

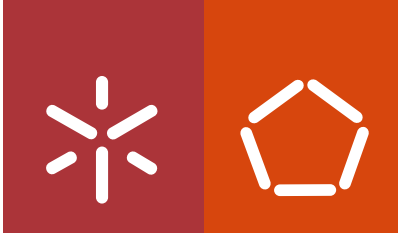


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Cecília Dias Ferreira Ribeiro

**Ferramenta de suporte ao projeto de
sistemas flexíveis de transporte público
de passageiros**

agosto de 2014



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Cecília Dias Ferreira Ribeiro

**Ferramenta de suporte ao projeto de
sistemas flexíveis de transporte público
de passageiros**

Tese de Doutoramento em Engenharia Industrial e de Sistemas

Trabalho realizado sob a orientação do

Doutor José Telhada

e da

Doutora Maria do Sameiro Carvalho

agosto de 2014

Declaração

Nome:

Ana Cecília Dias Ferreira Ribeiro

Endereço eletrónico: anacecidias@gmail.com

Título da tese:

Ferramenta de suporte ao projeto de sistemas flexíveis de transporte público de passageiros.

Orientador(es):

Doutor José Telhada

Doutora Maria do Sameiro Carvalho

Ano de conclusão: 2014

Designação do Doutoramento:

Programa Doutoral em Engenharia Industrial e de Sistemas

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS
PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO
ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

Agradecimentos

No culminar dos quatro anos de trabalho, crescimento pessoal e profissional, há várias pessoas a quem tenho de agradecer e valorizar a influência positiva e contribuição direta ou indireta no alcance deste projeto.

Em primeiro lugar, ao meu orientador Professor José Telhada e à minha coorientadora Professora Sameiro Carvalho. Quero agradecer-lhes, antes de mais nada, a disponibilidade e preciosa ajuda, os ensinamentos e as experiências importantes que me proporcionaram. São um exemplo de competência e dinamismo, com profundos conhecimentos teóricos e práticos que permitiu reforçar significativamente o meu trabalho. Esta tese não seria possível sem a sua orientação, apoio e incentivo, pelo que lhes estou profundamente grata.

Não posso deixar de agradecer a todos os colaboradores do departamento de produção e sistemas, pela boa disposição e animação com que sempre me abordaram e estiveram sempre disponíveis para me ajudar ao longo destes anos. Um grande “muito obrigada”, ao Eng. Acácio, à Conceição, à Amélia, à Alexandra, à Rita, à Carla e ao Luís.

Adicionalmente gostaria de agradecer à FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) pelo financiamento da minha pesquisa e pela bolsa (SFRH/BD/60776/2009), e à Universidade do Minho, em particular ao Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia, que me forneceu todo o suporte técnico, equipamentos e condições de trabalho de que necessitei na minha pesquisa.

Às minhas amigas, Andreia, Xana, Joana, Cristina e Ângela, sempre disponíveis para me apoiar e animar nos dias de maior desânimo e para celebrar nas minhas realizações. Estes anos não teriam sido os mesmos sem elas. Obrigada amigas!

Finalmente, os mais importantes, os meus pais, o meu marido, os meus sogros, o meu irmão e a minha cunhada, cujo encorajamento inquestionável e amor permitiram que a realização desta tese se concretizasse.

Dedico esta tese ao meu marido, que sempre me apoiou, e assim continua, incondicionalmente, em tudo o que escolho fazer.

Muito obrigada!

Resumo

As áreas rurais, com densidades populacionais baixas, apresentam desafios à mobilidade das suas populações. Os serviços de transporte público regular têm-se mostrado ineficazes e ineficientes levando os operadores de transporte coletivo a reduzir a sua oferta e a diminuir a qualidade do serviço oferecido.

Em alternativa aos serviços regulares de transporte, alguns estudos têm vindo a mostrar as vantagens da implementação de sistemas de transportes flexíveis, em particular, transportes a pedido (DRT - *Demand Responsive Transport*). No entanto, os principais resultados observados nos estudos realizados apontam para a existência de várias dificuldades para o sucesso dos DRTs (aspectos legais, organizacionais, financeiros, etc.), assim como para a inexistência de ferramentas de apoio capazes de auxiliar os decisores nas etapas do planeamento estratégico e tático, antes mesmo de proceder à sua implementação.

No sentido de minorar ou colmatar as lacunas referidas, esta tese pretende contribuir para uma discussão abrangente destes sistemas de transporte e propor uma nova ferramenta de suporte ao projeto de sistemas DRT.

A ferramenta proposta integra um sistema de apoio à decisão (SAD) concebido para estimar o desempenho operacional de diferentes configurações a implementar, permitindo optar pela melhor solução encontrada. O SAD é suportado por um modelo de simulação microscópica do funcionamento do sistema, e inclui métodos de solução para diferentes variantes do problema de otimização de rotas e escalas encontradas neste tipo de serviços de transporte, para além de uma *framework* para a avaliação da sustentabilidade das soluções.

Na validação do SAD desenvolvido, utilizou-se um estudo de caso português. Os resultados dos testes efetuados permitiram evidenciar as potencialidades da ferramenta proposta. Adicionalmente, a avaliação da sustentabilidade da solução permitiu identificar a difícil sustentabilidade financeira deste tipo de sistemas, mas também as suas vantagens em termos sociais e ambientais que poderão justificar a sua adoção.

Palavras-chave: Transporte a pedido, Planeamento, *Framework*, Sistema de apoio à decisão, Simulação.

Summary

Rural areas with low population densities, present challenges to mobility of their populations. The regular public transport services have proved quite ineffective and inefficient leading transport operators to reduce their supply and their services quality.

As an alternative to regular services, some studies have come to show the advantages of the implementation of flexible transport systems, as demand responsive transport (DRT). However, the main results obtained in the studies scope point both to the existence of different types of difficulties to the DRTs success (legal, organizational, financial aspects, etc.), and the lack of supporting tools that can assist decision makers in both strategic and tactical planning, even before proceeding to implement.

In order to overcome these shortcomings, this thesis intends to discuss broadly these transport systems and to present a new tool to support the design of DRT systems.

The proposed tool integrates a decision support system (DSS) specifically designed to assess the operating performance of different alternative system configurations to be implemented, allowing to choose the best solution found. The DSS is supported by a microscopic simulation model of the system operation, and even includes solution methods for different variants of the vehicle routing problem found in this type of transportation services, furthermore a framework to evaluate the solutions sustainability.

To validate the developed DSS, we used a Portuguese case study. The test results allowed highlighting the DSS potentialities. Additionally, the solution sustainability assessment identified the hard financial self-sustaining of this type of systems, but also their advantages in both social and environmental impact that will probably be sufficient to justify its implementation.

Keywords: Demand responsive transport, Planning, Framework, decision support system, Simulation.

Conteúdo

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Summary	vii
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xv
Siglas e acrónimos	xvii
1. INTRODUÇÃO	19
1.1. Mobilidade em áreas de baixa densidade	19
1.2. Motivação e Objetivos	22
1.3. Contribuições	24
1.4. Metodologia	25
1.5. Estrutura da tese	26
2. TRANSPORTE A PEDIDO – REVISÃO DA LITERATURA	29
2.1. Introdução	30
2.2. Enquadramento e objetivos dos DRT	32
2.3. Planeamento de sistemas DRT	37
2.3.1. Enquadramento Legal	38
2.3.2. Modelo organizacional	40
2.3.3. Financiamento	43
2.3.4. Medição do desempenho	49
2.3.5. Flexibilidade	52
2.3.6. Imagem e divulgação	55
2.4. Gestão operacional de sistemas DRT	56
2.5. Evidências obtidas de casos reais de DRTs	59
2.1. Fatores críticos para o sucesso dos DRTs	65
2.2. Síntese	70
3. MODELAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE FLEXÍVEL	73
3.1. Introdução	73

3.2.	Ferramentas de apoio à decisão	74
3.3.	Modelação dos problemas	76
3.4.	Modelação dos problemas VRP	84
3.5.	Síntese	88
4.	PLANEAMENTO DO SISTEMA DE TRANSPORTE A PEDIDO.....	89
4.1.	Introdução.....	90
4.2.	Contexto de decisão - Modelo conceptual do sistema DRT.....	91
4.2.1.	Fase de avaliação inicial	94
4.2.2.	Fase de projeto do DRT	100
4.2.3.	Fase de implementação.....	110
4.3.	Sistema de apoio à decisão	111
4.3.1.	Funcionamento do sistema de apoio à decisão para o projeto do serviço DRT.....	114
4.3.2.	Funcionamento do sistema de apoio à decisão para a implementação do serviço....	119
4.4.	Síntese	121
5.	ESTUDO DE CASO.....	123
5.1.	Introdução – metodologia de investigação	124
5.2.	Caracterização da área de estudo.....	125
5.2.1.	Geografia, demografia e socio economia.....	125
5.2.2.	Mobilidade.....	132
5.2.3.	Rede viária e oferta de TP.....	137
5.2.4.	Informações complementares	140
5.3.	Enquadramento legal do TP – caso Português	142
5.4.	Síntese dos problemas de mobilidade	146
5.5.	Definição dos parâmetros experimentais	148
5.6.	Síntese	155
6.	VALIDAÇÃO DO MODELO.....	157
6.1.	Configuração base e indicadores de desempenho	157
6.2.	Efeito da taxa de adesão	161
6.3.	Efeito da janela temporal.....	164
6.4.	Efeito da tolerância na espera pelo cliente	169

6.5.	Efeito da frequência de paragem.....	173
6.6.	Discussão	176
6.7.	Síntese	181
7.	ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA	183
7.1.	Introdução	184
7.2.	Sustentabilidade financeira	184
7.3.	Sustentabilidade social.....	191
7.4.	Sustentabilidade ambiental	195
7.5.	Análise SWOT	200
7.6.	Síntese	207
8.	CONCLUSÕES	211
	BIBLIOGRAFIA.....	217
	ANEXOS.....	231
A	INDICADORES DE DESEMPENHO.....	233
B	INQUÉRITO SOBRE A MOBILIDADE DA POPULAÇÃO.....	237
C	MATRIZES OD - PROBABILIDADES	243
D	HISTOGRAMAS DE HORÁRIOS DE DESLOCAÇÃO	245
E	AUMENTO DO TEMPO.....	251
F	CONTRATO COM OPERADOR DO SERVIÇO A PEDIDO DE MAÇÃO:	253

Lista de Figuras

Figura 2.1. Diferentes níveis de resposta (flexibilidade) à procura. Adaptado de Brake <i>et al.</i> (2007).	53
Figura 2.2. Serviço com horários, rotas e paragens pré-estabelecidas e fixas. Adaptado de SAMPLUS (2000).	53
Figura 2.3. Serviço com um circuito principal e pequenos desvios. Adaptado de SAMPLUS (2000).	53
Figura 2.4. Serviço com paragens definidas pelos pedidos. Adaptado de SAMPLUS (2000).	54
Figura 2.5. Serviço do tipo porta-a-porta. Adaptado de SAMPLUS (2000).	54
Figura 3.1. Problemas do DRT ao nível do planeamento estratégico, tático e operacional.	74
Figura 3.2. Componentes do APOS. Adaptado de Fu (2002a).	75
Figura 3.3. Distribuição <i>muitos-para-um</i> e <i>um-para-muitos</i>	78
Figura 3.4. Problema <i>Dial-a-Ride</i> (DARP).	78
Figura 4.1. Modelos envolvidos no projeto de um serviço DRT.	92
Figura 4.2. Proposta de processo de planeamento de um serviço DRT. Adaptado e estendido de ARTS (2004).	93
Figura 4.3. Estrutura conceptual do sistema de apoio à decisão (SAD).	113
Figura 4.4. Tecnologias do SAD para sistemas DRT. Adaptado de Liu <i>et al.</i> (2010).	114
Figura 4.5. SAD para o planeamento do sistema DRT. Adaptado e estendido de Fu (2002b).	115
Figura 4.6. SAD para a operacionalização do sistema DRT. Adaptado e estendido de Fu (2002b).	120
Figura 5.1. Vale do Cávado, concelho de Terras de Bouro e suas freguesias.	125
Figura 5.2. Densidade populacional da área de estudo. Fonte: INE.	126
Figura 5.3. Variação da população residente entre 2001 e 2011. Fonte: INE (Censos).	128
Figura 5.4. Variação da população de 2001 para 2011 por faixas etárias. Fonte: INE (Censos).	128
Figura 5.5. Distribuição da população por nível de escolaridade. Fonte: INE (Censos).	129
Figura 5.6. Variação da população empregada/desempregada em Terras de Bouro. Fonte: INE (Censos).	129
Figura 5.7. Variação das fontes de rendimento da população. Fonte: INE (Censos).	131
Figura 5.8. Índice de dependência da população. Fonte: INE (Censos).	132
Figura 5.9. Meios de transporte utilizados no concelho de Terras de Bouro. Fonte: INE (Censos).	133
Figura 5.10. Utilização de transportes nas deslocações regulares (em Terras de Bouro). Fonte: INE (Censos 2011).	134
Figura 5.11. Linhas de desejo de viagem no concelho de Terras de Bouro.	135
Figura 5.12. Histograma dos horários de saída por motivo laboral.	136
Figura 5.13. Histograma dos horários de volta a casa por motivo laboral.	136
Figura 5.14. Mapa das estradas do concelho.	138

Figura 5.15. Linhas de oferta de TP no concelho de Terras de Bouro.	139
Figura 5.16. Linhas de oferta (vermelha) e de procura (preta).	147
Figura 5.17. Mapa ilustrativo de uma rota gerada por simulação dos pedidos.	153
Figura 5.18. Evolução de convergência (linha vermelha) dos valores médios dos indicadores referidos nas legendas em função do número de dias simulados (exemplo de um dos “ <i>runs</i> ” piloto).	155
Figura 6.1. Variação do número de veículos.	162
Figura 6.2. Variação da percentagem de tempo e distância do veículo em vazio.	163
Figura 6.3. Variação do aumento percentual de distância e tempo em relação ao CMC.	164
Figura 6.4. Variação do número médio de veículos utilizados.	166
Figura 6.5. Variação da percentagem de tempo e distância do veículo em vazio.	167
Figura 6.6. Variação do aumento percentual da distância e tempo em relação ao CMC.	168
Figura 6.7. Variação da taxa de atendimento e tempo em vazio dos veículos.	171
Figura 6.8. O aumento percentual da distância e tempo médios em relação ao CMC.	172
Figura 6.9. Percentagem de tempo e distância do veículo em vazio.	175
Figura 6.10. Variação do aumento percentual da distância e tempo em relação ao CMC.	176
Figura 7.1. Sobreposição da oferta (verde) e procura (vermelho) de TP regular.	194

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Objetivos do DRT identificados por alguns autores.....	34
Tabela 2.2. Síntese de projetos DRT e suas características.....	62
Tabela 2.3. Variantes do projeto de um DRT.....	71
Tabela 3.1. Problemas e métodos de solução nos níveis de decisão, estratégico, tático e operacional.	80
Tabela 3.2. Alguns métodos e autores para resolver os VRP.....	87
Tabela 4.1. Dimensões dos problemas dos TP regulares em áreas rurais.	101
Tabela 4.2. Objetivos para o serviço DRT a implementar.	102
Tabela 4.3. Responsabilidades dos diferentes <i>stakeholders</i>	103
Tabela 4.4. Alguns custos do DRT. Adaptado de ARTS (2004) e Litman (2009).....	105
Tabela 4.5. Questões para as políticas e regras de funcionamento de um DRT.....	108
Tabela 5.1. Densidade populacional no concelho de Terras de Bouro. Fonte: INE (Censos 2011)....	126
Tabela 5.2. População ativa empregada por sector de atividade e taxa de atividade. Fonte: INE (Censos).....	130
Tabela 5.3. Índice de renovação da população ativa entre 2001 e 2011. Fonte: INE (Censos).	130
Tabela 5.4. Índice de dependência da população residente por freguesias. Fonte: INE (Censos 2011).	132
Tabela 5.5. Duração média dos movimentos pendulares. Fonte: INE (Censos 2011).	133
Tabela 5.6. Tempo (em min.) entre freguesias do concelho (Moimenta é a sede do concelho).	134
Tabela 5.7. Proporção da população por faixa etária e motivo que se desloca no concelho.....	136
Tabela 5.8. Taxas de atração e repulsão do concelho. Fonte: INE (Censos 2011).....	137
Tabela 5.9. Lista de estradas viárias e freguesias por onde passa.	138
Tabela 5.10. Distâncias (em km) entre as freguesias de Terras de Bouro. Fonte: <i>Google maps</i>	149
Tabela 5.11. Probabilidades de deslocação entre freguesias, por motivo de trabalho.	151
Tabela 6.1. Indicadores de desempenho usados nas análises de simulação.....	158
Tabela 6.2. Indicadores de desempenho da situação inicial simulada.	160
Tabela 6.3. Indicadores de desempenho atendendo à variação da adesão.	161
Tabela 6.4. Indicadores de desempenho para a flexibilidade de horários.	165
Tabela 6.5. Indicadores de desempenho atendendo à tolerância de espera do veículo.	169
Tabela 6.6. Indicadores de desempenho para a frequência de paragens.	174
Tabela 6.7. Percentagens acumuladas do n.º de veículos diários para cada cenário de adesão.	178
Tabela 6.8. Percentagens da dimensão dos veículos necessários diariamente.	179
Tabela 7.1. Custos de referência para um serviço DRT. Fonte: Mação (2014).	186
Tabela 7.2. Tabela dos custos diários por passageiro para o serviço DRT.	188

Tabela 7.3. Ordem de grandeza de financiamento e custos diários por passageiro.....	188
Tabela 7.4. Aumento percentual do tempo de percurso em relação ao CMC.	193
Tabela 7.5. Número médio de quilómetros percorridos por dia pelos veículos do serviço.....	197
Tabela 7.6. Fatores de emissões de poluentes, segundo EURO 3, para veículos de 2005.	198
Tabela 7.7. Emissões diárias de poluentes para as diferentes adesões ao serviço.....	199
Tabela 7.8. Variação das emissões entre o serviço DRT e o serviço de TP regular.....	199
Tabela 7.9. Análise SWOT do serviço DRT para área rural.	201
Tabela A.1. Indicadores de desempenho. Adaptados de Cambridge Systematics <i>et al.</i> (2006).....	233
Tabela A.2. Adaptados de Shioda <i>et al.</i> (2008).....	234
Tabela A.3. Adaptados de Quadrifoglio <i>et al.</i> (2008).	234
Tabela A.4. Adaptados de Chandra e Quadrifoglio (2013a,c).	234
Tabela A.5. Adaptados de Paquette <i>et al.</i> (2008).	235
Tabela A.6. Adaptados de Costa (2008) para TP regular.	236

Siglas e acrónimos

Sigla	Designação
ADA	<i>Americans with Disabilities Act</i>
AMVC	Associação de Municípios do Vale do Cávado
APOS	<i>Advanced Paratransit Operation System</i>
APR	Áreas Predominantemente Rurais
ARTS	<i>Actions on the integration of Rural Transport Services</i>
ASTRA	Sistema Alternativo dos Transporte para Áreas Rurais
AVL	Localização Automática de Veículos <i>Automated Vehicle Location</i>
BI	<i>Business intelligence</i>
BSOG	<i>Bus Service Operators Grant</i>
CfIT	<i>Commission for Integrated Transport</i>
CIM	Comunidade Intermunicipal
CMC	Caminho Mais Curto
DARP	<i>Dial-a-Ride Problems</i>
DETR	<i>Department of the Environment, Transport and the Regions</i>
DGTT	Direção-Geral de Transporte Terrestres
DRT	Transporte a Pedido <i>Demand Responsive Transport</i>
EEA	<i>European Environment Agency</i>
EM	Estrada Municipal
EN	Estrada Nacional
FTS	Serviço de Transporte flexível <i>Flexible Transport Services</i>
GIS	Sistema de Informação Georreferenciado <i>Geographic Information System</i>
GPRS	<i>General Packet Radio System</i>
GPS	<i>Global Position System</i>
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
ID	Índice de Dependência
IE	Índice de Envelhecimento
IMT	Instituto da Mobilidade e dos Transportes
INE	Instituto Nacional de Estatística

ITS	Sistema de Transporte Inteligente <i>Intellegent Transport System</i>
JT	Janela Temporal
MAST	<i>Mobility Allowance Shuttle Transit</i>
OD	Par Origem - Destino
PAT	<i>Public access terminals</i>
PDP	Problemas de Recolha e Entrega <i>Pickup and Delivery Problems</i>
PDPTW	Problemas de Recolha e Entrega com Janelas Temporais <i>Pickup and Delivery Problems with Time Windows</i>
PETI	Plano Estratégico de Transportes e Infraestruturas
RBC	<i>Rural Bus Challenge</i>
RBCG	<i>Rural Bus Challenge Grants</i>
RBSG	<i>Rural Bus Subsidy Grant</i>
RTA	Regulamento de Transporte em Automóveis
RTD	<i>Regional Transportation District</i>
RVRP	<i>Rich Vehicle Routing Problems</i>
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SAMPLUS	<i>Systems for advanced management of public transport plus</i>
SAMPO	<i>Systems for advanced management of public transport Operations</i>
SIPTS	<i>Services for Intelligent Public Transport Systems</i>
SMS	<i>Short Message System</i>
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>
TDC	Centro de Coordenação de Viagens <i>Travel Dispatch Center</i>
TE	Transporte Escolar
TI	Transporte Individual
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação <i>Communicaton and information technologies</i>
TP	Transporte Público
TSP	<i>Traveling Salesman Problem</i>
UBC	<i>Urban Bus Challenge</i>
VMS	<i>Variable Message Sign</i>
VRP	Problemas de Rotas e Escalas <i>Vehicle Routing Problems</i>

1.1. Mobilidade em áreas de baixa densidade

As áreas rurais com densidades populacionais baixas (e elevados níveis de dispersão) apresentam grandes desafios à mobilidade das suas populações, principalmente nas situações em que as empresas de transportes públicos regulares têm vindo a reduzir, senão a eliminar, a sua oferta de serviços. Adicionalmente, outras características observadas nestas áreas, como o elevado e progressivo envelhecimento das populações, o baixo nível de rendimentos e os baixos níveis de oferta de atividades e serviços, têm contribuído para o aumento do isolamento das populações residentes e da sua exclusão social.

