	- 5300 SAO JULIAO DE PALACIOS	283	15
São Pedro de Sarracenos	- 5300 SAO PEDRO DE SERRACENOS	282	6
Sendas	- 5300 SENDAS	241	30
Serapicos	- 5300 SERAPICOS BGCSAS	289	32
Sortes	- 5300 SORTES	320	12
Zoio	- 5300 ZOIO	203	19

Figura 7.4: Localidades passíveis de visitas domiciliárias.

## **Anexo C**

# **Outras soluções para a aplicação real**

Foram várias as soluções obtidas para a aplicação real. Apesar do tempo mínimo despendido em visitas não ser tão “ótimo” como os resultados do Capítulo 6, estas também podem ser aplicadas à Unidade de Saúde. Uma das soluções obtidas é apresentada na Figura 7.5.



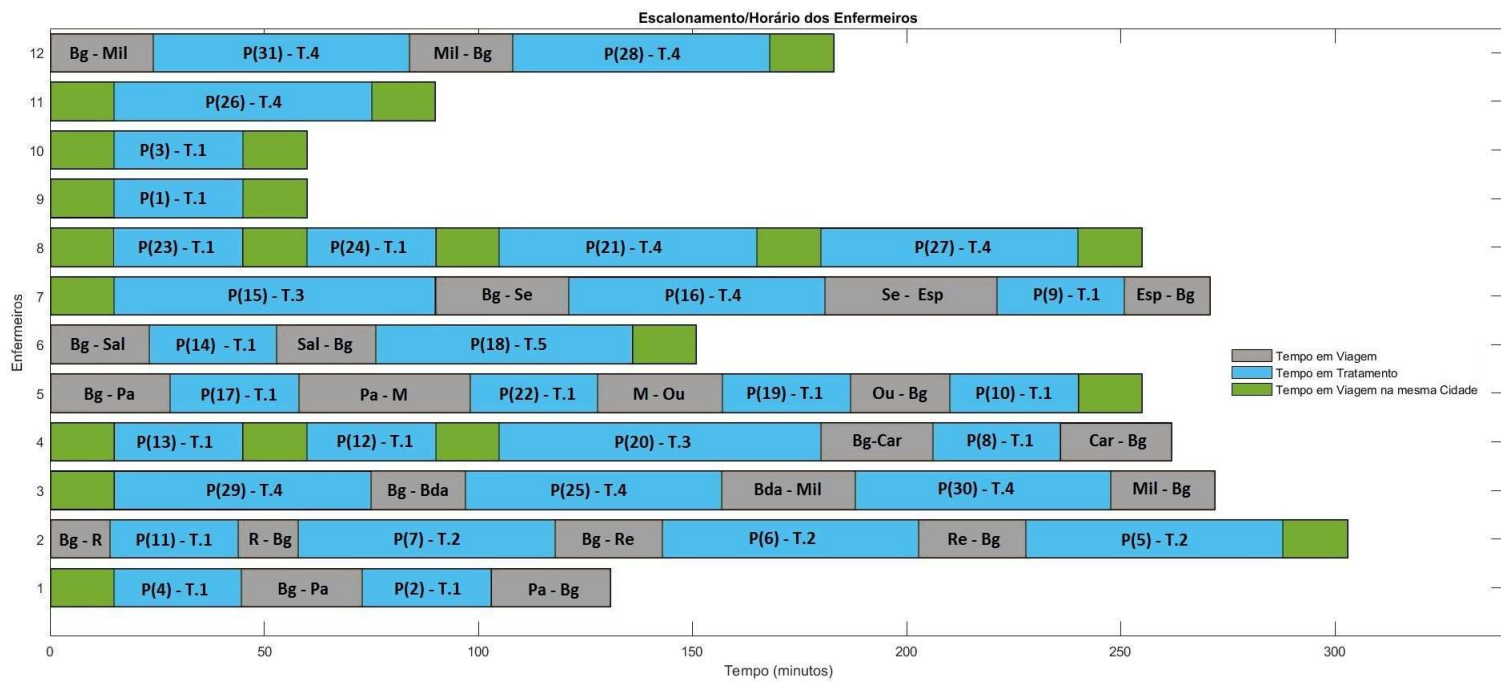
**Figura 7.5:** Escalonamento/Horário obtido computacionalmente para o dia 18.

Resumidamente, o planeamento resultante para cada enfermeiro é apresentado na Tabela 7.1.