A acessibilidade pode entender-se como a facilidade com que um indivíduo ou grupo de indivíduos podem aceder a um bem ou serviço de que necessitem. Neste sentido, a acessibilidade é um elemento chave para alcançar uma maior inclusão social e contribuir para a sustentabilidade de uma população (Brake e Nelson, 2007; Mulley *et al.*, 2012). A mobilidade, ou seja, a disponibilidade de meios de transporte que permitam a deslocação das pessoas, é essencial ao bem-estar de qualquer indivíduo e ao desenvolvimento social e económico de qualquer comunidade (McDonagh, 2006).

Os serviços de transporte público (TP) regular baseado em serviços estáticos (rotas, paragens e horários fixos), têm-se mostrado bastante ineficazes e ineficientes (baixas taxas de ocupação dos veículos e custos elevados), principalmente em áreas de baixa densidade populacional, em paralelo com a diminuição da oferta, quer em termos quantitativos (menor frequência e descontinuidade de alguns serviços), quer em termos qualitativos (ex., frotas envelhecidas e falta de informação).

Com efeito, é frequente observar-se um círculo vicioso: por um lado, a baixa utilização dos TP regulares leva os seus operadores a diminuírem a frequência do serviço de transporte e a utilizarem veículos mais envelhecidos, na tentativa de diminuírem os seus custos operacionais; por outro lado, a diminuição da qualidade de serviço leva a uma perda de atratividade desse serviço, desincentivando a população a utilizá-lo e levando à redução da taxa de ocupação dos veículos.

Como as soluções atuais de TP (essencialmente regulares, sendo os táxis uma solução pontual, mas em geral demasiado cara e inacessível para a generalidade das pessoas, não sendo por isso uma alternativa) têm dificuldade em responder às exigências de mobilidade das populações residentes em áreas com baixa densidade populacional, em geral áreas rurais remotas e povoações dispersas, novas soluções de transporte são essenciais e urgentes para cumprir o objetivo primário de garantir, no mínimo, a mobilidade e a acessibilidade aos serviços básicos dos residentes rurais.

Alguns estudos têm vindo a mostrar as vantagens da implementação de sistemas alternativos de transporte, nomeadamente, serviços de transporte flexível (FTS – *Flexible Transport Services*). FTS é uma designação bastante abrangente, para designar a flexibilidade de algumas das características dos serviços de transporte, como por exemplo rotas, horários, paragens, forma de pagamento, forma de marcação da viagem, especificação de características dos passageiros (idosos, deficientes, jovens, população em geral, etc.), entre outros, para se aproximar das necessidades de mobilidade e acessibilidade dos clientes, por oposição aos serviços tradicionais cujas características de operação são predefinidas e fixas.

Os estudos existentes (ex., Mulley e Nelson, 2009) mostraram que as soluções de transporte flexível têm, em norma, objetivos sociais importantes, desde a mitigação dos problemas de exclusão social até à minimização das fracas acessibilidades que caracterizam as populações rurais.

O transporte a pedido (DRT – *Demand Responsive Transport*), que é uma forma de transporte flexível, com rotas e horários flexíveis, disponibiliza veículos de capacidades adequadas a cada conjunto de pedidos de deslocação, aproximando-se das necessidades das pessoas em geral, oferecendo-lhes qualidade e conveniência (Ferreira *et al.*, 2007). O DRT, embora tenha ainda uma utilização limitada, é hoje em dia, utilizado para cobrir as necessidades de mobilidade de alguns setores da população em alguns países mais desenvolvidos. Vários estudos reportam a sua utilização maioritariamente em áreas rurais,

pequenas localidades, ou em zonas urbanas ao serviço de grupos com carências de mobilidade especiais como é o caso dos idosos e indivíduos com deficiência motora (Černý *et al.*, 2014; Cordeau e Laporte, 2003b; Desaulniers *et al.* 2000, em Quadrifoglio *et al.* 2008a; Li e Quadrifoglio, 2010; Savelsbergh e Sol, 1995).

Em regra, os utilizadores de um serviço DRT contactam, com uma antecedência pré-definida, uma central coordenadora para efetuar a reserva das suas viagens. Os serviços da central processam os pedidos e gerem um conjunto de recursos (veículos, condutores, entre outros) que lhes permite organizar um serviço que satisfaça as necessidades dos utilizadores, usando escalas e rotas flexíveis, ajustáveis de forma dinâmica, para recolher e entregar passageiros de acordo com os seus pedidos. Mageean e Nelson (2003) classificaram este serviço como uma forma de transporte intermédia entre o tradicional autocarro e o táxi. Consideraram também que um serviço DRT devia disponibilizar todo um conjunto diversificado de veículos, como por exemplo autocarros, miniautocarros, táxis, ambulâncias, etc., de modo a cobrir apropriadamente uma gama diversificada de serviços. O âmbito de atuação desses DRT também podia variar, operando isoladamente numa área pré-definida ou alimentando uma rede de transportes fixa (Koffman, 2004).

Diferentes autores têm referido que o sucesso dos sistemas DRT depende da disponibilidade e utilização de soluções inteligentes suportadas, em norma, por tecnologias de informação e comunicação para processar os pedidos dos clientes de modo a responder em tempo real às necessidades de mobilidade dos seus utilizadores. De acordo com Brake e Nelson (2007), Mulley e Nelson (2009) e Nelson *et al.* (2010), a implementação de serviços DRT envolve uma grande complexidade, quer nos diferentes níveis de planeamento estratégico e tático, quer ao nível da coordenação operacional. Assim, o uso de modernas soluções tecnológicas associadas a um exigente e cuidadoso planeamento são vistos como essenciais para o bom desempenho e sustentabilidade destes serviços.

O projeto de um novo sistema de transporte deve preferencialmente envolver os múltiplos intervenientes (entidades governamentais centrais, operadores, autoridades locais, utilizadores, etc.) com vista a obter o máximo consenso possível quanto à implementação e regras precisas de funcionamento e gestão do serviço. Estes intervenientes têm, em geral, objetivos divergentes e conflitos de interesse ao nível social, económico e ambiental e, como tal, o projeto apresenta uma complexidade elevada de requisitos de coordenação com divergências de compreensão entre os decisores, podendo levar a grandes falhas quando as

ambições são elevadas e descoordenadas (Head e Alford, 2008). Neste contexto, a necessidade de desenvolvimento de abordagens inovadoras de suporte aos processos de concepção e implementação deste tipo de sistema tem sido reportada por vários autores (Brake *et al.*, 2004a, 2007).

No caso particular de sistemas DRT, existe na literatura a referência a casos implementados com sucesso em vários países da Europa e EUA (em áreas rurais e urbanas), muitos deles associados a projetos-piloto desenvolvidos no âmbito de projetos financiados por entidades governamentais ou europeias (ex., ARTS, 2004; FLIPPER, 2008; SAMPLUS, 2000).

Os principais resultados observados no âmbito dos estudos realizados, apontam para diferentes tipos de dificuldades (legais, organizacionais, financeiras, etc.) e para a inexistência de ferramentas de apoio capazes de auxiliar os decisores nas etapas de natureza estratégica e tática, consideradas cruciais para o sucesso de um sistema de transportes eficiente e sustentável, capaz de satisfazer as necessidades de mobilidade das populações. Uma outra conclusão (da revisão da literatura realizada), é que a grande maioria das contribuições existentes está focada no desenvolvimento de modelos matemáticos de definição de rotas e afetação de veículos, preocupados na sua quase totalidade, no problema operacional e numa avaliação de desempenho meramente assente em indicadores de desempenho de natureza financeira.

Apesar de haver autores preocupados com as componentes sociais e ambientais (ex., Mulley, 2010), não há ainda um sistema integrado de apoio à decisão que permita tomar decisões e avaliar o seu desempenho ao nível económico, social e ambiental, previamente à fase de implementação.

1.2. Motivação e Objetivos

A existência de uma vasta literatura sobre sistemas DRT evidencia um grande esforço em entender as dificuldades inerentes ao seu projeto e implementação e em partilhar as boas práticas associadas. A revisão efetuada permitiu também identificar a inexistência de ferramentas que permitam explorar, ainda na fase de projeto, diferentes estratégias do projeto

e avaliar, para diferentes cenários de implementação, o seu desempenho em termos de sustentabilidade social, económica e financeira.

Tendo em conta a quase inexistência, em Portugal, de sistemas de transportes públicos a pedido (DRT), resultado não só do desconhecimento das suas potencialidades, mas também da falta de enquadramento legal, este estudo pretende contribuir para promover a discussão sobre este sistema alternativo de transportes e para melhor explorar a relação entre as características de projeto e o respetivo desempenho.

O crescente interesse nesta área do planeamento estratégico e de infraestruturas dos transportes, levou recentemente à divulgação de um memorando por parte do Governo Português, no qual é subjacente o interesse em estabelecer níveis mínimos de serviço público de transporte de passageiros em todo o território nacional, em especial nas zonas de baixa densidade populacional. Para isso o Governo propõe um enquadramento legal para a exploração de serviços públicos de transporte flexíveis de passageiros.

No âmbito desta tese foi desenvolvida uma ferramenta de suporte ao projeto para a implementação de novas soluções de transporte a pedido. As ferramentas de modelação foram incorporadas num sistema de apoio à decisão (SAD), para o qual foram definidas as especificações. A abordagem proposta é baseada em modelos de simulação que permitem reproduzir o funcionamento de sistemas de transporte a pedido e incorpora modelos de otimização na definição de rotas.

Apesar de terem sido utilizadas ferramentas analíticas e de simulação, no âmbito do transporte a pedido, esta aplicação tem sido muito limitada, tanto quanto é do conhecimento da autora. Em geral, as abordagens de simulação têm sido referidas na literatura como suporte ao projeto quando a ele estão associadas incertezas e alterações de parâmetros (Quadrioglio *et al.*, 2008b).

Em particular, a simulação por eventos permite analisar diferentes configurações ajudando no processo de tomada de decisão. Nesta tese recorreu-se a esse tipo de simulação para estimar o desempenho que um novo sistema de transporte a pedido teria para diferentes conjuntos de parâmetros e regras operacionais e diferentes cenários de utilização por parte da população residente (diferentes níveis de adesão, diferentes níveis de flexibilidades, diferentes níveis de recursos, etc.).

O modelo desenvolvido permite ainda estimar, para cada caso, o desempenho do sistema de transportes em diferentes perspetivas (económicas, sociais e ambientais) auxiliando os decisores e permitindo a convergência de alguns pontos de vista.

1.3. Contribuições

As contribuições fundamentais deste projeto são:

- Revisão abrangente da literatura sobre sistemas de transporte do tipo DRT.
- Identificação dos requisitos e especificações de um sistema de apoio à decisão (SAD) capaz de suportar o processo de projeto de um DRT analisando diferentes configurações alternativas de parâmetros de implementação.
- Validação do SAD, aplicando-o a um estudo de caso português para avaliar as potencialidades e limitações da ferramenta e também identificar os fatores críticos de implementação de um DRT numa zona rural no norte de Portugal.
- Investigação do impacto de diferentes parâmetros operacionais no desempenho do sistema e avaliação da sustentabilidade do sistema.
- Em geral, contribuição para um melhor projeto e planeamento de sistemas de transporte a pedido, promovendo a discussão do seu conceito e trazendo alguma clarificação sobre os requisitos para uma solução de transporte sustentável.

Dada a relevância económica, social e ambiental do tema e a necessidade de se promover a utilização de meios de transporte mais inteligentes, pretende-se que este trabalho seja um elemento de discussão desta temática.

É ainda do entendimento da autora que a utilização da abordagem proposta e do sistema desenvolvido possam promover a difusão e adoção de soluções inteligentes e alternativas de transporte, para benefício das populações das zonas mais remotas, que sentem a sua acessibilidade cada vez mais reduzida pela crescente escassez de oferta de serviços de TP regular. O sistema de apoio à decisão poderá ajudar os vários intervenientes a encontrar soluções promovendo o entendimento e a convergência de objetivos.

1.4. Metodologia

Um dos principais objetivos desta dissertação é o de explorar a complexidade inerente ao projeto de sistemas de transporte flexível. Apesar desses sistemas serem uma solução para a mobilidade de determinados setores da população, o seu uso é ainda muito limitado, sendo que em Portugal, a sua expressão é mínima. Assim, a formulação de uma primeira questão a que esta tese se propõe responder é:

- Quais são as principais dificuldades e quais são os aspetos críticos no planeamento de um sistema de transporte a pedido em áreas de baixa densidade populacional? Que especificidades neste planeamento se colocam no caso português?

Por outro lado, apesar da grande variedade de modelos propostos no contexto dos transportes a pedido, a revisão da literatura mostra que as abordagens existentes são muito limitadas em âmbito. Nesta tese pretende-se dar resposta à questão:

- É possível integrar numa abordagem de modelação vários níveis de problemas que proporcionem aos decisores um efetivo suporte à fase de projeto de um sistema DRT?

Finalmente, uma última questão, pretende explorar a sustentabilidade deste tipo de soluções e a possibilidade de criar uma *framework* que assegure uma avaliação integrada da sustentabilidade das soluções alternativas de projeto.

- Serão os sistemas de transporte flexíveis uma alternativa sustentável do ponto de vista financeiro, social e ambiental aos sistemas de transporte público tradicionais de passageiros? Como pode ser feita a avaliação desta alternativa?

Para dar resposta a este conjunto de questões foi, em primeiro lugar, efetuada uma ampla revisão bibliográfica que incluiu várias dimensões, de modo a ser possível sistematizar os aspetos mais críticos associados ao projeto e implementação dos sistemas de transporte a pedido.

Também com base na revisão da literatura, foi possível identificar as lacunas nas abordagens existentes no suporte à decisão nas várias etapas do projeto de um novo sistema de transporte. A revisão efetuada permitiu ainda identificar os requisitos que um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) deve incorporar.

O desenvolvimento do SAD teve como principal foco a necessidade de integrar vários níveis de problemas, desde questões de caráter mais tático (por exemplo o nível de flexibilidade a adotar) a questões de caráter operacional (por exemplo, planeamento de rotas e escalas). A abordagem desenvolvida incorpora modelos de simulação e otimização e integra ainda uma *framework* de avaliação das soluções alternativas.

A validação do modelo foi feita com recurso a um estudo de caso, desenvolvido para o efeito, numa região do norte de Portugal. A seleção da área teve em conta as suas características rurais e os elevados níveis de isolamento da população. Os dados necessários à construção do caso foram obtidos através de várias fontes: Instituto Nacional de Estatística (INE), realização de inquéritos e entrevistas e ainda estudos anteriores de mobilidade na região. Com base nestes dados foi possível criar os modelos de oferta e de procura essenciais ao modelo que simula o contexto de transporte a pedido.

A validação permitiu testar as alterações nos indicadores de desempenho através da simulação de diferentes cenários (diferentes taxas de adesão da população adulta ao serviço) e através de alterações nos parâmetros base do serviço DRT definido.

Os resultados permitiram, por fim, realizar uma análise de sustentabilidade que avaliou a adequabilidade da ferramenta para o estudo de caso.

1.5. Estrutura da tese

O conteúdo desta tese está distribuído por oito capítulos:

No **capítulo 1** apresenta-se uma introdução onde se define o conceito de transporte flexível e em particular o transporte a pedido DRT. Apresentam-se os principais problemas, motivação e os principais objetivos e contribuições da presente tese.

No **capítulo 2** efetua-se uma revisão bibliográfica abrangente sobre vários tipos de transporte flexível, onde se discutem as várias questões que estão associadas ao projeto e implementação de sistemas de transporte a pedido. São analisadas as principais contribuições de caráter mais conceptual sobre esta temática, e uma análise do conhecimento empírico sobre transportes flexíveis, baseado em estudos de caso. É feita uma síntese das principais

características de um DRT e uma classificação dos principais problemas e obstáculos identificados na literatura com soluções e boas práticas.

No **capítulo 3** efetua-se uma revisão da literatura especificada nos principais problemas de planejamento e operacionalização de sistemas de transporte a pedido e analisam-se os vários modelos existentes para a sua resolução.

No **capítulo 4** identificam-se os requisitos de um sistema de apoio à decisão que será utilizado na simulação de diferentes cenários e configuração dos sistemas de transporte a pedido, permitindo auxiliar o planejamento de um sistema concreto com a escolha de opções mais esclarecidas e sustentadas.

No **capítulo 5** caracteriza-se o estudo de caso que será usado na validação da ferramenta proposta. Descrevem-se as análises efetuadas sobre a área de estudo e os indicadores de desempenho.

No **capítulo 6** valida-se a ferramenta através de análises de sensibilidade de alguns dos parâmetros operacionais do sistema. Concretamente, qual o efeito no desempenho do sistema da taxa de adesão, das janelas temporais, da tolerância de espera na paragem do veículo pelo cliente dentro da janela temporal e o efeito da frequência de paragens.

No **capítulo 7** efetua-se uma análise de sustentabilidade do serviço planeado, nas três dimensões de sustentabilidade - económica, social e ambiental - comparativamente com o TP regular, e efetua-se uma análise SWOT.

No **capítulo 8** sintetizam-se as principais conclusões desta tese e identificam-se algumas linhas de investigação que poderão ser exploradas em trabalhos futuros.

2.

TRANSPORTE A PEDIDO – REVISÃO DA LITERATURA

Os sistemas de transporte de passageiros a pedido (DRT - *Demand Responsive Transport*) visam colmatar as necessidades de mobilidade das populações, com recurso a modelos flexíveis de operação, constituindo uma alternativa ou complemento potencialmente muito interessante e atrativo em contextos de baixa densidade populacional em relação aos sistemas tradicionais de transporte, baseados em rotas e escalas fixas. Contudo, a sua conceção e implementação apresenta um conjunto de questões de elevada complexidade que vão desde o seu enquadramento legal até à sua gestão diária. Assim, e apesar de já terem passado mais de quatro décadas sobre o surgimento do primeiro esquema de transporte a pedido, a sua adoção apresenta ainda um desafio para as entidades que têm a responsabilidade de garantir, de um modo sustentável, a mobilidade e a acessibilidade das populações.

O objetivo deste capítulo é apresentar, de forma estruturada, uma visão global sobre as várias questões que estão associadas ao projeto e implementação de um sistema flexível de transporte de passageiros, em particular, o transporte a pedido. Pretende-se não só apresentar as principais contribuições de carácter mais conceptual sobre esta temática, bem como fazer uma análise do conhecimento empírico sobre transportes flexíveis, baseado em estudos de caso reportados na literatura.

Assim, após uma apresentação das principais características de um DRT é efetuada uma discussão sobre os principais problemas e obstáculos, soluções e boas práticas.

2.1. Introdução

Nas últimas décadas, tem-se observado um interesse crescente por sistemas de transporte público flexível, particularmente em zonas de baixa densidade populacional em detrimento dos transportes públicos (TP) convencionais regulares cuja procura tem vindo a decair progressivamente. Esta tendência decrescente do uso do TP pode, em parte, ser explicada pela perda de atratividade do próprio TP regular: menos procura leva a um desinvestimento por parte dos operadores dos serviços, proporcionando um serviço de baixa qualidade (Moseley e Packman, 1983; Nutley e Thomas, 1992 em Gray *et al.*, 2001).

As formas de transporte público rodoviário de passageiros em Portugal, segundo o Instituto da Mobilidade e dos Transportes (IMT), são em norma, enquadradas em:

- **Transporte público regular:** serviço de transporte de passageiros com veículos grandes (autocarros), segundo um itinerário específico, localização fixa das suas paragens (para entrada e saída dos passageiros), horários e tarifa pré-definidos. São, em norma, explorados por operadores privados por concessão de carreiras.
- **Táxi:** serviço de transporte de passageiros com veículos de pequenas dimensões (geralmente ligeiros), com origens e destinos segundo os requisitos dos passageiros. São explorados por operadores privados com licenças.

Com frequência, são oferecidas formas intermédias de serviços de transporte para ultrapassar algumas das lacunas da oferta tradicional, dirigidos, em regra, a grupos específicos da população:

- **Transporte especializado/ocasional:** engloba um vasto conjunto de serviços, podendo ser lucrativos ou não, com veículos de dimensões variadas, geralmente fornecidos pelas autoridades públicas; assegura o transporte de determinadas categorias de passageiros, incluindo transportes de serviço social (ex., Centros Sociais, bombeiros), transporte de pacientes para o hospital, etc.
- **Transporte escolar:** serviço de transporte com veículos ligeiros ou pesados de passageiros, para o transporte de crianças para os estabelecimentos de ensino e outras instalações ou espaços em que decorram atividades educativas ou formativas. Pode ser operado por operadores privados ou por autarquias, sendo em regra subsidiado, podendo ainda ser com autocarros que podem transportar o público em geral, mas

cujas carreiras apenas existem em período escolar, ou podem ser direcionados exclusivamente para alunos.

Vários fatores têm contribuído para uma diminuição da atratividade dos serviços de TP regular em áreas rurais, destacando-se, entre outros, a falta de flexibilidade de horários e rotas, a baixa frequência ou a descontinuação de serviços pouco rentáveis, a inadaptação da oferta às reais necessidades e padrões de mobilidade dos residentes cada vez mais dispersos, a inadequabilidade dos veículos para servir grupos específicos da população, para além de questões relativas ao seu conforto, espaço e segurança (Gray *et al.*, 2001). Este conjunto de fatores tem vindo a ser utilizado para justificar o aumento do uso do transporte individual (TI) ou da utilização das outras soluções, bem como o aparecimento de serviços de transporte flexível, como o DRT (Ambrosino *et al.* 2004, em Laws *et al.* 2009; Enoch *et al.*, 2004; Mageean e Nelson, 2003).

Ferreira *et al.* (2007) identificaram um conjunto de benefícios associados aos transportes flexíveis, tais como: o potencial para aumentar a quota de TP em detrimento do TI; a obtenção de soluções integradas de transporte, combinando e articulando o sistema tradicional com sistemas flexíveis; a capacidade de servir áreas com procura baixas que não justificam rotas fixas. Os mesmos autores referiram ainda o crescimento da proporção de população sem acesso a TI ou com acesso limitado ao TP regular e a obrigação política em reduzir impactos ambientais limitando o uso de energias não renováveis resultantes do TI.

O DRT é um serviço de transporte caracterizado pela utilização de uma frota diversificada de veículos (automóveis, carrinhas, táxis, autocarros, etc.) operada por um ou mais operadores, coordenados por uma entidade pública ou privada, com a responsabilidade de satisfazer os pedidos de viagem dos passageiros (Chandra e Quadrifoglio, 2013b; Parragh *et al.*, 2014). Os utilizadores contactam, com alguma antecedência, uma central coordenadora para efetuar os pedidos das suas viagens. Os serviços centrais processam os pedidos e gerem um conjunto de recursos (veículos, condutores, entre outros) que lhes permite organizar um transporte que vá de encontro às solicitações dos utilizadores, usando escalas e rotas flexíveis para recolher e entregar passageiros de acordo com os seus pedidos (Enoch, Ison *et al.*, 2006; Mulley *et al.*, 2012). O DRT é classificado como uma forma de transporte intermédia entre o tradicional autocarro e o táxi, tanto em termos de flexibilidade como em termos de tarifa (Håme, 2013; Mageean e Nelson, 2003).

A revisão bibliográfica efetuada permitiu constatar a existência de um vasto conjunto de contribuições sobre sistemas de transporte flexíveis, abordando diferentes perspetivas de natureza teórica, prática e empírica: i) um grande conjunto de artigos analisou questões de carácter mais geral relacionadas com o projeto, a implementação e o funcionamento de esquemas de transporte flexível, discutindo algumas das suas problemáticas; ii) várias contribuições descreveram experiências de implementação do DRT e discutiram os principais resultados, benefícios e limitações das soluções propostas; e iii) um extenso número de artigos propôs, desenvolveu e implementou modelos que permitiram estudar soluções de sistemas de transporte, com ênfase em questões de carácter operacional, como por exemplo o planeamento de rotas e escalas (Giannopoulos, 2004).

Nas secções seguintes discutem-se as principais questões associadas à implementação dos sistemas DRT baseadas em contribuições de especialistas e publicadas em revistas científicas, mas também algumas contribuições de carácter empírico, com recurso a fontes secundárias, como é o caso de relatórios de projetos financiados nacionais e internacionais. No capítulo seguinte serão abordadas as questões relacionadas com a modelação analítica destes mesmos sistemas.

2.2. Enquadramento e objetivos dos DRT

Os sistemas DRT são uma forma de transporte flexível cuja origem remonta aos anos 70, cobrindo uma vasta gama de conceitos de oferta de mobilidade.

Apesar do primeiro esquema de DRT ter surgido durante os anos 70, apenas na década de noventa é que este tipo de sistema ganhou popularidade, particularmente em ambientes de procura dispersa. No início dos anos 90, nos EUA, existiam mais de 550 sistemas DRTs e outros (Koffman, 2004).

Ao longo dos últimos vinte anos, muitos serviços de transporte flexíveis têm sido desenvolvidos, sendo que o leque de soluções adotadas tem sido bastante alargado e por vezes com designações distintas de acordo com o país de origem ou a população a que se destinam. Para além dos sistemas DRT, existem soluções particulares de transporte flexível como o *paratransit* (serviços de transporte de doentes e/ou incapacitados, de pessoas com necessidades especiais), o MAST (*Mobility Allowance Shuttle Transit*), *dial-a-ride*, *dial-up-*

bus, boleias partilhadas (*carpooling* e *car sharing*), serviços de táxi partilhado, entre outros (Li e Quadrifoglio, 2010; Velaga, Nelson *et al.*, 2012; Velaga, Rotstein *et al.*, 2012; Zhao e Dessouky, 2008).

Adicionalmente, a oferta de transportes flexíveis tem sido alargada a vários mercados: i) no acesso a áreas de serviços concentrados (agências bancárias, serviços de saúde, escolas), ii) no acesso a locais remotos com vias limitadas, iii) no acesso a serviço de TP regular escasso, iv) podendo atuar em horários menos procurados como à noite ou fins de semana, e em muitos casos suportados por aplicações telemáticas adequadas (Mulley *et al.*, 2012). Implementações em áreas urbanas e suburbanas têm sido observadas para franjas populacionais específicas, como por exemplo pessoas sem acesso a transporte individual, que vivem longe do centro da cidade, que possuem deficiências físicas ou ainda, quem não tem horários normalizados de deslocação (nas horas de ponta) (Finn, 2012).

A responsabilidade por estes serviços tem sido diversa: operadores privados, autoridades locais, transporte comunitário, hospitais ou bombeiros, entre outros (Brake *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2007; Li e Quadrifoglio, 2010; Mageean e Nelson, 2003; Nelson e Phonphitakchai, 2012). Muitos destes esquemas de transporte têm funcionado em regime de voluntariado e são referidos, por alguns autores, como uma forma de serviço DRT que contorna as diretivas legais que não contemplam o serviço flexível (Davison *et al.*, 2012; Mulley *et al.*, 2012; Velaga, Nelson *et al.*, 2012).

Segundo o Derek Halden Consultancy (2006), reportado em Mulley *et al.* (2012), o DRT tem sido definido como qualquer forma de transporte público de passageiros onde o fornecimento de serviço é determinado pela procura operando, em norma, com veículos mais pequenos (miniautocarros, carrinhas, táxis) e em zonas de baixa densidade populacional.

Com efeito, vários investigadores têm defendido que os serviços de TP em áreas rurais deviam ser substituídos por uma estrutura de serviços que pretendesse servir o maior número possível de pessoas (Velaga, Rotstein *et al.*, 2012) oferecendo-lhes qualidade, conveniência e disponibilidade horária, com veículos de capacidades ajustadas permitindo atender todos os utentes de forma permanente. Vários autores (ex., Ambrosino *et al.*, 2004; Mageean e Nelson, 2003) referiram ainda o aumento do interesse, por parte das entidades governamentais, em minimizar as lacunas de mobilidade e em melhorar o transporte social, reduzindo a exclusão social através de sistemas de transporte flexível.

Os objetivos do DRT têm vindo a ser ampliados para incorporar maiores segmentos da população (Golob *et al.*, 1972; Joewono e Kubota, 2007; Khattak e Yim, 2004) e lidar com várias questões sociais (Nelson *et al.*, 2010), por exemplo, jovens, idosos, agregados familiares com rendimentos baixos ou desempregados e pessoas com deficiências físicas ou mentais (Cordeau e Laporte, 2003b; Desaulniers *et al.*, 2000; Ferreira *et al.*, 2007; Finn, 2012; Li e Quadrifoglio, 2010; Mulley e Nelson, 2009; Savelsbergh e Sol, 1995).

A Tabela 2.1 sumariza, de acordo com as perspetivas de vários autores, as motivações mais usuais para a justificação dos sistemas DRT. Enquanto alguns reportam os fatores sociais (mitigação da exclusão social e aumento da mobilidade), outros reportam o crescimento económico, e outros ainda realçam a avaliação do impacte ambiental dos TP.

Tabela 2.1. Objetivos do DRT identificados por alguns autores.

Objetivos	Autores
Melhorar a acessibilidade.	Brake <i>et al.</i> (2004a,b), Ferreira <i>et al.</i> (2007), Mageean e Nelson (2003).
Reduzir o isolamento rural, aumentando a inclusão social. Satisfazer as necessidades de mobilidade.	Battellino (2009), Brake <i>et al.</i> (2004a), Enoch, Ison <i>et al.</i> (2006), Giannopoulos (2004), Lucas <i>et al.</i> (2009), Mageean e Nelson (2003), Mulley e Nelson (2009), Paquette <i>et al.</i> (2009), Wright <i>et al.</i> (2009).
Permitir o acesso/procura de emprego.	Lucas <i>et al.</i> (2009), Mulley e Nelson (2009), Wright <i>et al.</i> (2009).
Aumentar o uso de TP.	Ferreira <i>et al.</i> (2007).
Minimizar inconveniências no transporte de clientes esporádicos.	Coslovich <i>et al.</i> (2006).
Coordenar e articular TP regulares com flexíveis.	Aldaihani <i>et al.</i> (2004), Horn (2004).
Racionalizar recursos. Reduzir o número de veículos usados e custos operacionais. Aumentar a qualidade do serviço.	Brake <i>et al.</i> (2004a,b), Fallahi <i>et al.</i> (2008), Ferreira <i>et al.</i> (2007), Giannopoulos (2004), Jakob <i>et al.</i> (2006), Kytöjoki <i>et al.</i> (2007), Luo e Schonfeld (2007), Quadrifoglio <i>et al.</i> (2008a,b), Li e Quadrifoglio (2010), Xiang <i>et al.</i> (2006; 2008).
Combinar viagens de baixo custo com intervalos de tempo aceitáveis.	Horn (2004), Mitrovic-Minic e Laporte (2004), Parragh <i>et al.</i> (2010).
Definir políticas de atuação.	Brake <i>et al.</i> (2004b), Daniels e Mulley (2012), Davison <i>et al.</i> (2012), Li e Quadrifoglio (2010), Mageean e Nelson (2003), Santos <i>et al.</i> , (2010).
Reduzir impactes ambientais.	Dessouky <i>et al.</i> (2003), Ferreira <i>et al.</i> (2007), Jakob <i>et al.</i> (2006), Litman (2009), Mulley e Nelson (2009), Paquette <i>et al.</i> (2009), Santos <i>et al.</i> (2010).

Enoch *et al.* (2004) identificaram diferentes tipologias de sistemas DRT, tendo em conta os seus objetivos e o enquadramento no sistema global de transportes. Brake *et al.* (2007) e Ferreira *et al.* (2007), baseando-se em Enoch *et al.* (2004), consideraram que o DRT pode operar em articulação com o TP regular como:

- **DRT intermodal:** tipo de serviço de transporte que permite ligar um conjunto de aglomerados, próximos de um serviço de TP coletivo a vários destinos, mas sem ligação entre eles. Este tipo de serviço pode funcionar como ligação entre diferentes modos de transporte, sendo complementar à rede já estabelecida, pressupondo uma integração operacional para garantir a complementaridade (Koffman, 2004).
- **DRT em rede:** tipo de serviço que permite a deslocação de passageiros a pontos do território e em horários que através de outro serviço de TP não seria possível, caracterizado como um reforço do TP regular, fornecendo serviços adicionais, ou substituindo serviços convencionais não satisfeitos. Providencia novos serviços ou substitui os existentes em alguns locais e/ou horários.
- **DRT com destinos específicos:** tipo de serviço que tem geralmente como população-alvo um segmento específico da população, caracterizado por servir destinos específicos, não envolvendo viagens nem horários pré-definidos. Pode ser utilizado por grandes empresas para ir recolher e levar os seus empregados a casa, ou como serviço de transporte de apoio a um aeroporto. O seu objetivo principal não é o de articular horários com os restantes serviços de transporte, mas fazer chegar os clientes a um determinado destino, num horário específico.
- **DRT de substituição:** tipo de serviço caracterizado por substituir o TP regular existente que se revela ineficiente e, introduz um serviço com novas características mais adaptadas às solicitações da população.

Alguns autores (ex., Ferreira *et al.*, 2007; Davison *et al.*, 2014; Velaga, Rotstein *et al.*, 2012; Velaga, Nelson *et al.*, 2012; Velaga, Beecroft *et al.*, 2012) referiram que integrar os serviços flexíveis na rede de transportes existente, contribui para aumentar a coesão do serviço de transporte em geral, potenciando o uso mais eficiente dos recursos existentes.

A integração do DRT com o TP regular é um aspeto muito discutido na literatura, tendo sido identificado por vários autores como uma das questões críticas ao nível do planeamento destes serviços, nomeadamente pela dificuldade em identificar o nível mais

indicado de integração ou as circunstâncias em que se justifica a troca de um serviço pelo outro (Davison *et al.*, 2014; Li e Quadrifoglio, 2010).

Ferreira (2008) identificou três níveis de cooperação:

- Nível mais básico: cada operador é independente, gere os seus pedidos e disputa o mercado com os outros operadores.
- Nível intermédio: as operações são coordenadas através de uma central coordenadora (TDC – *Travel Dispatch Center*), promotora de interação e cooperação entre operadores. Podem ser definidos diferentes graus de cooperação, inversos à competitividade, em função dos acordos firmados entre os operadores.
- Nível de integração total: caracterizado por uma grande cooperação entre operadores, estando implícita a baixa competitividade. Este nível de cooperação é o que mais beneficia, a longo prazo (pelo menos) todos os operadores e utilizadores dado que o atendimento das necessidades dos utilizadores se torna prioritário, tendendo assim a gerar maior satisfação dos clientes e maior prestígio dos serviços.

O recurso a tecnologias de informação e comunicação tem sido identificado por vários autores como um elemento fundamental na integração dos serviços, quer a nível funcional quer a nível operacional (Davison *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2007). No entanto, o nível de sofisticação das tecnologias utilizadas tem sido apontado como uma questão complexa (ex., Velaga, Nelson *et al.*, 2012).

Outra questão fundamental para o serviço DRT, é o financiamento que este pode exigir. Em alguns países, o crescimento do serviço DRT foi sustentado por esquemas de financiamento governamentais. Por exemplo, em 1990 nos EUA, o governo central regulamentou os serviços de transporte flexível através do denominado *Americans with Disabilities Act* (ADA), requerendo que os operadores de transporte com serviços de rotas fixas, efetuassem serviços adicionais de *paratransit* (transporte de pessoas doentes ou com dificuldades de mobilidade) nas suas áreas de serviço. Mais recentemente, em Inglaterra, foi lançado um esquema de apoio à inovação nos transportes em áreas rurais, o financiamento pelo *Rural Bus Challenge Grants* (RBCG) (Enoch *et al.*, 2004).

2.3. Planeamento de sistemas DRT

As dificuldades de implementação de um sistema DRT são de natureza variada e estão normalmente associadas aos vários níveis de decisão no planeamento: estratégico, tático e operacional.

No nível estratégico enquadram-se as decisões de longo prazo, definem-se os objetivos gerais dos serviços de transporte, e delineiam-se as futuras políticas de funcionamento. Neste contexto, para além de uma definição clara dos objetivos do novo sistema (ex., área e população a ser servida, nível de integração com a rede envolvente de transportes), deverão ser abordadas questões relativas ao modelo organizacional, questões gerais relativas à sua sustentabilidade, incluindo as possíveis alternativas para o modelo de financiamento e o enquadramento do sistema na legislação do país onde se pretende criar um DRT.

A implementação de serviços DRT envolve normalmente múltiplos intervenientes – entidades governamentais centrais e locais, operadores, utilizadores, etc. – com diferentes valores, perspetivas, aspirações e objetivos muitas vezes conflituosos, apresentando uma complexidade elevada. Esta complexidade é característica dos problemas associados ao planeamento dos serviços de transporte em que os requisitos de coordenação e as divergências de compreensão de metas entre os decisores, levam a que as abordagens tradicionais de resolução de problemas se revelem inadequadas ou limitadas na solução dos problemas atuais das nossas sociedades (Head e Alford, 2008).

A importância da fase de planeamento estratégico do DRT e a sua complexidade tornam-na particularmente crítica para o sucesso do DRT.

No nível tático inclui-se o planeamento a médio prazo, definindo-se a alocação dos recursos e regras de funcionamento que permitem atingir os objetivos definidos no nível estratégico. No nível tático importa responder a um conjunto de questões relacionadas com os recursos que serão utilizados na implementação do sistema e que incluem: os recursos humanos, a frota de veículos a utilizar e o equipamento para suporte à gestão e coordenação do sistema (central coordenadora). No caso particular deste tipo de sistemas (DRT), tem especial relevância os sistemas de informação e comunicação de suporte que irão, na fase operacional, agilizar as ligações entre clientes e a central coordenadora, responsável pela gestão operacional do sistema.

A definição das regras de funcionamento estabelece, basicamente, o grau de flexibilidade do sistema nas diferentes dimensões: rotas e escalas, frequência de paragens, horários de funcionamento, entre outros.

O nível operacional inclui todo um conjunto de decisões que permitem garantir que os pedidos efetuados por passageiros sejam satisfeitos a partir dos recursos existentes e no âmbito das regras que foram estabelecidas para o funcionamento do sistema. Envolve, portanto, decisões diárias que podem atingir graus elevados de complexidade, muitas vezes com carácter dinâmico de modo a incluir no plano de serviços específico (já estabelecido), novos pedidos, mantendo níveis de serviço aceitáveis. A este nível é já frequente o recurso a sistemas de apoio à decisão incorporando modelos de otimização para a resolução do problema de planeamento de rotas e escalas.