**Tabela 7.1:** Revisão do planeamento obtido para o dia 18 de abril

Enfermeiros	Legenda do Escalonamento da Rota obtida
Enfermeiro 1	Unidade de Saúde (Bragança) até Meixedo, onde presta cuidados ao paciente 22 (tratamento 1). De seguida regressa novamente ao ponto de origem.
Enfermeiro 2	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao paciente 7 (tratamento 2), viaja de seguida até Rebordainhos para tratar o Paciente 6 (tratamento 2), regressa de Rebordainhos a Bragança e presta cuidados ao Paciente 5 (tratamento 2), por fim regressa ao ponto de origem (Unidade de Saúde).
Enfermeiro 3	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 27 (tratamento 4), e acaba por regressar novamente ao ponto de origem.
Enfermeiro 4	Unidade de Saúde (Bragança) até Parada, presta cuidados ao Paciente 2 (tratamento 1), regressa de seguida a Bragança para tratar o paciente 23 (tratamento 1), ainda na mesma localidade trata também o Paciente 20 (tratamento 3) e também o Paciente 15 (tratamento 3), regressando novamente ao ponto de origem.
Enfermeiro 5	Unidade de Saúde (Bragança) até Outeiro, presta cuidados ao Paciente 19 (tratamento 1), viaja de seguida de Outeiro novamente para Bragança para tratar o Paciente 1 (tratamento 1), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 6	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 18 (tratamento 5), de seguida e na mesma localidade, presta também cuidados ao paciente 26 (tratamento 4), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 7	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 10 (tratamento 1), viaja de seguida até Rebordãos para tratar do Paciente 11 (tratamento 1), viaja de seguida de Rebordãos até Milhão para cuidar do Paciente 31 (tratamento 4), novamente, viaja de Milhão até Salsas para cuidar do Paciente 14 (tratamento 1). Regressa depois de Salsas até ao ponto de origem.
Enfermeiro 8	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 3 (tratamento 1), novamente na mesma localidade, presta cuidados ao Paciente 12 (tratamento 1). Ainda em Bragança, vai tratar do Paciente 29 (tratamento 4), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 9	Unidade de Saúde (Bragança) até Serapicos, presta cuidados ao Paciente 16 (tratamento 4), viaja em seguida de Serapicos até Espinhosela para tratar do Paciente 9 (tratamento 1), de Espinhosela desloca-se até Carrazedo para cuidar do Paciente 8 (tratamento 1), regressando depois de Carrazedo até ao ponto de origem.
Enfermeiro 10	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 28 (tratamento 4), novamente e na mesma localidade realiza tratamentos ao Paciente 21 (tratamento 4), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 11	Unidade de Saúde (Bragança) até Milhão, presta cuidados ao Paciente 30 (tratamento 4), viaja em seguida de Milhão até Bragança novamente para tratar do Paciente 13 (tratamento 1), de seguida, ainda na mesma localidade, trata o Paciente 4 (tratamento 1), regressando depois até ao ponto de origem.
Enfermeiro 12	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 24 (tratamento 1), viaja de seguida até Bragada para cuidar do Paciente 25 (tratamento 4), viaja novamente, de Bragada até Parada para tratar o Paciente 17 (tratamento 1), por fim, regressa mais uma vez ao ponto de origem.

Outra das soluções obtidas é apresentada na Figura 7.6. De referir, que o tempo total despendido em vistas domiciliárias nesta solução, reduziu, quando comparado com a solução anterior (passou de 311 minutos para 303).



**Figura 7.6:** Exemplo de outro Escalonamento/Horário obtido computacionalmente para o dia 18.

Resumidamente, o planeamento resultante para cada enfermeiro é apresentado na Tabela 7.2.

**Tabela 7.2:** Revisão do planeamento obtido para o dia 18 de abril

<b>Enfermeiros</b>	<b>Legenda do Escalonamento da Rota obtida</b>
Enfermeiro 1	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 4 (tratamento 1), viaja de seguida até Parada para tratar o Paciente 2 (tratamento 1) e por fim regressa de Parada até ao ponto de origem (Unidade de Saúde).
Enfermeiro 2	Unidade de Saúde (Bragança) até Rebordãos, presta cuidados ao Paciente 11 (tratamento 1), viaja de seguida até Bragança para tratar o Paciente 7 (tratamento 2), viaja novamente até Rebordainhos para cuidar do Paciente 6 (tratamento 2), regressando mais uma vez a Bragança para examinar o Paciente 5 (tratamento 2), por fim regressa ao ponto de origem.
Enfermeiro 3	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 29 (tratamento 4), viaja de seguida até Bragada para tratar do Paciente 25 (tratamento 4), novamente viaja de Bragada até Milhão para cuidar do Paciente 30 (tratamento 4), por fim regressa ao ponto de origem.
Enfermeiro 4	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 13 (tratamento 1), na mesma localidade cuida dos Pacientes 12 (tratamento 1) e 20 (tratamento 3), em seguida viaja até Carrzedo para tratar do Paciente 8 (tratamento 1), por fim regressa novamente ao ponto de origem.
Enfermeiro 5	Unidade de Saúde (Bragança) até Parada, presta cuidados ao Paciente 17 (tratamento 1), viaja de seguida de Parada até Meixedo para tratar o Paciente 22 (tratamento 1), novamente viaja até Outeiro para cuidar do Paciente 19 (tratamento 1), por fim regressa à localidade de Bragança para tratar do Paciente 10 (tratamento 1), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 6	Unidade de Saúde (Bragança) até Salsas, presta cuidados ao Paciente 14 (tratamento 1), viaja de seguida e regressa a Bragança, para tratar do Paciente 18 (tratamento 5), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 6	Unidade de Saúde (Bragança) até Salsas, presta cuidados ao Paciente 14 (tratamento 1), viaja de seguida e regressa a Bragança, para tratar do Paciente 18 (tratamento 5), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 7	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 15 (tratamento 3), viaja de seguida de Bragança até Serapicos para tratar o Paciente 16 (tratamento 4), viaja novamente de Serapicos até Espinhosela para tratar do Paciente 9 (tratamento 1), por fim regressa de Espinhosela até ao ponto de origem.
Enfermeiro 8	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados aos Paciente 23 (tratamento 1), 24 (tratamento 1), 21 (tratamento 4) e por fim o Paciente 27 (tratamento 4), tudo na mesma localidade, regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 9	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 1 (tratamento 1), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 10	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 3 (tratamento 1), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 11	Unidade de Saúde (Bragança) até Bragança, presta cuidados ao Paciente 26 (tratamento 4), regressando depois ao ponto de origem.
Enfermeiro 12	Unidade de Saúde (Bragança) até Milhão, presta cuidados ao Paciente 31 (tratamento 4), viaja de seguida de Milhão, novamente até Bragança para tratar o Paciente 28 (tratamento 4), regressando depois até ao ponto de origem.