2.3.1. Enquadramento Legal

A exploração de um serviço de transporte de passageiros é enquadrada na legislação que estabelece o regime a que deve obedecer a sua implementação. Cabe geralmente, ao poder central definir as regras de funcionamento. Por exemplo, (em Portugal) o transporte rodoviário de passageiros está sujeito a concessões de carreiras, por um período inicial de 10 anos, renovável por períodos sucessivos de 5 anos, cujas características são pré-definidas e fixas (percurso, paragens, horários, etc.). Sendo o DRT uma forma relativamente nova de serviço de transporte, não tem, na maioria dos países, uma definição clara do serviço em termos legais, organizacionais e institucionais, o que dificulta as questões de registo de rotas e elegibilidade para níveis de subsídios (Brake *et al.*, 2004a; Enoch, Ison *et al.*, 2006; Mageean e Nelson, 2003; Nelson e Phonphitakchai, 2012; Pinder, 2006).

Em alguns países, a legislação inicial para a implementação de serviços de transportes flexíveis, foi definida para sistemas *paratransit*, com vista a melhorar a mobilidade de deficientes físicos (Mulley *et al.*, 2012).

Os suíços foram os primeiros a desenvolver legislação para o transporte flexível, adotando uma lei em 1979 sobre a acessibilidade aos serviços de transporte por parte de pessoas idosas e pessoas com deficiências físicas. Seguiram-se os ingleses em 1985 com o *Transport Act*, e, como já se referiu anteriormente, os americanos em 1990 com o *Americans*

with Disabilities Act (ADA). Por exemplo, o ADA definiu a obrigatoriedade de fornecimento de serviço, em resposta à procura, a pessoas com deficiências físicas que não conseguiam utilizar o TP regular - isto levou à criação de aproximadamente 200 serviços *paratransit* ADA e, segundo Chia (2008) foram criados programas de financiamento para suporte destes serviços.

Em alguns países onde não existe legislação apropriada, os serviços com algum nível de flexibilidade têm funcionado informalmente, sem uma aprovação oficial, nem licenças das autoridades para realizar o serviço quase sempre do tipo *paratransit* (sendo do tipo porta-a-porta ou flexível o suficiente para se desviar das rotas habituais). Estes serviços foram implementados em vários países da América do Norte, do Sul (América latina - México), da Ásia e da África (Cevero e Golub, 2007; Schalekamp *et al.*, 2009). A falta de uma estrutura legal reguladora, que permita um estatuto legal na inserção e definição de DRT, de forma a legislar questões de flexibilidade e a integração dos diferentes operadores de serviço, foi uma grande dificuldade, apenas ultrapassável, com o envolvimento político e o compromisso por parte dos governantes (Brake *et al.*, 2004a, 2007; Kalliomaki *et al.*, 2004; Mulley *et al.*, 2012).

Em Portugal, os serviços de transporte flexíveis constituem uma preocupação crescente. Foi já criado um despacho que permitiu a implementação de um caso piloto em Mação (Vale do Tejo), com início em 2013 e que ainda está em funcionamento e com planos de alargamento da área de serviço. Mais recentemente foi criado um memorando¹ governamental para futuras implementações. No entanto, não há, até ao momento nenhum Decreto-Lei a legislar as condições e regras de funcionamento de um serviço DRT.

A Comissão Europeia (2006) tem vindo a elaborar diretivas no sentido de promover a implementação de serviços flexíveis focando, em particular, a preocupação com as condições dos utilizadores: i) abordar melhorias nas condições sociais do transporte rodoviário, permitindo uma maior inclusão social das populações; ii) reforçar os direitos de acesso a TP dos residentes rurais; iii) ter uma diretiva relativa à tarifação rodoviária, com tarifas baseadas na distância, e iv) caso seja necessário, canalizar o financiamento para infraestruturas de transportes, como a construção e implementação de centrais coordenadoras.

Na literatura discute-se a necessidade de formular definições legais sobre transportes do tipo DRT em vários países da Europa, EUA e Austrália, em particular sobre o

¹ <http://www.portugal.gov.pt/pt.aspx>

enquadramento legal de serviços flexíveis e da regulamentação de modelos organizacionais com envolvimento de vários operadores (Brake *et al.*, 2004a; Ferreira *et al.*, 2007; Nelson *et al.*, 2010; Politis *et al.*, 2012). Estas lacunas legais têm criado, um pouco por todo o mundo, limitações à implementação dos DRTs:

- Falta de enquadramento legal, para um serviço flexível, em termos espaciais e temporais (Brake *et al.*, 2007; Mageean e Nelson, 2003; Nelson *et al.*, 2010; Politis *et al.*, 2012);
- Falta de uma estrutura de licenciamento e regimes de preferência (Enoch *et al.*, 2004);
- Barreiras regulamentares para a cooperação entre os operadores de transporte, com implicações organizacionais (Politis *et al.*, 2012);
- Falta de permissão para serem as autoridades locais a fornecer serviços FTS (Brake e Nelson 2007);
- Falta de fundos disponíveis para a implementação e suporte de ações e medidas benéficas para os serviços de transporte (Politis *et al.*, 2012).

2.3.2. Modelo organizacional

Como se referiu anteriormente, os sistemas de transportes flexíveis começaram com a movimentação de pessoas com mobilidade reduzida na década de 70. Algumas décadas mais tarde (na década de 90) foram já vistos como uma solução de transporte que permite resolver um conjunto mais vasto de problemas de mobilidade, assegurando acessibilidade e cobertura geográfica, especialmente em zonas rurais. Assim, os primeiros esquemas que surgiram nos EUA, consistiam em pequenos autocarros adaptados, operados por operadores privados e ao abrigo do ADA (APTA *Governing Boards Committee*, 1994). De modo semelhante, alguns países europeus promoviam soluções *paratransit* através de serviços DRT explorados por privados com autocarros, miniautocarros, táxis partilhados, ou mesmo por pessoas individuais com *carpooling* e *carsharing* (Finn, 2012; Wang *et al.*, 2014).

Outras realidades têm sido observadas em que os serviços flexíveis são promovidos por autoridades públicas locais ou regionais (CONNECT, 2010; Wang *et al.*, 2014), sendo ainda possível identificar algumas soluções cooperativas em que vários *stakeholders* estão

envolvidos numa solução mista de táxis e autocarros (Finn, 2012). Serviços em que estão envolvidos entidades voluntárias (bombeiros, associações religiosos, etc.) ou do setor privado (empresas, escolas, etc.) têm também uma expressão muito significativa, muitas vezes a funcionar à margem de qualquer enquadramento legal (Kalliomaki *et al.*, 2004).

Outros *stakeholders* a considerar, nos DRTs, são os operadores da central coordenadora, os fornecedores de tecnologias, os utilizadores e outros associados ao serviço (podem beneficiar com o uso do DRT, como lojistas) (CONNECT, 2010).

Há um conjunto de questões a dar resposta ao definir o modelo organizacional de um sistema DRT, nomeadamente (Booth e Richardson, 2001):

- *Quais são as expectativas dos intervenientes na participação de um serviço DRT?*
- *Como coordenar os diferentes intervenientes num processo coerente e integrado?*
- *Qual é a hierarquia da estrutura e suas responsabilidades inerentes?*
- *Qual é o nível de envolvimento dos intervenientes?*

No projeto *Wigglybus*, em Inglaterra (Enoch, Ison *et al.*, 2006), as parcerias estabelecidas entre as entidades responsáveis tinham uma estrutura informal, baseada na confiança. O município tinha a responsabilidade financeira e de contratação dos serviços (veículos, central coordenadora e tecnologias). Os operadores contratados eram apenas responsáveis pelos seus veículos.

Nos estudos de caso apresentado no relatório do projeto ARTS (ARTS, 2004), em áreas rurais, quem coordenava maioritariamente os projetos, na Áustria, Irlanda, Finlândia e Suécia era a administração regional de transportes, o município local e associações privadas não lucrativas, para a implementação de serviços DRT. Na Hungria, Grécia e Espanha, para o acesso de idosos a bens e serviços, o transporte escolar foi alargado ao transporte de outros residentes, e quem coordenava o serviço era maioritariamente a administração regional de transportes e a administração regional de educação.

O consenso e a coordenação dos intervenientes são fundamentais para definir qual a cobertura geográfica do serviço (área de intervenção), qual a rede viária da área a utilizar, e quais as regras aplicáveis aos contratos de trabalho (diferentes categorias de trabalhadores). No entanto, em áreas rurais, esse entendimento entre os intervenientes é difícil de gerir, verificando-se várias lacunas a diversos níveis, tais como: i) a alocação de responsabilidades; ii) o receio do desconhecido; iii) a falta de informações; e iv) a competição entre operadores.

Estas lacunas são mais extensivamente reportadas na Secção 2.6 que trata os fatores críticos do DRT e as barreiras encontradas à implementação do DRT.

Algumas barreiras institucionais limitaram, na maior parte dos casos, soluções de cooperação entre os vários operadores ao abrigo de um enquadramento legal adequado. Segundo Mulley *et al.* (2012), desde o início dos anos 90, até ao *Transport Act* (2000), a estrutura regulamentar no Reino Unido não reconhecia os serviços de transporte flexível, devido à exigência do registo de rotas. Em 2008, a regulamentação relaxou as restrições em termos das dimensões dos veículos que podiam ser utilizados e permitiu que os condutores ao serviço de sistemas de transporte comunitário pudessem ser remunerados (Wright, 2013).

No projeto *Wigglybus*, as dificuldades de entendimento, ao nível da coordenação dos *stakeholders*, devia-se à existência de múltiplas responsabilidades, onde a autoridade local tinha o poder executivo mas não conseguia controlar as operações diárias (Enoch, Ison *et al.*, 2006).

Por seu lado, no projeto ARTS, as dificuldades sentidas pelos *stakeholders* passaram por barreiras de âmbito legal (a legislação para TE não contemplava o transporte de pessoas em geral, assim como questões de segurança) e fiscal (não era claro os níveis de impostos a ter de pagar e não podiam beneficiar de isenções como os serviços de TP regulares).

Na Grécia, em particular, a principal dificuldade era o monopólio dos denominados serviços “*KTEL*”, nos quais o operador não estava interessado em realizar novas formas de TP nem em cooperar com o projeto ARTS, dificultando a obtenção de financiamento. Na Hungria e na Suécia as principais dificuldades foram a falta de coordenação entre as partes administrativas, a falta de informações atualizadas do tráfego para fornecer aos utilizadores melhores informações (ex., atrasos, alterações, etc.), a falta de vontade política para ideias inovadoras mais atrativas ou para divulgar os resultados dos projetos e futuras possibilidades para a inovação.

De estudos de caso na Inglaterra, Brake e Nelson (2007) consideraram que as inovações ao nível de transportes tinham tendência a operar independentemente, levando a uma eventual sobreposição de veículos em determinadas rotas, a falhas e a mal entendidos.

As ações de cooperação no âmbito de DRTs para maximizar e partilhar o uso dos recursos disponíveis em tempo e espaço podem ser muito complexas, dada a concorrência de mercado (Mulley *et al.*, 2012). E podem ser ainda mais complexas quando envolvem questões

financeiras, como por exemplo a distribuição das receitas ou lucros. É mais fácil convencer operadores com diferentes características (veículos, área de atuação, etc.) dos benefícios da sua cooperação, tanto para os utilizadores como para os próprios operadores, do que operadores que concorrem diretamente entre si (Daniels e Mulley, 2012; Silva, 2012).

A desregulamentação do mercado de TP não tem encorajado a cooperação entre fornecedores de TP, nem tem promovido a integração bilhética, tendo como consequência a desmotivação para o uso de TP (Brake *et al.*, 2004a; Preston, 2003).

Importa ter também presente que nem todas as políticas definidas podem ser negociáveis (questões legais, questões institucionais, os financiamentos obtidos, os custos de serviço, a situação socioeconómicas dos clientes, as condições físicas dos habitantes, etc.), sendo necessário clarificá-las bem e ter em consideração, na tomada de decisão, os interesses da comunidade.

Para ultrapassar problemas organizacionais é preciso um elevado nível de cooperação entre os *stakeholders* de um serviço DRT. A cooperação e a coordenação entre diferentes operadores de transporte podem passar por ações simples como a reestruturação de horários, para facilitar o transbordo entre os serviços (Jong *et al.*, 2011; Velaga, Nelson *et al.*, 2012).

Outro aspeto que facilita a integração de diferentes operadores é o recurso a tecnologias para poderem comunicar entre si (Velaga, Beecroft *et al.*, 2012).

Recentemente, Davison *et al.* (2014) caracterizaram as soluções existentes no Reino Unido e puderam constatar um aumento do envolvimento do transporte comunitário e de investimentos em serviços DRT desde do início do ano 2000, assim como, o aumento da flexibilidade, em alguns casos, devido ao conhecimento e o crescimento da procura.

2.3.3. Financiamento

A sustentabilidade dos serviços de transporte DRT tem sido considerada um aspeto particularmente crítico e indissociável do enquadramento legal. Se são evidentes as suas vantagens em assegurar a mobilidade das populações em situações em que o TP regular não é uma solução possível ou eficiente, tem sido também constatado que as soluções de transporte flexível não são, na sua maioria, capazes de gerar receitas suficientes para garantir a sua

viabilidade (Davison *et al.*, 2014). De facto as questões financeiras parecem assumir um papel decisivo na viabilidade destes serviços.

No Reino Unido, o conceito de “Plano de transporte local” foi introduzido pela primeira vez em 1998 para a integração de transportes flexíveis, pelo *Transport White paper, A New Deal for Transport: Better for Everyone* (DETR 1998a,b, em Booth e Richardson 2001), e englobava a comunidade geral, o setor do transporte voluntário, autoridades locais e o setor privado.

Nesse mesmo ano, os fundos obtidos do programa *Rural Bus Challenge* (RBC) e do *Rural Bus Subsidy Grant* (RBSG) foram disponibilizados pelo Departamento do Transporte com o objetivo de introduzir, nas áreas rurais, TP inovadores e eficientes em termos de custos. O RBC e o *Urban Bus Challenge* (UBC) tiveram um efeito positivo na indústria do DRT (Enoch *et al.*, 2004). De facto, o programa RBC, em muitos casos do Reino Unido, levou ao alargamento e desenvolvimentos de implementações de serviços DRT que ofereceram um vasto conjunto de soluções de transporte para áreas rurais e permitiu enquadrar rotas flexíveis até então não registadas oficialmente, tornando-as elegíveis para o financiamento do *Bus Service Operators Grant* (BSOG) e influenciando o nível de subsídio exigido (Brake e Nelson, 2007). Posteriormente relaxaram-se algumas restrições para serviços de transporte flexíveis (DETR, 2000).

O programa RBC terminou em 2004, deixando muitos projetos sem futuro em termos financeiros, em parte pelo facto de não haver obrigatoriedade em definir uma estratégia para quando o fundo deixasse de ser fornecido. Paralelamente, também foram introduzidos alguns projetos-piloto de DRT na Escócia (Brake e Nelson, 2007).

Enoch *et al.* (2004) argumentaram que uma importante consequência das decisões institucionais foi a análise da elegibilidade de um serviço para determinados financiamentos. Essencialmente, no Reino Unido, veículos privados nunca eram elegíveis para financiamentos BSOG, enquanto os táxis apenas eram elegíveis através de registos muito restritivos.

Um serviço DRT tem tendencialmente custos elevados e poucas receitas, sendo, por isso, serviços financeiramente vulneráveis, a médio prazo. A sustentabilidade e a necessidade de financiamento dos serviços DRT ditaram a sua classificação em quatro grupos principais (Enoch *et al.*, 2004; Enoch, Ison *et al.*, 2006; Enoch, Potter *et al.*, 2006):

- **Comercialmente viável:** serviços DRT rentáveis a nível financeiro ou que operam num contexto comercial, com um nível mínimo de tecnologia, de funcionários e de custos operacionais, e com serviços de baixa escala (um-para-um ou um-para-muitos). As tarifas são definidas para cobrir os custos operacionais numa relação preço-qualidade do serviço prestado. As rotas são simples, com pouca troca de informações e são geralmente economicamente sustentáveis, não necessitando de financiamento. Um exemplo de um serviço comercialmente viável são os táxis partilhados.
- **Aceitavelmente subsidiado:** serviços DRT com custos de operação relativamente baixos. As tarifas são baixas (abaixo da taxa de mercado), as rotas são simples, com pouca necessidade de partilha de informações. Requerem o mesmo subsídio que outros serviços de transporte comparáveis. Um exemplo deste tipo de serviço é a variante TP regular (com rotas e horários fixos), mas apenas circulando se houver pedidos.
- **Altamente subsidiado:** serviços DRT que operam, essencialmente em áreas rurais. Cobrem os horários dos serviços de TP inexistentes ou os serviços mais caros (táxis). Têm tarifas baixas devido ao mercado a servir e aos objetivos sociais e políticos, tais como: transporte escolar, transporte hospitalar e serviços de transporte social. Recorrem a tecnologias complexas (comunicação entre veículos, *software* de otimização de rotas, etc.) que pode causar problemas financeiros ou de comunicação dada a complexidade do serviço. Necessitam de financiamento durante muito tempo.
- **Financeiramente insustentável:** serviços DRT com custos operacionais muito elevados e com elevado nível de sofisticação em tecnologias para satisfazer as solicitações de trocas de informação de serviços complexos (muitos-para-muitos). A falta de rotas e horários fixos dificulta o entendimento entre o operador e alguns clientes. As receitas não são suficientes para cobrir todos os custos: as tarifas são reduzidas e as taxas de ocupação são pequenas, requerendo elevados subsídios para assegurar a sua viabilidade financeira.

Alguns autores (ex., Brake *et al.*, 2007; Enoch *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2007) constataram que, das experiências de serviço FTS na Europa e no Reino Unido, ainda não se demonstrou a sua autossustentabilidade financeira, embora tenha sido reconhecido o seu papel no reforço da mobilidade e no combate à exclusão social. Assim, a sua viabilidade a longo prazo fica dependente da existência de subsídios diretos durante o período de funcionamento.

O DRT, sendo um serviço de qualidade superior ao TP regular em virtude da sua flexibilidade, dificilmente poderá adotar os modelos tradicionais de definição de tarifa (por coroas territoriais ou outros métodos aplicados nos TP regulares). Definir o valor da tarifa é complexo. Por outro lado, o serviço tem de ser atrativo para o cliente não podendo adotar uma tarifa equivalente a um serviço de táxi. Daniels e Mulley (2012) defenderam que as tarifas deveriam ter um valor base, ao qual seria acrescentado um valor variável dependendo das características dos clientes e das distâncias a percorrer.

Existem vários fatores para garantir o equilíbrio de um serviço de transporte e que consequentemente condicionarão o valor da tarifa a aplicar (CONNECT, 2010; Paulley *et al.*, 2006).

Tem havido um número crescente de pesquisas efetuadas (por toda a Europa, Austrália e EUA) focadas na avaliação de custos e benefícios reais do sistema de transporte (Jakob *et al.*, 2006; Litman, 2009).

Os custos operacionais por veículo variam, dependendo da área de implementação do serviço (Mageean e Nelson, 2003):

- Em áreas de maior densidade populacional, como no caso da Bélgica, em East Flanders onde o serviço DRT custava 10,24€ por viagem; já em Limbourg também na Bélgica, onde a densidade populacional era menor e por isso o serviço custava 26,25€ por viagem.
- Na Itália, na zona de Porta Romana, bem mais povoada que a zona de Campi, os custos por viagem do DRT foram estimados em 1,69€ e 7,61€, respetivamente.
- Na Finlândia, o custo médio do serviço DRT por viagem era mais caro que o TP regular: 14,4€ e 7€ por viagem, respetivamente.
- Na Suécia, em Gothenburg, o serviço DRT custava 5€ por viagem, valor que correspondia a cerca de três quartos das viagens de táxi (6,67€).

Wright (2013) também defendeu que quando a densidade populacional aumenta, o financiamento por passageiro-viagem diminui. Assim do projeto FLIPPER registou que:

- Em Volos, e Kastoria (Grécia), cuja densidade populacional era de 3,1 e 298,2 pessoas/km², respetivamente, o subsídio atribuído foi de 12,86€ para Volos e 2,22€ para Kastoria.

- Em South Tipperary (Irlanda), onde a densidade populacional era reduzida, apenas 4,1 pessoas/km², tiveram um subsídio por passageiro-viagem de 15,22€.
- Em Borgo Panigale (Itália) com uma densidade populacional de 104,6 pessoas/km² originou valores de subsídio por passageiro-viagem de 8,41€.
- Ao aumentar da densidade populacional o subsídio por passageiro-viagem é inferior, sendo para Formentera (Espanha), Purbach (Áustria) e Almada (Portugal) de 4,42€, 3,66€ e 0,95€, respetivamente, com densidades populacionais de 204,1; 271,7 e 1475,2 pessoas/km², respetivamente.

Em alguns projetos Europeus, em particular, no Reino Unido, Mulley (2010) concluiu que, para serviços flexíveis operacionalizados por táxis, o nível de subsídio absoluto e os custos eram moderados. Em termos de custos por viagem, de uma forma geral, a maior parte estava entre £2 e £10 (valores de 2007) com subsídios entre £1 e £7 por viagem (valores de 2007). Os valores de referência utilizados, por uma amostra de TP regular, suportados pelas autoridades locais do Reino Unido, em áreas rurais, registava financiamentos entre £1,50 e £10 por viagem (CfIT, 2008).

Segundo Chia (2008) em Mulley *et al.* (2012), também o mercado alvo influenciava os custos operacionais do serviço: por exemplo, o custo operacional para o *paratransit* nos EUA foi de aproximadamente 22,14\$ por viagem, enquanto o FTS, em geral, registou (no mesmo período) um custo operacional de 2,75\$ por viagem.

Um estudo recente (Davison *et al.*, 2014) mostrou que, do conjunto de esquemas de DRT a funcionar no Reino Unido, somente 6,25% não têm qualquer subsídio, e dos restantes 60 casos analisados o nível de subsídio por viagem oscila entre £2 e os £10, exceto um caso em que se registou o valor de £93 por viagem.

O apoio político, para além de ter sido visto como um fator chave para o desenvolvimento dos serviços DRT, foi considerado também como um fator fundamental para a obtenção de financiamento. Vários autores consideraram que o apoio político foi fundamental para o desenvolvimento de um serviço DRT e para salvaguardar o seu funcionamento a longo prazo (a maioria dos projetos terminou juntamente com o financiamento que lhe foi atribuído essencialmente devido à necessidade de recursos financeiros adicionais, independentemente dos resultados serem satisfatórios no cumprimento dos objetivos a que se propunham), referindo-se, por exemplo, à existência de várias barreiras ao financiamento, nomeadamente a forma como os orçamentos estão definidos, criando

entraves para a obtenção de reembolsos (ex., Brake e Nelson, 2004, 2007; Brannigan e Paulley, 2008; Enoch *et al.*, 2004; Mageean e Nelson, 2003).

Existem várias barreiras para a obtenção de financiamentos nos serviços de transporte em geral, mas estas barreiras agravam-se especialmente para serviços inovadores como é o caso do DRT (Mulley *et al.*, 2012). Assim, adaptando-se a classificação de barreiras da investigação de Brannigan e Paulley (2008), pode-se agrupar genericamente as barreiras financeiras em três níveis distintos – barreiras técnicas, barreiras institucionais e barreiras políticas – tal como se descreve seguidamente.

1. Barreiras técnicas:

- Não haver ou não serem reconhecidas capacidades e competências dos operadores ou decisores do serviço;
- As características físicas e demográficas da área.

2. Barreiras institucionais:

- Complexa colaboração entre os diferentes *stakeholders*;
- Falta de comunicação clara entre os diferentes setores e parceiros;
- Falta de identificação e segurança no financiamento a médio e longo prazo;
- Incertezas elevadas sobre a adesão ao serviço;
- Incertezas no retorno dos investimentos;
- Elevados níveis de incerteza no financiamento;
- Dificuldades em gerir serviços com custos elevados e receitas reduzidas;
- Limitações organizacionais (tempo, recursos, liderança, interesses, estrutura, etc.);
- Falta de controlo e monitorização por parte das autoridades locais das operações diárias do serviço;
- Falta de encorajamento ou apoio a abordagens de transporte para lidar com os problemas de mobilidade e acessibilidade.

3. Barreiras políticas:

- Limitações sociais para desenvolver estratégias sustentáveis;
- Falta de vontade dos governos para apoiar novas políticas de transporte;
- Decisões não delegadas às autoridades locais, revelando desperdícios de tempo e recursos (exemplo de pequenos esquemas no Reino Unido);
- Não alocação de financiamento nas autoridades locais (pode originar reembolsos tardios);

- Ênfase em acordos anuais, sendo muito restritivo para o planeamento a longo prazo;
- Impactes adversos sobre prioridades de serviços de transporte no que diz respeito a fluxos de financiamento;
- Dificuldades em contribuir numa estratégia alargada, por se considerar apenas decisões isoladas na área financeira;

Os mesmos autores (Brannigan e Paulley, 2008) argumentaram que os DRTs só são sustentáveis em nichos de mercado limitados, sendo criticamente influenciados pela geografia da área de atuação e pelo projeto do serviço.

Apesar da existência de algumas contribuições na literatura científica, tal como é o caso das contribuições pontuais, maioritariamente empíricas e, em parte, inconclusivas (em termos de sustentabilidade em geral), acima reportadas, as análises sobre a sustentabilidades dos DRTs parecem assim ainda ser limitadas.

2.3.4. Medição do desempenho

A sustentabilidade pode ser definida como a satisfação das necessidades da população atual sem comprometer as gerações futuras nessas necessidades ou noutros requisitos que implique o equilíbrio dos três principais pilares: económico, social e ambiental (Zhang *et al.*, 2006).

Hoje em dia, os transportes têm um papel essencial em quase todas as atividades humanas. Assim, a sustentabilidade de um sistema de transportes envolve várias questões, e as principais preocupações recaem nos custos e na sustentabilidade financeira destes sistemas, mas também sobre as questões de equidade social e sobre o impacto ambiental, especialmente em termos de emissões de gases com efeito estufa e de escassez de recursos para combustível (Ramani *et al.*, 2011).

Para alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável é necessário reconhecer os custos internos, mas também incluir os custos externos como sejam (a quantificação dos) impactes sociais e ambientais resultantes das decisões tomadas (Jakob *et al.*, 2006; Janic, 2007). Os custos externos resultantes são normalmente designados por externalidades da atividade. De acordo com Ferreira *et al.* (2007) existem dois tipos de externalidades: as positivas e as negativas. Externalidade negativa é aquela em que o agente económico

prejudica, ao nível social ou ambiental, outras pessoas da sociedade e não é penalizado. Um exemplo de externalidade negativa é a libertação de gases poluentes para atmosfera pelo uso de transportes (Santos *et al.* 2010). Analogamente, uma externalidade positiva provoca efeitos positivos sobre a sociedade sem que esta tenha de pagar pelo seu benefício social ou ambiental, por exemplo, bens públicos tais como, geração de empregos e oferta de oportunidades iguais para grupos sociais diversos.

Nas últimas décadas, tem aumentado a preocupação global com a criação de metodologias que quantifiquem as externalidades geradas pelos sistemas de transporte, para ser possível realizar uma análise mais abrangente (envolvendo o maior número possível de efeitos, positivos e negativos), e controlar o desempenho numa visão de sustentabilidade integrada. O *Global Reporting Initiative (GRI)*² quantifica o desempenho e a análise da sustentabilidade nas três dimensões (financeira, social e ambiental) e é reconhecido internacionalmente, possuindo indicadores específicos para os transportes.

Segundo Chandra e Quadrifoglio (2013b,c), o desempenho de um serviço de transporte pode ser genericamente analisado como a combinação entre custos operacionais e qualidade do serviço.

Embora a estimação do desempenho de sistemas de transporte flexível, para efeitos de avaliação da sua sustentabilidade, seja um tema importante, a literatura científica sobre este assunto não é muito vasta, tanto quanto é do conhecimento da autora da presente tese.

Segundo o *National Cooperative Highway Research Program* (Cambridge Systematics *et al.*, 2006), as medidas de desempenho devem ser facilmente compreendidas, quer por audiência técnica, quer por uma audiência não técnica, devem ser implementadas com os recursos existentes na organização, e devem refletir características controláveis.

No âmbito do estudo relatado por Cambridge Systematics *et al.* (2006), as medidas de desempenho no sector dos transportes foram agrupadas nas principais categorias seguintes:

- Preservação de ativos - mede as condições do sistema de transporte e as ações para manter o sistema em bom estado de conservação;
- Mobilidade e acessibilidade - mede a facilidade de movimentação das pessoas e bens;

² <https://www.globalreporting.org/Pages/default.aspx>

- Operações e manutenção - mede a eficácia do sistema de transporte em termos de custos de transporte e taxas de transferências, em termos de receitas do ponto de vista do sistema, e o nível de manutenção segundo a experiência dos clientes; e
- Segurança - mede a qualidade do serviço de transporte em termos de acidentes e danos a pessoas ou veículos e infraestruturas.

Com base nesta classificação, um vasto conjunto de medidas de desempenho tem sido proposto (Anexo A). Estes indicadores, sendo definidos num contexto genérico dos sistemas de transporte, podem e devem naturalmente ser especificados para o caso dos sistemas DRT. Contudo, a natureza destes sistemas, que (como se reportou anteriormente) visam normalmente, atender a objetivos de natureza social e integrar preocupações de sustentabilidade, exigem uma abordagem que integre as várias dimensões associadas ao desempenho sustentável: social, financeiro e ambiental. Um sistema abrangente de avaliação de desempenho é fundamental para avaliar de que modo o esquema implementado vai ao encontro aos objetivos propostos.

Alguns analistas e investigadores enumeraram indicadores de desempenho como forma de medir a qualidade dos transportes em geral e também o DRT, em particular (ex., Cambridge Systematics *et al.*, 2006; Chandra e Quadrifoglio, 2013a,c; CONNECT, 2010; Paquette *et al.*, 2009; Quadrifoglio *et al.*, 2008b; Shioda *et al.*, 2008;).

Paquette *et al.* (2009) apresentam, um conjunto dos indicadores mais utilizados na literatura para serviços *paratransit*, que possibilitam aos gestores medir e melhorar a qualidade dos serviços, ao nível de: i) conveniência, ii) conforto, iii) segurança, iv) fiabilidade, v) extensão do serviço, vi) informação, e vii) tarifa.

Ferreira *et al.* (2007) identificaram que é necessário avaliar o desempenho de sistemas, a longo prazo e a curto prazo, em termos de alterações na mobilidade e acessibilidade, impactes em termos opcionais de transporte, e impactes na comunidade (económicos e sociais).

As medidas de desempenho são um elemento chave de gestão, permitindo monitorizar e avaliar continuamente o funcionamento de cada serviço, fornecendo dados evolutivos que possibilitam o projeto e implementação de melhorias contínuas, de acordo com os objetivos propostos do serviço.

2.3.5. Flexibilidade

A flexibilidade, sendo uma característica inerente a alguns sistemas de transporte, é um conceito que pode ter várias dimensões.

Os serviços FTS são genericamente definidos como serviços de TP que possuem pelo menos uma característica flexível (Figura 2.1) (Brake *et al.*, 2007; Davison *et al.*, 2014; Mulley *et al.*, 2012):

- i) as rotas e os horários podem variar desde fixos até totalmente flexíveis, passando por vários graus de flexibilidade;
- ii) a frota pode ter apenas uma tipologia de veículo, ou várias, e de diversas dimensões;
- iii) os operadores podem variar desde privados, semipúblicos a públicos;
- iv) o serviço pode transportar um pré-determinado tipo ou tipos de passageiros (ex., idosos e indivíduos com deficiências físicas), ou transportar qualquer pessoa;
- v) os pagamentos podem efetuar-se no veículo (no embarque), com antecedência ou até recorrendo a cartão “*smart*” (tipo bilhete eletrónico);
- vi) as telemáticas utilizadas pelo serviço podem ser desde as mais simples (telefone) até outras que incorporam tecnologias modernas (ex., em que o cliente pode tratar de todos os aspetos da viagem via eletrónica, tal como marcações, pagamentos, etc.);
- vii) o nível de integração entre o serviço DRT e TP regular pode ter diferentes níveis de flexibilidade, desde não existir qualquer integração (em que serviço DRT funciona isoladamente) até ter vários níveis de articulação.

A flexibilidade de cada dimensão tende a ajustar-se ao aumento do nível de resposta à procura, desde serviços de TP regulares – nos quais as várias dimensões são fixas e pré-estabelecidas – até serviços onde as várias dimensões só são definidas perto da hora de início do serviço, podendo mesmo ser ajustadas durante a operação (Brake *et al.*, 2007).

A flexibilidade no fornecimento do serviço pode aumentar com o aumento do conhecimento da procura (Davison *et al.*, 2014). Se a procura em determinados horários for elevada (ex., nos picos da manhã e da tarde, motivos de trabalho e escola) pode justificar-se um serviço fixo, o qual noutros horários onde a procura seja reduzida, poderá ser

complementado por um serviço flexível, circulando apenas com a existência de pedidos (Quadrifoglio e Li, 2009; Li e Quadrifoglio, 2010).

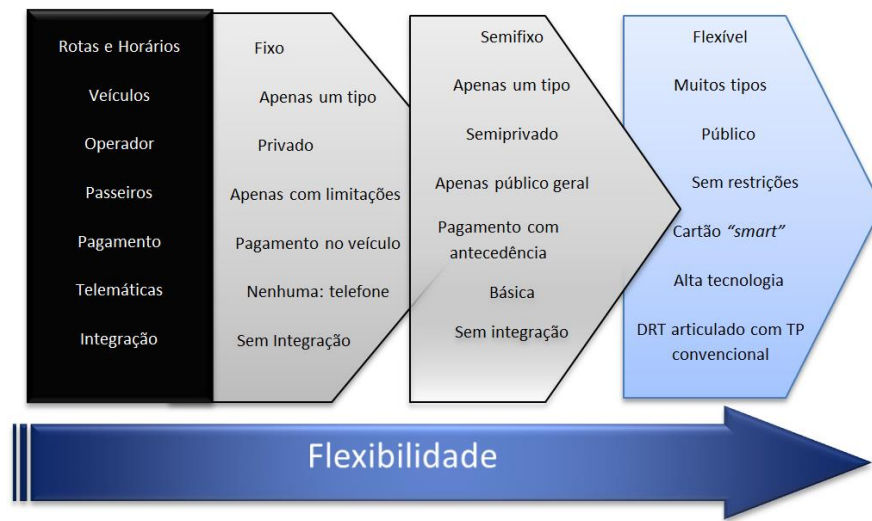


Figura 2.1. Diferentes níveis de resposta (flexibilidade) à procura. Adaptado de Brake *et al.* (2007).

As diferentes dimensões de flexibilidade (rotas, horários, janelas temporais, frequências e pré-reserva) dependem da procura. Assim, com procura elevada, o serviço pode ter o menor grau de flexibilidade, sendo um sistema com tipologia semelhante ao TP regular, com rotas, horários e paragens fixos, mas cuja operacionalização só se realiza nos casos de estrita existência de pedidos (Figura 2.2).

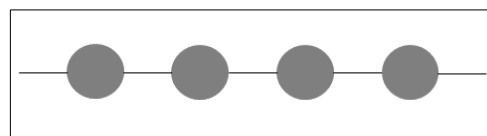


Figura 2.2. Serviço com horários, rotas e paragens pré-estabelecidas e fixas. Adaptado de SAMPLUS (2000).

Com uma procura mais reduzida e mais dispersa, as rotas e os horários podem ser previamente definidos, mas as rotas podem variar ligeiramente com pequenos desvios em torno de uma rota principal também ela pré-definida (Figura 2.3). Esta variante de DRT caracteriza, por exemplo, o serviço MAST estudado por Quadrifoglio *et al.* (2007, 2008a,b).

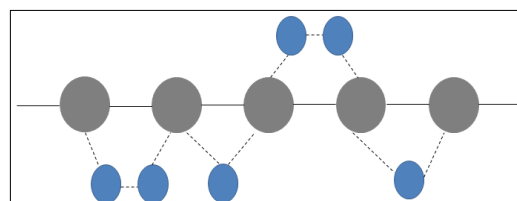


Figura 2.3. Serviço com um circuito principal e pequenos desvios. Adaptado de SAMPLUS (2000).

Aumentando a dispersão e reduzindo a procura de TP, a flexibilidade tem de ser maior, com paragens definidas com base nos pedidos registados, tentando agrupar as pessoas. Neste caso não existem rotas, horários nem paragens fixas (Figura 2.4).

Este tipo de serviço DRT é mais complexo do que os serviços que apresentam alguma paragem fixa, e exige um planeamento prévio das rotas e horários para satisfazer a procura com menores custos por passageiro e com taxas de ocupação o mais elevadas possível. Neste caso, o uso de modelos de otimização, com algoritmos de VRP é indispensável para garantir a eficiência das soluções operacionais (Cordeau e Laporte, 2003a).

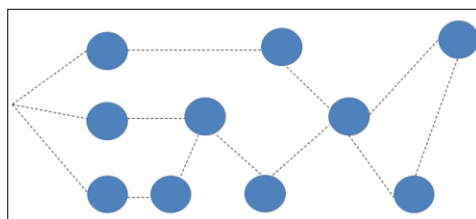


Figura 2.4. Serviço com paragens definidas pelos pedidos. Adaptado de SAMPLUS (2000).

A tipologia com o maior grau de flexibilidade em horários e percursos, num serviço do tipo porta-a-porta (Figura 2.5), será provavelmente mais adequada quando a procura é muito reduzida e dispersa. As paragens poderão localizar-se perto de casas ou de pequenos polos habitacionais e é particularmente importante para segmentos da população com dificuldades de locomoção (ex., serviço tipo *paratransit*).

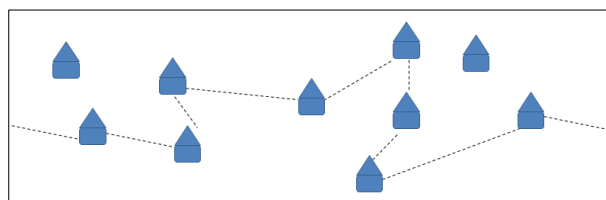


Figura 2.5. Serviço do tipo porta-a-porta. Adaptado de SAMPLUS (2000).

A definição exata de horários para um serviço específico de DRT é difícil, dado o conjunto de restrições horárias diferentes, a que os diversos clientes invocam nos seus pedidos de viagem. Desta forma, não é possível definir uma hora específica para o momento da recolha na origem nem para a chegada ao destino, utilizando-se, então o conceito de janela temporal: intervalo de tempos para recolher e deixar o cliente (Diana *et al.*, 2006; Lu e Dessouky, 2006).

Dado que a gestão das diversas dimensões de flexibilidade é reconhecidamente muito complexa, por lhe estar associada a incerteza e idiossincrasia da procura, será importante

poder contar, nesta gestão com a existência de ferramentas de apoio à decisão para conseguir otimizar as rotas, os horários e as janelas temporais (Quadrifoglio *et al.*, 2008a,b).

Os motivos de deslocação influenciam a flexibilidade do serviço DRT. Vários autores (ex., Chandra e Quadrifoglio, 2013b; Enoch *et al.*, 2004, Enoch, Ison *et al.*, 2006; Finn, 2012; Mulley e Nelson, 2009; Nelson e Phonphitakchai, 2012), e os que analisaram alguns projetos de implementação (ex., AGATA, ARTS, VIRGIL) reuniram os diferentes motivos em cinco grupos fundamentais: i) trabalho (pessoas empregadas ou a procura), ii) serviços (instituições bancárias e consultas médicas), iii) compras (mercearias e outros bens), iv) social (visitas a familiares e amigos), e v) lazer (desporto ou outras atividade).

A frequência com que o serviço circula tem implicações no tempo de espera do cliente (Quadrifoglio *et al.*, 2008a,b), assim como também é importante a localização e a identificação das paragens, que podem ser paragens do TP regular ou novas paragens mais próximas dos clientes (Quadrifoglio e Li, 2009). Este constitui, de facto, uma outra dimensão de flexibilidade e, conseqüentemente, um outro parâmetro importante a definir – no projeto DRT: a frequência de paragem dos veículos. Esta frequência define basicamente a distância (média) a pé que os clientes têm de percorrer para chegar à paragem mais próxima. Esta frequência e conseqüente distância pedonal é função da dimensão da procura, da sua localização e das dimensões dos veículos para efetuar o serviço (Fernández *et al.*, 2008). Li e Quadrifoglio (2010) concluíram que o peso atribuído à deslocação a pé era significativa nos casos onde a procura era reduzida.

Alguns autores defenderam que a pré-reserva do serviço permite saber de antemão o número de clientes a servir e, como tal, escolher convenientemente o veículo a utilizar em cada rota de acordo com a sua lotação (dimensão) e respetiva adequação à procura, reduzindo a distância percorrida e tendo assim um serviço de maior qualidade e eficiência (ex., Mageean e Nelson, 2003; Paquette *et al.*, 2009; Quadrifoglio *et al.*, 2007).

2.3.6. Imagem e divulgação

A questão da divulgação e comercialização do serviço de transporte a pedido tem sido referido frequentemente na literatura como sendo um fator fundamental para promover a

adesão da população (Daniels e Mulley, 2012; Davison *et al.*, 2012; Hull, 2008; Mulley *et al.*, 2012).

Algumas das ações de divulgação incluem a distribuição de folhetos informativos (pouco apelativo em áreas com residentes de faixas etárias elevadas, devido o risco de analfabetismo), anúncios nas rádios locais, e cartazes de divulgação em estabelecimentos comerciais. Sendo importante adaptar a estratégia de divulgação ao tipo de serviço e às características da população (Daniels e Mulley, 2012).

Mulley *et al.* (2012) referiram ainda que alguns operadores em Melbourne, na Austrália, recorreram ao *twitter* e ao *facebook* para dar a conhecer os serviços disponíveis ou comunicar com clientes mais jovens.

Atualmente, o *marketing* foca-se mais na criação de marcas que “fiquem na retina” e que a população alvo, no seu dia-a-dia, identifique através de um símbolo. Por exemplo, Mulley *et al.* (2012) referiram que o ATL, um serviço municipal em Livorno (Itália) utilizou, como marca, a imagem de um coala, ou o serviço FLEXIBUS em Almada (Portugal), onde foi criado um vídeo animado do serviço³ com um dos percursos possíveis.

Importa ainda ter em conta que a divulgação de um serviço DRT deve focar-se também em questões operacionais como dar a conhecer os contactos do serviço (telefone, endereço *web*,...), o seu horário de funcionamento, o modo e a antecedência da marcação de reservas (Brake *et al.*, 2004a,b; Davison *et al.*, 2012).

2.4. Gestão operacional de sistemas DRT

A configuração operacional deve ser estabelecida na sequência das decisões tomadas na fase de planeamento estratégico e tático, onde foram identificados os seus objetivos (por exemplo, minimizar os custos totais, melhorar a utilização de financiamento/subsídios, minimizar os atrasos ou o número de veículos, entre outras), definidas as regras de funcionamento e o nível de recursos necessários. O nível operacional de um projeto de transporte refere-se, então, às decisões decorrentes do dia-a-dia de funcionamento do serviço.

³ <http://www.m-almada.pt/flexibus>

Os clientes comunicam com a entidade coordenadora (por telefone, email ou SMS) sempre que desejem solicitar uma viagem, fornecendo um conjunto de dados, por exemplo: a origem e destino desejados, a pretensão de uma viagem única ou de ida e volta, o horário de saída e de chegada (em forma de janela temporal). Como suporte das atividades efetuadas na entidade coordenadora é essencial o uso de tecnologias de informação e comunicação (Brake e Nelson, 2007; Mageean e Nelson, 2003).

Compete à entidade coordenadora gerir os vários pedidos e definir o conjunto de rotas e escalas a serem realizadas pelos veículos disponíveis. Assim, o mesmo veículo deverá ser partilhado por pessoas com origens e/ou destinos próximos de modo a maximizar a sua utilização e minimizar os custos totais de operação (Mageean e Nelson, 2003).

Algumas das características das operações destes serviços incluem:

- A existência de um número suficiente de veículos e motoristas disponíveis para efetuar as rotas e os horários pretendidos em veículos com capacidade ajustada (Pagès *et al.*, 2006 em Li e Quadrifoglio, 2010; Quadrifoglio e Li, 2009);
- A definição de uma janela temporal associada à recolha dos passageiros na origem e à chegada dos mesmos aos destinos (Chevrier *et al.*, 2012; Cordeau e Laporte, 2003b; Coslovich *et al.*, 2006; Hadjar e Soumis, 2009; Palmer *et al.*, 2008; Paquette *et al.*, 2009; Quadrifoglio *et al.*, 2008b);
- A definição de períodos de tolerância de espera do veículo pelo passageiro na paragem – alguns analistas e investigadores defendem a política de tolerância zero (Caramia *et al.*, 2001; Liu *et al.*, 2006);
- A existência de comunicação com os veículos e/ou passageiros antes e no decorrer da viagem, caso seja necessário comunicar algum atraso do veículo (Giannopoulos, 2004).

O recurso a algoritmos de otimização associados à utilização de novas tecnologias e telemáticas têm permitido uma melhoria no desempenho operacional deste tipo de sistemas (Mageean e Nelson, 2003). Vários autores consideraram que o recurso a heurísticas de resolução para os problemas de maiores dimensões foi a melhor estratégia, dada a complexidade dos problemas a resolver (ex., Lu e Dessouky, 2006; Savelsbergh e Sol, 1995). Esta questão será analisada detalhadamente no Capítulo 3.

Tecnologias

Existe unanimidade entre os diversos autores sobre a dependência do uso de soluções inteligentes para processar o registo de viagens e responder às carências de mobilidade dos utilizadores para o sucesso do DRT (ex., Ambrosino *et al.*, 2004; Brake *et al.*, 2004a, 2007; Enoch *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2007; Gerty *et al.*, 2011; Koffman, 2004; Mageean e Nelson, 2003; Palmer *et al.*, 2008.), assim como para vantagens ao nível económico (Daniels e Mulley, 2012).

As autoridades governamentais de vários países também se preocupam em utilizar Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS - *Intellegent Transport System*). Assim, o Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia (2010) definiram as diretivas 2010/40/EU para o uso de soluções tecnologicamente avançadas (Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, 2010).

Os serviços DRT apoiados por modernas tecnologias de informação e comunicação (TIC) conseguem gerir mais eficaz e eficientemente os pedidos de viagem (havendo maior fluxo de informação) e os recursos disponíveis, melhorando a segurança, a fiabilidade e a mobilidade do serviço. Adicionalmente, uma maior flexibilidade (em tempo e espaço) pode ser obtida com recurso a tecnologias como Sistemas de Informação Georreferenciada (GIS - *Geographic Information System*) e Sistema de Mensagens Escritas (SMS - *Short Message System*) e *software* específico para DRT como é o caso do *MobiRouter*, entre outros (Ambrosino *et al.*, 2004; Brake *et al.*, 2004b; Brake e Nelson, 2007; Calvo *et al.*, 2004; Enoch, Ison *et al.*, 2006; Mageean e Nelson, 2003; Mulley *et al.*, 2012).

O uso de sistemas GIS, com a capacidade de integrar mapas digitais, visualizar a distribuição das paragens e das rotas, analisar em tempo real os percursos dos veículos, assim como examinar a cobertura de um serviço de transporte (Ng *et al.*, 2009), é considerado um elemento fundamental na operacionalização de um DRT (Ferreira *et al.*, 2007; Lao e Liu, 2009).

Ainda outros componentes baseados em telemáticas para FTS são: dispositivos de rastreio dos veículos como por exemplo os sistemas de localização automática dos veículos (AVL - *Automated Vehicle Location*); unidades a bordo (GPS - *Global Position System*, GPRS - *General Packet Radio System*) e a rede de comunicação (Brake *et al.*, 2004b, 2007;

Ferreira *et al.*, 2007; Daniels e Mulley, 2012). Nos últimos anos, tem sido desenvolvido e proposto tecnologias avançadas para este tipo de serviço (Mageean e Nelson, 2003).

Giannopoulos (2004) identificou um conjunto de aplicações ITS que aliadas a um planeamento de serviço adequado podiam promover a utilização e a eficiência operacional de sistemas DRT, melhorando o desempenho custo-eficiência do serviço: sistema telefónico para transferência de dados (GSM - *Global System for Mobile Communications*), tecnologias de comunicação e posicionamento móvel; SMS e GPRS. Existem ainda alguns dispositivos multimodais móveis para transferir informação aos utilizadores: telemóveis, terminais de acesso público (PAT - *Public access terminals*), e alguns dispositivos fixos: PATs em locais estratégicos e de transbordo, sistemas de navegação e informação em computadores de bordo e sistemas de informação rodoviária ao motorista por sinal de mensagem variável (VMS - *Variable Message Sign*).

Brake *et al.* (2004b) argumentaram que a principal componente baseada em telemáticas do serviço DRT é a utilização de ITS na central coordenadora que lhe permitirá processar os pedidos otimizando rotas (Nelson *et al.*, 2010). De forma semelhante, Mulley e Nelson (2009) e Mulley *et al.* (2012) exploraram como o uso de tecnologias, através da central coordenadora, em serviços flexíveis, possibilita a redução do risco de custos extra, causados pelo uso de diferentes veículos fornecidos por diferentes operadores.

Recentes desenvolvimentos em tecnologias ITS têm permitido melhorias na qualidade do DRT, possibilitando direcionar serviços para clientes específicos (Mulley e Nelson, 2009). No entanto, é difícil definir qual o melhor nível de automatização (Brake *et al.*, 2004b, 2007; Velaga, Beecroft *et al.*, 2012).

2.5. Evidências obtidas de casos reais de DRTs

As contribuições de estudos de caso reportados na literatura, sublinham as principais características, problemas e resultados alcançados pelos diferentes FTS em ambientes rurais e destacam fatores de sucesso associados à sua implementação e exploração.

Muita da bibliografia analisada refere que os sistemas DRT têm sido aplicados principalmente na Europa, Austrália e EUA em áreas com grande dispersão de padrões de mobilidade (maior parte, em áreas rurais), existindo também referências à implementação de

projetos em áreas urbanas (Enoch *et al.*, 2004; Nelson *et al.*, 2010; Nelson e Phonphitakchai, 2012).

A maioria dos casos de DRT reportados até à década de 90 eram serviços com um único tipo de veículos, tecnologias básicas, um único operador e com um nível muito reduzido de integração com outros meios de transporte. O recurso a tecnologias mais avançadas que foram surgindo em meados dos anos 90, facilitou a integração multimodal e permitiu o aumento da flexibilidade espaço-temporal dos serviços de transporte (Giannopoulos, 2004).

Existem alguns autores que têm efetuado revisões de estudos de caso de sistemas FTS. Na última década, J. Nelson, associado a outros investigadores, tem avaliado os diferentes serviços DRT (a maioria no Reino Unido, mas também na Austrália e EUA) de forma sistemática (ex., Ambrosino *et al.*, 2004; Brake *et al.*, 2004a,b, 2006, 2007; Brake e Nelson, 2007; Mageean e Nelson, 2003; Mageean *et al.*, 2004; Mulley e Nelson, 2009; Nelson *et al.*, 2010; Nelson e Phonphitakchai, 2012; Velaga, Rotstein *et al.*, 2012; Velaga, Nelson *et al.*, 2012; Wright *et al.*, 2009).

Dada a complexidade e o elevado nível de risco associados aos sistemas DRT, a maioria dos serviços iniciaram-se através de projetos-piloto, enquadrados em projetos internacionais com financiamento. Muitos deles, não evoluíram além dessa fase, devido essencialmente, à falta de sustentabilidade financeira.

Tal como referido anteriormente, um número significativo de implementações de DRT tem sido observado:

- Nos EUA o número de implementações, até ao ano de 2009, era de cerca de 1500 em áreas rurais e 400 em áreas urbanas (Ellis e McCollom, 2009). Há também registo de serviços de transporte flexível no Canadá, em substituição do TP regular, nos períodos entre as horas de ponta e do tipo porta-a-porta (Mulley e Nelson, 2009).
- Na Austrália existem três serviços FTS de livre acesso: i) Telebus em Melbourne - Vitoria; ii) Roam Zone em Adelaide no Sul da Austrália e iii) Flexibus em Canberra ACT. São serviços do tipo DRT, do tipo porta-a-porta, e serviços FTS de ligação a aeroporto (Mulley *et al.*, 2012).
- Na Europa, são conhecidas várias implementações de DRT, muitas delas ao abrigo de programas financiados pela União Europeia. O Reino Unido apresenta um conjunto elevado de serviços DRT, em várias áreas rurais e urbanas (Enoch *et al.*, 2004;

Enoch, Ison *et al.*, 2006; Enoch, Potter *et al.*, 2006). Em Itália, alguns projetos pioneiros foram implementados nos anos 80, surgindo depois aplicações para melhorar as operações do serviço, começando a ser implementadas em meados dos anos 90. Existem serviços em várias áreas, desde urbanas, periurbanas e rurais. Alguns são serviços para o público em geral, outros são direcionados para grupos específicos de utilizadores (Davison *et al.*, 2012; Nelson *et al.*, 2010).

A implementação de serviços DRT tem sido estudada e discutida em vários projetos *Regional Transportation District (RTD)* da União Europeia no *IV Framework Programme*, por exemplo, *Systems for advanced management of public transport Operations (SAMPO)*⁴, *Systems for advanced management of public transport plus (SAMPLUS)*⁵, *Verifying and Strengthening Rural Access to Transport Services (VIRGIL)*⁶ e *Services for Intelligent Public Transport Systems (SIPTS)* e no recente *V Framework Programme*, por exemplo, *Intelligent in-vehicle terminal for multimodal flexible collective transport services (INVETE)*⁷, *Flexible Agency for Collective Mobility Services (FAMS)*⁸, *Actions on the integration of Rural Transport Services (ARTS)*⁹ e também pelo *INTERREG Programme*, por exemplo, *Multi-services agency based on telecommunication centres for the integrated management of mobility and of accessibility to transport services (AGATA)*, *Flexible Transport Services and ICT platform for Eco-Mobility in urban and rural European areas (FLIPPER)*¹⁰ e *Cohésion sociale dans les zones Urbaines/Rurales basée sur services collectifs de mobilité InnovateurS et durableS (SUNRISE)*¹¹.

Na Tabela 2.2 é apresentada uma síntese de alguns projetos flexíveis, incluindo os seus objetivos principais, os países de implementação, e quais foram as fontes de informação.

⁴ http://www.cordis.lu/telematics/tap_transport/research/projects/sampo.html

⁵ ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/telematics/docs/tap_transport/samplus_d4.1.pdf

⁶ <http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200310/virgil.pdf>

⁷ http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=2827

⁸ <http://www.famsweb.com/>

⁹ <http://www.rural-transport.net/project.phtml?site=project>

¹⁰ <http://www.interreg4cflipper.eu/>

¹¹ <http://www.interreg3csunrise.com/>

Tabela 2.2. Síntese de projetos DRT e suas características.

Nome	Objetivos principais	Ano início	Ano fim	País de implementação	Financiamento	Fonte	Tecnologias	Observações
SAMPO	Melhorar custo-eficiência do serviço reduzindo custos. Melhorar condições sociais.	1996	1997	Finlândia, Bélgica, Irlanda, Itália, Suécia.	IV Framework Programme, União Europeia	Brake <i>et al.</i> (2004a, 2007), Enoch <i>et al.</i> (2004), Mageean e Nelson (2003).	Equipamentos de bordo, sistemas de resposta por voz, telemóveis.	Com central coordenadora.
SAMPLUS	Encorajar a troca de TI por TP melhorando a mobilidade com uso de telemáticas. Melhorar condições sociais	1998	2000	Bélgica, Finlândia, Itália, Suécia .	IV Framework Programme, União Europeia	Brake <i>et al.</i> (2004a, 2007), Enoch <i>et al.</i> (2004), Mageean e Nelson (2003).	Equipamentos de bordo, sistemas de resposta por voz, <i>web</i> , telemóveis.	Com central coordenadora. Telemáticas permitem obtenção de melhorias nos serviços DRT.
FAMS	Coordenar DRT multimodal, registo de questões técnicas e organizacionais	2002	2004	Reino Unido, Itália.	V Framework Programme da União Europeia	Ambrosino <i>et al.</i> (2004), Brake e Nelson (2007), Enoch <i>et al.</i> (2004), Mulley e Nelson (2009).	Telemóveis.	Permite uma visão global para o atendimento das necessidades dos clientes.
AGATA	Registrar problemas de mobilidade. Proporcionar apoios políticos para sustentabilidade financeira. Criar uma agência-piloto com multisserviços.	2004	2006	Itália, Espanha, Portugal, Marrocos.	Programa Interreg III B da União Europeia	Frosini <i>et al.</i> (2004).	Centro de telecomunicações para gerir configurações de mobilidade, telemóveis.	Pretendia aumentar a integração e acessibilidade
T2E¹² (Transport to Employment)	Transporte para acesso a emprego ou procura sem alternativa de TP em áreas rurais.	2005	2006	Terras altas da Escócia, Holanda, Suíça.	Consórcio de parceiros Escoceses	Mulley e Nelson (2009), Wright <i>et al.</i> (2009).	TDC, GSM, rede privada de rádio, telemóveis.	Rotatividade de clientes devido a trocas de empregos ou habitação pode ser um problema.

(Continua)

¹² www.t2e.org.uk.

Tabela 2.2 Continuação

Nome	Objetivos principais	Ano início	Ano fim	País de implementação	Financiamento	Fonte	Tecnologias	Observações
FLIPPER	Investigar fatores de sustentabilidade ambientais e sociais de DRT do tipo porta-a-porta, táxi partilhado.	2008	2011	Itália, Áustria, Grécia, Espanha, Portugal, Irlanda.	Programa Interreg IV C da União Europeia	Daniels e Mulley (2012), Mulley e Nelson (2009), Nelson <i>et al.</i> (2010), Wright (2013).	Tecnologias de informação e comunicação, TDC, GMS, GPRS, telemóveis.	Integrar e coordenar serviços de mobilidade flexível fornecidos por vários operadores de TP.
VIRGIL	Melhorar o acesso a bens e serviços das populações em áreas rurais, recorrendo ao uso de tecnologias de informação e comunicação.	1999	2000	Bélgica, Finlândia, Grécia, Irlanda, Itália, Holanda, Espanha, Suécia Reino Unido.	IV Framework Programme, União Europeia	Enoch <i>et al.</i> (2004).	Tecnologias de informação e comunicação. Bilhetes eletrónicos. GPS. Telemóveis.	Foram analisados 28 casos de estudo. Com TDC
ARTS	Testar e demonstrar a eficiência no fornecimento de serviços de transporte inovadores em ambientes rurais.	2001	2004	Áustria, Finlândia, Grécia, Hungria, Suécia, Espanha (região da Galiza), Reino Unido (País de Gales), Irlanda.	V Framework Programme da União Europeia	ARTS (2004), Enoch <i>et al.</i> (2004).	Telemóveis.	Terminou por falta de financiamento.
SUNRISE	Desenvolvimento sustentável de zonas rurais/urbanas de regiões Europeias.	2004	2005	Grécia, Itália, Irlanda, Eslováquia, Espanha e Reino Unido	Programa Interreg III C da União Europeia	Nelson e Phonphitakchai (2012).	-	-
INVETE	Validar um sistema inteligente de terminais com informações em paragens.	2000	2002	Finlândia, Itália, Bélgica	V Framework Programme da União Europeia	Enoch <i>et al.</i> (2004).	Terminais inteligentes de veículos (IVT); GMS, rede privada de rádio	Paragens a utilizar por qualquer serviço de TP.

(Continua)

Tabela 2.2 Continuação

Nome	Objetivos principais	Ano início	Ano fim	País de implementação	Financiamento	Fonte	Tecnologias	Observações
EMIRES¹³	Integrar DRT com serviços de rota fixa, baseado numa estrutura <i>web</i> .	2002	2004	Espanha, Reino Unido, Grécia, Finlândia, República Checa	União Europeia para crescimento Económico da Mobilidade	Mageean e Nelson (2003), Wright <i>et al.</i> (2009).	-	Semelhante ao T2E
DRTforDRT¹⁴	Determinar contribuição do DRT para o transporte ao nível social.	2010	2013	Reino Unido	Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)	Davison <i>et al.</i> (2012).	-	Que serviço é o mais adequado para cada área ao nível económico e ambiental.
REGIOTAXI	Aumentar a mobilidade dos residentes rurais.	2000	-	Holanda	Autoridades locais, Estado.	Jong <i>et al.</i> (2011), Mulley e Nelson (2009).	-	Serviço flexível em rotas e horários, do tipo táxi-partilhado
Phone and Go	Demonstrar e avaliar sistemas DRT com base em telemáticas.	2001	2005	Reino Unido	RBC	Brake e Nelson (2007), Mageean <i>et al.</i> (2004).	<i>Software</i> , equipamentos a bordo. Telemóveis.	Sem financiamento após 12 meses
Do-RiS	Explorar novos serviços de TP e combatendo o isolamento rural.	2000	2002	Reino Unido	RBC	Brake <i>et al.</i> (2004a).	MobiRouter. Telemóveis.	Para toda a população
Village Link¹⁵	Cobrir horários que o TP regular não efetuava.	2001	2002	Reino Unido	RBC	Brake <i>et al.</i> (2004a).	MobiRouter. Telemóveis.	Terminou com o fim do financiamento
CallConnect¹⁶/ InterConnect	Cobrir horários que o TP regular não efetuava.	2001	-	Reino Unido	RBC	Brake <i>et al.</i> (2004a).	MobiRouter. Telemóveis.	CallConnect alargou-se para InterConnect
Wiggly Bus	Ligação de áreas afastadas ao TP regular. Inclusão social.	1999	2004	Reino Unido	RBC	Brake <i>et al.</i> (2004a), Enoch, Ison <i>et al.</i> (2006).	MobiRouter. Telemóveis.	Fornecer acesso a emprego e serviços a pessoas de áreas rurais

¹³ Economic Growth and Sustainable Mobility supported by IST at a Regional level including and Medium sized Enterprises

¹⁴ Developing Relevant Tools for Demand Responsive Transport, Em: www.drtfordrt.org.uk

¹⁵ Gloucester County Council foi responsável pela gestão diária.

¹⁶ Lincolnshire foi responsável pela gestão diária.

2.6. Fatores críticos para o sucesso dos DRTs

A experiência resultante das várias décadas de existência de sistemas de transporte flexível permite identificar algumas questões ou temas que são, de acordo com a bibliografia existente, críticas para o sucesso dos mesmos. Se há um conjunto assinalável de esquemas cuja implementação veio permitir ultrapassar, de forma sustentável, os problemas de mobilidade das populações a que se dirigem, muitas experiências há em que, após um período mais ou menos breve de funcionamento, interromperam a operação. Importa pois discutir e analisar os fatores que, de acordo com as contribuições existentes na literatura, mais contribuem para o sucesso ou insucesso destes novos modelos de transporte, ao serviço de uma mobilidade mais sustentável.

Vários autores analisaram fatores que consideraram mais críticos no TP em geral (Lucas, 2006; Kenyon *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2006), outros discutiram o seu impacto nos serviços DRT: Brake e Nelson (2007), Enoch *et al.* (2004), Ferreira *et al.* (2007), Mageean e Nelson (2003), Nelson *et al.* (2010), Palmer *et al.* (2008), Quadrifoglio e Li (2009). As principais barreiras à implementação de sistemas DRT foram discutidas por ARTS (2004), Daniels e Mulley (2012), Enoch, Potter *et al.* (2006), Ferreira *et al.* (2007), Lucas (2006), May *et al.* (2006), e Mulley *et al.* (2012).

De entre os fatores críticos mais referidos na literatura, destacam-se as questões do enquadramento legal (inexistente ou limitado na maioria dos países, comprometendo a adoção de transportes flexíveis) e da sustentabilidade financeira destes sistemas, cuja viabilidade é por muitos considerada o maior desafio (Brake *et al.*, 2004a, 2007; Brake e Nelson, 2007; Enoch *et al.*, 2004, Enoch, Ison *et al.*, 2006; Enoch, Potter *et al.*, 2006; Mageean e Nelson, 2003; Mulley *et al.*, 2012; Wright *et al.*, 2009).

Enoch, Ison *et al.* (2006) destacaram o facto de muitos projetos-pilotos terem sido abandonados com o fim do financiamento, e referiram que o desequilíbrio entre as receitas e os custos só podia ser gerido quando o serviço fosse suportado por financiamentos governamentais (governo central, como o RBC em Inglaterra, fundos para transporte escolar, ou ainda autoridades locais). No entanto, algumas experiências nos EUA, em que este tipo de serviço foi enquadrado num quadro legal bem definido (ADA), permitiram uma operação sem subsídios, nos casos em que os recursos foram adaptados às limitações e à dimensão da procura (Brake *et al.*, 2007).

Alguns autores, como por exemplo, Brake *et al.* (2004a,b, 2007), Enoch *et al.* (2004), Enoch, Potter *et al.* (2006), Giannopoulos (2004), Mageean e Nelson (2003) e Palmer *et al.* (2008), consideraram que, para além do financiamento, o nível de tecnologias adotadas também foi decisivo no sucesso destes sistemas. Se por um lado, as tecnologias foram fundamentais para promover a ligação entre utilizadores e os operadores do serviço e para a operacionalização do mesmo (no escalonamento dos recursos), por outro lado, exigiram investimentos iniciais muito elevados, especialmente nos casos em que utilizaram as mais sofisticadas tecnologias.

Contudo, e tal como tem sido destacado por alguns investigadores e discutido anteriormente neste capítulo (Secção 2.3.3), o sucesso de um serviço DRT deve ser medido sob vários pontos de vista, não apenas recorrendo a indicadores financeiros, mas também a aspetos sociais e ambientais (Enoch *et al.*, 2004; Enoch, Potter *et al.*, 2006).

Há ainda na literatura várias questões que podem ser determinantes na taxa de adesão ao sistema de transportes e, portanto, no sucesso dos DRT como por exemplo, a compreensão e confiança, por parte dos utilizadores, no funcionamento do serviço DRT (Brake *et al.*, 2004a,b; Brake e Nelson, 2007), a cobertura do serviço (geográfica e temporal) e a sua flexibilidade.

Enoch, Potter *et al.* (2006) efetuaram uma revisão sobre as causas de falha de serviços DRT no Reino Unido, Austrália, Holanda e Irlanda, classificaram-nas essencialmente como: i) causas internas, envolvendo os funcionários, equipamentos, financeiro e responsabilidade operacionais; ii) falhas devido ao ambiente micro que envolve cada cliente, a concorrência e outros *stakeholders*; e iii) falhas resultantes do ambiente macro envolvendo questões económicas, tecnológicas, sociais, culturais, políticas e legais.

Recentemente, alguns autores identificaram, de forma sistemática, dificuldades que podem traduzir-se em barreiras à implementação de sistema flexíveis (Daniels e Mulley, 2012; Mulley *et al.*, 2012). Com base nesses autores, classificaram-se as barreiras à implementação em seis grupos, identificando alguns autores que também as identificaram:

- i) **Barreiras institucionais** - que se referem à falta de: 1) definição de políticas e objetivos alcançáveis; 2) suporte e consenso político para serviços de transporte flexível e, 3) legislação e regulamentos (ARTS, 2004; Brake *et al.*, 2004a, 2007; Brake e Nelson, 2007; Dalkmann *et al.*, 2008; Davison *et al.*, 2012; DfT, 2002, 2005;

Enoch *et al.*, 2004; Enoch, Potter *et al.*, 2006; Hull, 2008; Laws *et al.*, 2009; Mageean e Nelson, 2003; May *et al.*, 2006; Politis *et al.*, 2012).

- ii) **Barreiras financeiras** - que se referem às dificuldades de: 1) obter de financiamento, 2) definir de uma estratégia de custo realista, 3) avaliar a viabilidade e a sustentabilidade, e 4) definir valores da tarifa por haver incerteza nas receitas (Brake e Nelson, 2007; Davison *et al.*, 2012; DfT, 2005; Enoch *et al.*, 2004; Enoch, Ison *et al.*, 2006; Enoch, Potter *et al.*, 2006; Jong *et al.*, 2011; Mageean e Nelson, 2003; May *et al.*, 2006; Mulley e Nelson, 2009; Politis *et al.*, 2012; SESR, 2006). As barreiras financeiras já foram discutidas mais pormenorizadamente na Secção 2.3.3.
- iii) **Barreiras operacionais** - que se referem às dificuldades de: 1) existir uma central coordenadora (TDC) para a gestão dos pedidos, 2) cobrir as falhas do TP regular, 3) ter pessoal especializado no fornecimento de serviço de transporte e, 4) criar motivação nos motoristas associada a uma maior complexidade dos percursos a realizar (ARTS, 2004; Enoch, Ison *et al.*, 2006; Enoch, Potter *et al.*, 2006; Jong *et al.*, 2011; Politis *et al.*, 2012; Silva, 2012; Wright *et al.*, 2009).
- iv) **Barreiras com parcerias** - que se referem às dificuldades de: 1) coordenar, articular e integrar os diferentes *stakeholders*, 2) existir elevada resistência por parte dos operadores em partilhar veículos e motoristas, 3) partilhar informações do serviço, e 4) ultrapassar o sentimento de concorrência por parte dos operadores (ARTS, 2004; Brake e Nelson, 2007; Enoch *et al.*, 2004; Enoch, Potter *et al.*, 2006; Hull, 2008; Jong *et al.*, 2011; Mageean e Nelson, 2003; Mulley *et al.*, 2012; Politis *et al.*, 2012; Wright *et al.*, 2009).
- v) **Barreiras tecnológicas** - que se referem às dificuldades de: 1) ter níveis de tecnologia adequados aos conhecimentos tecnológicos dos clientes, 2) utilizar telemóveis principalmente por parte dos mais idosos, 3) ter cobertura de rede em áreas mais remotas, 4) efetuar reserva através do *software* por ser demasiado sofisticado para os idosos, 5) existir risco de investimento em tecnologia de ponta que rapidamente fica obsoleta (ARTS, 2004; Brake *et al.*, 2004a,b, 2007; Davison *et al.*, 2012; Enoch *et al.*, 2004; Enoch, Ison *et al.*, 2006a; Enoch, Potter *et al.*, 2006; Giannopoulos, 2004; May *et al.*, 2006).
- vi) **Barreiras culturais** - que se referem às dificuldades de: 1) ter uma política de *marketing* definida, 2) dar a conhecer um serviço flexível sem rotas nem paragens fixas, 3) gerir o nível apropriado de flexibilidade, 4) ser obrigatório o registo prévio

no serviço, 5) expansão geográfica do mercado, 6) divulgar informações do serviço, 7) compromisso por parte dos clientes, e 8) satisfação de expectativas (ARTS, 2004; Brake *et al.*, 2004a, 2007; Davison *et al.*, 2012; Enoch, Ison *et al.*, 2006; Enoch, Potter *et al.*, 2006; Hull, 2008; Laws *et al.*, 2009; Mageean e Nelson, 2003; Nelson *et al.*, 2010).

Politis *et al.* (2012) defenderam que, para ultrapassar as várias barreiras à implementação de um FTS, é necessária uma equipa para planear, implementar e monitorizar o serviço, e que essa equipa tem de ser multidisciplinar para satisfazer os requisitos dos clientes.

Brake *et al.* (2004a,2007), Enoch *et al.* (2004) e Laws *et al.* (2009) efetuaram revisões sobre as melhores práticas e recomendações para a implementação de um serviço DRT, quer de estudos de caso analisados pelos próprios, quer de estudos analisados por outros investigadores. Mais recentemente Daniels e Mulley (2012) efetuaram uma revisão de recomendações para o DRT ultrapassar as barreiras que surgiram na sua implementação e que possivelmente levarão ao sucesso em implementações futuras. Baseando-se nessas sugestões agruparam-se as recomendações nas seguintes categorias:

- i) **Institucionais:** referem-se à necessidade de: 1) efetuar alterações ao nível da legislação vigente para integrar serviços com rotas e horários flexíveis (Stead e Banister, 2013), 2) integrar os serviços a vários níveis (departamentos e serviços), 3) relaxar nas restrições da tipologia dos veículos que podem efetuar o serviço e respetivos regulamentos de segurança, e 4) assegurar entidades (públicas ou privadas) para o financiamento a longo prazo (Wright, 2013).
- ii) **Financeiras:** referem-se à necessidade de: 1) obter subsídio (governamental ou privado) a longo prazo devido ao serviço DRT ser mais caro que o TP regular, 2) reconhecer e fornecer oportunidades de exploração de economias de escala em FTS com custos reduzidos, 3) aumentar os incentivos aos operadores para realizarem serviços flexíveis, e 4) ter tarifas baixas para o serviço DRT ser atrativo para pessoas com orçamentos familiares reduzidos (Battellino, 2009), mas que reflitam o nível de serviço fornecido.
- iii) **Operacionais:** incluem necessidades como: 1) ter regras para marcação da viagem não muito rígidas, existência de uma subscrição para marcações de viagens recorrentes e existência de políticas de cancelamento e regras de funcionamento de

serviço claras e fiáveis, 2) monitorizar constantemente o serviço e dar importância ao *feedback* por parte dos clientes, assim como a necessidade de boas formas de comunicação entre todos os *stakeholders* e clientes, 3) ter funcionários especializados para a execução do serviço (com experiência na área), 4) encorajar a flexibilidade dos motoristas para cada veículo e rota, e 5) ter uma tipologia da frota heterogénea, para adequar os veículos à taxa de procura, promovendo altas taxas de ocupação (Quadrifoglio *et al.*, 2008b).

- iv) **Com Parcerias:** refere-se à necessidade de: 1) existir vários *stakeholders* num serviço DRT com clara definição de responsabilidades e de um esforço de coordenação de objetivos e interesses, 2) desenvolver relações entre *stakeholders*, 3) partilhar experiências bem-sucedidas e melhores práticas (Brake e Nelson, 2007), e 4) compilar os dados e as oportunidades que o serviço flexível proporciona (resumir as melhores práticas de casos de estudos anteriores, transferindo as boas práticas).
- v) **Tecnológicas:** referem-se à necessidade de: 1) adequar os níveis de tecnologia a adotar aos conhecimentos da população a que se destina (para efeitos quer de registo quer de pedidos de reserva ou de informação), 2) adequar as tecnologias de comunicação entre intervenientes, de acordo com a complexidade e dimensão da operação a gerir (Mageean e Nelson, 2003; Mulley e Nelson, 2009; Nelson *et al.*, 2010; SAMPLUS, 2000), 3) investir em tecnologias adequadas à dimensão do serviço (oferta e procura) (Enoch, Potter *et al.*, 2006).
- vi) **Culturais:** referem-se à necessidade de: 1) dar a conhecer aos clientes as potencialidades do serviço (técnicas de *marketing* e divulgação), 2) ter estratégias de motivação dos clientes para serviços flexíveis, mudando mentalidades (Mageean e Nelson, 2003).

Alguns investigadores argumentaram ainda que quanto maior o uso de serviços DRT, mais alterações no contexto político seriam necessárias para que exista o reconhecimento do seu papel na sociedade, refletido numa legislação e financiamento apropriado. Além disso, será também necessário aumentar a divulgação de informação e a formação, quer para os operadores quer para os clientes, de forma a mostrar como o serviço de transporte flexível pode satisfazer melhor as necessidades de mobilidade das pessoas e com maior eficiência, comparativamente com o TP regular (Daniels e Mulley, 2012).

2.7. Síntese

Tal como discutido ao longo deste capítulo, o transporte flexível, e em particular, o transporte a pedido é atualmente visto como uma interessante alternativa ao transporte público tradicional, em particular em áreas de baixa densidade populacional. Algumas das suas vantagens estão relacionadas com a sua maior flexibilidade para promover uma maior cobertura, quer geográfica quer temporal, proporcionando às populações residentes em áreas mais remotas um maior nível de mobilidade e acessibilidade, mitigando a sua exclusão social de carácter funcional (i.e., por falta generalizada de meios públicos de transporte).

Contudo, e tal como foi descrito anteriormente, apesar de já terem passado algumas décadas desde o aparecimento deste tipo de sistema de transporte, um conjunto alargado de questões e obstáculos foram identificados, tornando a sua implementação e operacionalização um grande desafio para os decisores.

As dificuldades encontradas são muitas e variadas, indo desde as que se relacionam com o seu próprio enquadramento legal, até às que dizem respeito à sua operacionalização. De destacar, as dificuldades associadas à sua viabilidade financeira que têm estado na base do insucesso de alguns dos casos reais de implementação de sistemas DRT. Os problemas relacionados com a coordenação das eventuais entidades envolvidas, a necessidade de níveis mais ou menos elevados de tecnologias de suporte à sua implementação e a definição das características de operação (por exemplo, o nível de flexibilidade a adotar, os recursos necessários, nível de integração com TP, etc.) estão identificados como fundamentais no sucesso destes sistemas. De facto, o planeamento apropriado de um DRT é fundamental para garantir um nível de adesão que garanta a sua viabilidade financeira.

A revisão da literatura permitiu também identificar a necessidade de desenvolver abordagens abrangentes para a avaliação dos sistemas de transporte flexível, muito para além de uma simples análise financeira, incluindo impactes sociais (aceitação dos clientes, inclusão social, melhoria na mobilidade e acessibilidade, atrasos, problemas de saúde, tempo de viagem, impactes dos acidentes no congestionamento, etc.), e impactes ambientais (barulho, poluição, estragos de estradas, consumo de combustíveis fósseis, etc.).

A Tabela 2.3 resume as principais dimensões que um projeto desta natureza abarca.

Tabela 2.3. Variantes do projeto de um DRT.

Projeto do serviço	Variantes
Frota	Autocarro, DRT ou táxi partilhado. Diversas dimensões dos veículos e de frota.
Operador	Autocarro/táxi/comunidade local /operadores públicos.
Desempenho financeiro	De DRT viavelmente comercial até DRT insustentavelmente financeiro.
Mercado alvo	Desde qualquer grupo publico até grupos especiais da população.
Central coordenadora	Sem TDC: viagens marcadas por telefone ou com o motorista (sem <i>software</i>). Com TDC: diferentes níveis de automação.
Opções de reserva	Por telefone ou <i>internet</i> . Requisitos de pré-reserva: Podem variar desde dias de antecedência até alguns minutos antes.
Rotas	Desde fixas até totalmente flexíveis, dependendo da procura e capacidade do serviço.
Frequência de serviços	Desde fixas até totalmente flexíveis, dependendo da procura do serviço.
Horário do operador	Irregular: em ambientes de baixa procura, horários podem ser definidos <i>had hoc</i> dependendo das necessidades da área. Regular: em dias úteis ou em alguns períodos do dia. Ou apenas aos fins-de-semana.
Estrutura de tarifa	Como função: da distância viajada/ esquemas de concessionário etc.
Transbordo	DRT por conta própria ou integrado com outros tipo de serviço de transporte.

Adicionalmente, da revisão de literatura efetuada, foi também possível identificar todo o conjunto de decisões complexas que estão associadas a um projeto desta natureza, pelo que a existência de ferramentas de apoio à decisão assumem uma importância fundamental.

Dada a complexidade deste tema, o desafio desta tese será o de explorar de que modo a modelação de sistemas DRT poderá incorporar algumas destas questões para proporcionar aos gestores um efetivo apoio ao projeto de novos sistemas de transporte flexível.

Assim, no próximo capítulo será feita uma revisão que permita caracterizar o estado da arte no que se refere à modelação de sistemas DRT, identificando as suas limitações e potencialidades.

3.

MODELAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE

FLEXÍVEL

Como se referiu anteriormente, os sistemas DRT envolvem grande complexidade, quer nos diferentes níveis de planeamento estratégico e tático, quer ao nível da coordenação operacional.

Assim, o uso de modernas soluções tecnológicas associadas a um exigente e cuidadoso planeamento são vistos como essenciais para o bom desempenho e sustentabilidade destes serviços. Todas estas soluções tecnológicas, bem como um cuidadoso planeamento devem integrar e basear-se em modelos e métodos de solução adaptados para os diversos problemas em causa.

Neste capítulo reportam-se os principais problemas de planeamento e operacionalização dos sistemas de transporte flexíveis, e analisam-se os vários modelos existentes para a sua resolução, com base numa revisão da literatura.

3.1. Introdução

O recurso a ferramentas de apoio à decisão permite ultrapassar muitos dos problemas no planeamento de um serviço DRT, dando resposta às questões que surgem aos diferentes níveis de decisão: estratégico, tático e operacional. Tanto quanto é do conhecimento da autora, não existe uma ferramenta que, de modo integrado e transversal, dê resposta a todos esses problemas, nem apenas aos problemas associados ao projeto e planeamento dos serviços DRT, antes da respetiva implementação. De uma forma geral, as abordagens existentes tratam

isoladamente um ou alguns desses problemas, resolvendo-os com modelos analíticos ou modelos de simulação. Contudo, todas as abordagens existentes têm um âmbito bastante limitado quanto à integração de diferentes níveis de decisão.

No âmbito das questões estratégicas, alguns dos problemas tratados na literatura incluem a delimitação da área de implementação de um sistema DRT, a dimensão da frota e capacidade dos veículos, assim como a flexibilidade do serviço e, a possibilidade de articulação com outros serviços já existentes. Ao nível tático, é possível encontrar abordagens que estudam as regras e os parâmetros de funcionamento, bem como as janelas temporais mais ajustadas. Ao nível operacional, a maioria das abordagens centra-se na definição das rotas e horários, encaminhamento dos veículos e respetiva capacidade para atender os pedidos (Figura 3.1), problemas estes que são genericamente designados na literatura por *vehicle routing problem* (VRP).

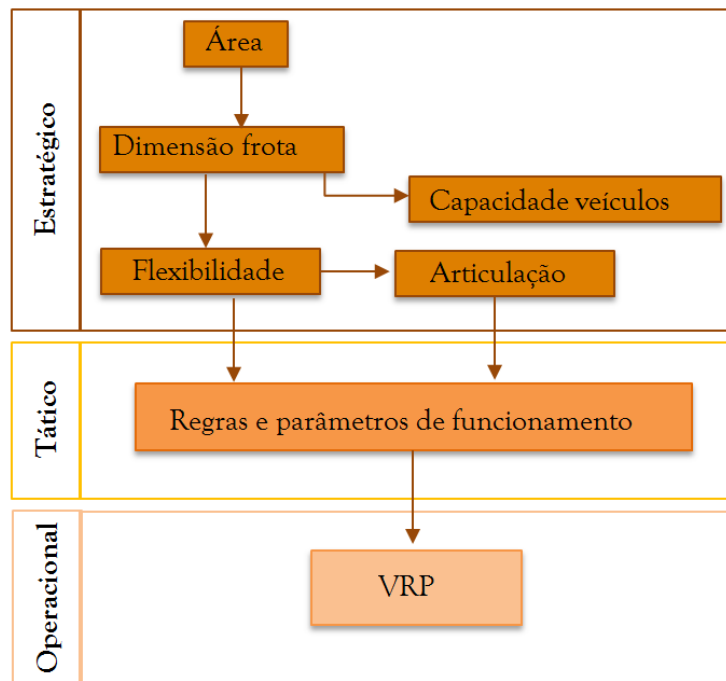


Figura 3.1. Problemas do DRT ao nível do planeamento estratégico, tático e operacional.

3.2. Ferramentas de apoio à decisão

Tendo as decisões associadas aos sistemas de transportes consequências a médio e longo prazo e investimentos normalmente elevados, é essencial analisar diferentes cenários e alternativas para garantir a adequabilidade da solução a adotar.

No âmbito do planeamento de sistemas de transportes, muito por via da sua complexidade, são atualmente usadas ferramentas de modelação que combinam geralmente tecnologias e modelos adequados para reproduzir o comportamento (e decisões) dos indivíduos, bem como determinar a melhor forma de os atender. Permitem assim, reproduzir o funcionamento das redes de transporte, em geral, testar estratégias alternativas e avaliar os seus impactes, por exemplo, EMME, AIMSUN, DYNASMART, VISUM, DRACULA, etc. (Telhada *et al.*, 2013). No contexto dos sistemas de transporte a pedido, em particular, existem também soluções comerciais de sistemas de apoio à decisão (SAD) que auxiliam no desenvolvimento das reservas, na definição das rotas e dos horários, como o *Trapeze*, o *Mobisoft* e o *Cleric*, (Davison *et al.*, 2012).

Fu (2002a) apresentou uma visão geral do sistema operacional avançado de *paratransit* que designou por *Advanced Paratransit Operation System* (APOS). Este sistema representa a ligação entre a entidade coordenadora (TDC), os clientes e os veículos (Figura 3.2).

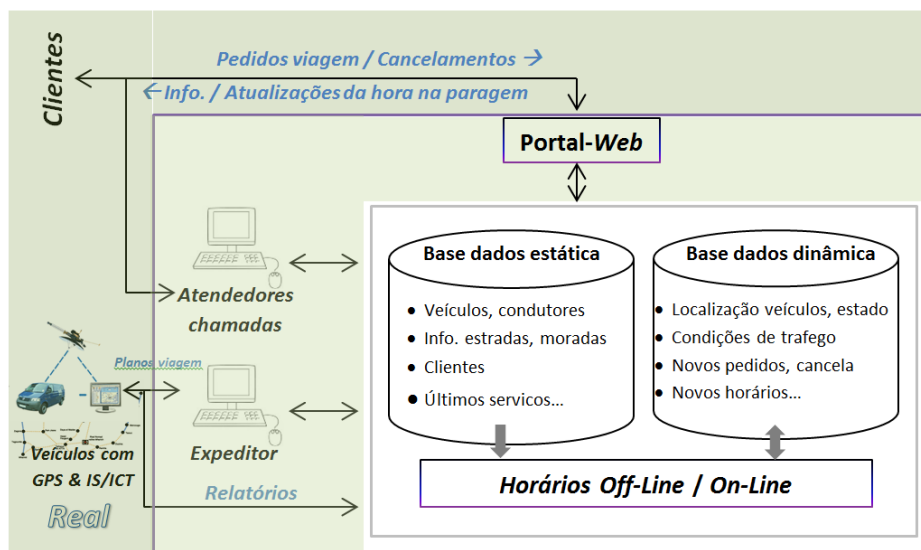


Figura 3.2. Componentes do APOS. Adaptado de Fu (2002a).

Alguns autores alegaram que existe uma falta de orientação apropriada em termos de sistema de apoio à decisão para o projeto de serviços DRT (ex., Brake *et al.*, 2004a,b, 2007).

Os mesmos autores salientaram a falta de ferramentas de apoio à decisão para o projeto do sistema, em termos de identificação da viabilidade económica, das tecnologias envolvidas nas operações, das questões de projeto e gestão de múltiplos serviços, e até mesmo para o *marketing* e divulgação.

3.3. Modelação dos problemas

Tal como é ilustrado na Figura 3.1, são várias as questões a serem levantadas no planeamento de um serviço DRT. São também vários os investigadores que as têm analisado e proposto modelos de solução, alguns recorrendo a modelos analíticos, outros recorrendo a modelos de simulação ou modelos mistos.

Recentemente, Errico *et al.* (2013) efetuaram uma revisão abrangente da literatura para serviços de transporte semi-flexíveis. A revisão incluiu a identificação dos métodos de solução implementados para planeamento a médio prazo, em particular na temática da flexibilidade dos serviços.

As questões identificadas e reportadas por Errico *et al.* (2013) foram as seguintes:

- i) Área: *Qual a dimensão da área de atuação do serviço?* Esta questão foi modelada por Zhao e Dessouky (2008), Parragh *et al.* (2014), Chandra e Quadrifoglio (2013b,c), Quadrifoglio *et al.* (2008b), Wang *et al.* (2014), Politis *et al.* (2012).
- ii) Dimensão da frota: *Qual o número de veículos que a frota deve ter?* Esta questão foi modelada por Shioda *et al.* (2008), Garaix *et al.* (2011), Chevrier *et al.* (2012), Wong *et al.* (2014), Fu (2002b).
- iii) Capacidade dos veículos: *Frota homogénea ou heterogénea? Qual a dimensão da frota mais indicada para satisfazer a procura diária? Qual a lotação dos veículos?* Estas questões foram modeladas por Davison *et al.* (2014), Zhao e Dessouky (2008), Parragh *et al.* (2014), Quadrifoglio *et al.* (2006), Feuerstein e Stougie (2001), Muelas *et al.* (2013), Diana *et al.* (2009), Garaix *et al.* (2011), Chevrier *et al.* (2012).
- iv) Flexibilidade: *Que tipologia de serviço deve ser oferecida? Fixo, semifixo, ou totalmente flexível? A flexibilidade deve ser sempre igual independentemente do dia da semana, ou deve ser antes variável?* Quadrifoglio *et al.* (2008a,b) efetuaram uma pequena revisão sobre modelos de otimização para serviços semifixos híbridos. Em geral, estas questões foram modeladas por Chandra e Quadrifoglio (2013a,b,c), Fu (2002a), Garaix *et al.* (2010). *As rotas são sempre as mesmas ou variam de acordo com diferentes paragens?* Esta questão foi modelada por Ai e Kachitvichyanukul (2009) e Quadrifoglio *et al.* (2008a) em termos de desvios de rotas.
- v) Deslocações a pé: *Qual a distância máxima ou média admissível da residência até à paragem de origem e da paragem de destino ao local pretendido?* Esta questão foi

modelada por Li e Quadrifoglio (2009), Quadrifoglio e Li (2010), Chandra e Quadrifoglio (2013a,b).

- vi) Articulação: *Qual o nível de articulação entre os serviços flexíveis e os diferentes sistemas de transporte regional? Que regras seguir? Quantas paragens devem ser de transbordo?* Estas questões foram modeladas por Quadrifoglio *et al.* (2008a), Davison *et al.* (2014), Cortés *et al.* (2010), Li e Quadrifoglio (2010), Quadrifoglio e Li (2009), Diana *et al.* (2009).
- vii) Janela temporal: *Qual a dimensão da janela temporal de espera na paragem pelos clientes?* Esta questão foi modelada por Xiang *et al.* (2006; 2008), Häme (2011), Quadrifoglio *et al.* (2008b), Garaix *et al.* (2010), Fu (2002a), Chevrier *et al.* (2012).
- viii) VRP: *Quais as melhores rotas e horários para satisfazer eficazmente o maior número de clientes possível?* Esta questão tem vindo a ser modelada por inúmeros autores, tais como Chandra e Quadrifoglio (2013c), Fu (2002b), Garaix *et al.* (2010; 2011), Wong *et al.* (2014), Quadrifoglio *et al.* (2006; 2007; 2008a), Xiang *et al.* (2006; 2008), Parragh *et al.* (2010; 2014), Cortés *et al.* (2010), Zhao e Dessouky (2008), Häme (2011), Feuerstein e Stougie (2001), Chevrier *et al.* (2012).

A flexibilidade dos DRTs é uma questão muito referida na literatura. Esta pode depender das condições de mobilidade dos passageiros a transportar, como é o caso das pessoas portadoras de deficiências que necessitam de serviços porta-a-porta. Na literatura, estes serviços de transporte são normalmente designados por sistemas *paratransit* (ex., Paquette *et al.*, 2009; Nelson *et al.*, 2010), e podem ser considerados como uma alternativa aos serviços de transporte urbano regular com horários pré-estabelecidos de embarque e desembarque nas paragens tradicionais, muitas vezes de difícil acesso a indivíduos com dificuldades de locomoção (Parragh *et al.*, 2014). Ou ainda, a flexibilidade do DRT pode estar relacionada com a amplitude da janela temporal de espera dos clientes na paragem (Chevrier *et al.*, 2012; Wong *et al.*, 2014).

A questão das janelas temporais também tem sido objeto de muitos estudos no âmbito do DRT, o que se percebe, por esta ser uma questão crítica para um bom desempenho (e sucesso) de um sistema deste tipo. A modelação desta problemática tem em conta o cumprimento do horário de entrada e saída dos passageiros, designado por problema de recolha e entrega com janelas temporais (PDPTW- *Pickup and Delivery Problem with Time Windows*). Esta variante do VRP pode ser aplicada a mercadorias mas também a passageiros,

embora seja mais associado a mercadorias, e tem sido modelada por, entre outros, Horn (2002a), Xiang *et al.* (2006; 2008), Parragh *et al.* (2008a,b), Garaix *et al.* (2011), Velaga, Rotstein *et al.* (2012), Muelas *et al.* (2013), Ghannadpour *et al.* (2014).

O caso particular do transporte de passageiros (PDPTW apenas para pessoas), a variante mais comum do VRP designa-se normalmente por *dial-a-ride problem* (DARP), exibindo as seguintes características: um par origem e respetivo destino para cada passageiro transportado, a capacidade dos veículos, as janelas temporais não podem ser violadas e o custo total ou a distância percorrida tem de ser minimizados (Parragh *et al.*, 2008b). Vários autores têm analisado questões teóricas, práticas e métodos de solução para o DARP (ex., Diana e Dessouky, 2004; Xiang *et al.*, 2006, 2008; Cordeau e Laporte, 2007; Parragh *et al.*, 2010).

De modo mais abrangente, Parragh *et al.* (2008a,b) distinguem duas variantes do VRP:

- i) Transporte de bens ou pessoas de várias origens para um único destino (*muitos-para-um*) ou de uma única origem para vários destinos (*um-para-muitos*) (Figura 3.3). Exemplos deste tipo de deslocação são a deslocação para o local de trabalho, escola, e feira (ida e regresso).

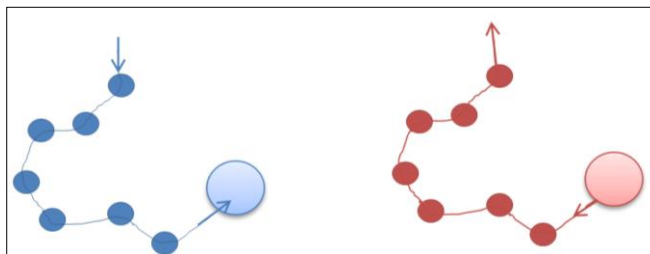


Figura 3.3. Distribuição *muitos-para-um* e *um-para-muitos*

- ii) Transporte de bens ou pessoas entre origens e destinos de *muitos-para-muitos* (Figura 3.4) (Fabri e Recht, 2006). O DARP é um caso especial do PDPTW (Garaix *et al.*, 2010).

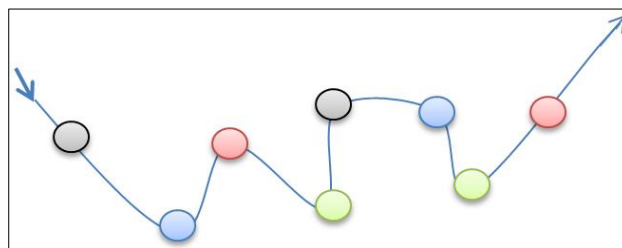


Figura 3.4. Problema *Dial-a-Ride* (DARP).

Da literatura conhecida, os autores, tratam praticamente o DARP no âmbito do DRT, e não referem a coexistência de todas as variantes. Constatou-se que alguns autores analisaram questões ao nível do planeamento, com questões mais estratégicas e táticas, enquanto outros se dedicaram a problemas do âmbito operacional. Na sua maioria, estas questões traduzem-se em problemas multiobjectivo, onde se pretende definir a melhor frota ou a rota para minimizar os custos operacionais totais.

A modelação analítica tem sido muito utilizada nas problemáticas de nível estratégico e tático, tais como a determinação da capacidade dos veículos a usar e a amplitude das janelas temporais a cumprir nas paragens. Nas questões operacionais, destaca-se a modelação das questões das rotas e horários incluídos no VRP (concretamente DARP, para o transporte de pessoas), tendo como objetivos principais a minimização dos custos totais e o aumento no nível de serviço, resultando tipicamente, como indicadores de desempenho, o tempo da viagem, os quilómetros percorridos pelos veículos e o tempo de espera dos veículos e dos passageiros (nas paragens).

A Tabela 3.1 apresenta uma sistematização dos principais problemas e modelos que têm motivado algumas publicações na literatura científica ao longo da última década e meia.

Aos níveis estratégico e tático, apesar da maioria dos estudos sugerirem modelos analíticos, muitos recorrem a abordagens de simulação, sobretudo para tratar de problemas de delimitação da área de atuação do sistema flexível de transportes, para definir ou estimar a dimensão da frota e a capacidade dos seus veículos, para especificar a flexibilidade dos serviços mais ajustada à área de intervenção, e para estudar a articulação de serviços DRT com outros serviços (ex., serviços interurbanos regulares).

Os objetivos principais, para além da minimização dos custos totais operacionais, passam também pelo aumento do nível de serviço prestado aos utilizadores. Os indicadores de desempenho mais referidos nestes problemas são o número de passageiros transportados e a consequente taxa de ocupação, o número de viagens a realizar (em determinado período de tempo), o número de atrasos dos veículos nas paragens de origem dos pedidos (e respetiva demora) e nas paragens de destino (e respetivo atraso), assim como o número de quilómetros em vazio e o tempo de viagem.

Tabela 3.1. Problemas e métodos de solução nos níveis de decisão, estratégico, tático e operacional.

Autores	N.D. ¹⁷	Tipo de serviço	Problema	Abordagem ¹⁸	Objetivo	Descrição objetivos	Indicadores de desempenho
Zhao e Dessouky (2008)	E	Geral	MAST, capacidade veículos, área	S	Multi.	Definir área que minimiza o número de veículos a utilizar.	Comprimento da área de serviço, tempo de atraso do veículo, tempo de viagem, chegada ao destino a horas.
Chandra e Quadrifoglio (2013b)	E	Geral	Área, flexibilidade, distância a pé	A/S	Multi.	Identificar as ligações críticas que influenciam o desempenho do serviço.	Nº de atrasos.
Parragh <i>et al.</i> (2014)	E/T	Geral	DARP, área, capacidade dos veículos	A – MILP Algoritmos	1	Definir a frota que maximiza o lucro.	Tempo de viagem, kms percorridos.
Chandra e Quadrifoglio (2013c)	E/T	Geral	Área, VRP flexibilidade	A/S	Multi.	Definir a rota que minimiza o custo do serviço e a qualidade do serviço.	Tempo de viagem, tempo de espera do veículo e atrasos, tempo sem passageiros.
Quadrifoglio <i>et al.</i> (2008b)	E/T	Paratransit	Área, JT ¹⁹	S	Multi.	Definir a frota que minimiza custos totais.	Distância total viajada, distância sem passageiros a bordo.
Davison <i>et al.</i> (2014)	E/T	Geral	Capacidade dos veículos, articulação	A Regressão linear	Multi.	Definir frota que maximiza a cobertura geográfica e aumenta as receitas	Nº de viagens dos passageiros, nº de serviços na área.
Håme (2011)	E/T	Geral	DARP JT	A Algoritmos exatos e heurística	Multi.	Definir a frota que minimiza comprimento e duração da rota e insatisfação dos clientes.	Tempo e distância a bordo do veículo, tempo de espera.
Quadrifoglio <i>et al.</i> (2006)	E/T	Geral	MAST, paragens, capacidade veículos	A/S Heurística	1	Definir a frota que máxima velocidade de viagem e a capacidade do serviço	Variação da velocidade, nº de paragens e aumento da procura.

(Continua)

¹⁷ N.D. - Nível de decisão: E: nível estratégico; T: nível tático; O: nível operacional.

¹⁸ Tipo de abordagem: A: analítica; S: por simulação; PL: programação linear; ILP: programação linear inteira; MILP: programação linear inteira mista.

* PDPTW: problemas de VRP com janelas temporais. Não específico do DRT, mas pode ser adaptado de mercadorias para pessoas.

¹⁹ JT: janelas temporais

Tabela 3.1. Continuação.

Autores	N.D.	Tipo de serviço	Problema	Abordagem	Objetivo	Descrição objetivos	Indicadores de desempenho
Quadrifoglio e Li (2009)	E/T	Geral	Articulação	A Heurística	Multi.	Definir a rota que maximiza o nível de serviço, e definir a procura crítica para trocar o serviço fixo pelo DRT.	Tempo de deslocação a pé, tempo de espera do veículo e o tempo de viagem a bordo.
Li e Quadrifoglio (2010)	E/T	Geral	Andar a pé, Articulação	S	Multi.	Definir a procura crítica para trocar o serviço fixo pelo DRT, maximizando o nível de serviço e a satisfação do cliente.	Tempo de deslocação a pé, tempo de espera do veículo, tempo de viagem a bordo.
Quadrifoglio <i>et al.</i> (2008a)	E/T	Geral	MAST, articulação, nível serviço	A – MILP	Multi.	Definir rota que minimiza a soma ponderada de três fatores: kms por veículo e por passageiro e tempo de espera dos clientes	Tempo de viagem, kms percorridos, tempo de espera do veículo.
Cortés <i>et al.</i> (2010)	E/T	Geral	DARP Articulação	A – MILP	Multi.	Definir rota que minimiza os custos operacionais com melhor nível de serviço.	Taxa de ocupação dos veículos, tempo de espera e tempo de viagem dos clientes.
Xiang <i>et al.</i> (2006)	E/T	Geral	DARP, JT	A – LP Heurística	Multi.	Definir rota que minimiza custo total, minimiza o custo médio de desperdício.	Kms percorridos, tempo do serviço, tempo de espera do veículo, nº de passageiros, tempo de processamento computacional.
Xiang <i>et al.</i> (2008)	E/T	Geral	DARP, JT	A – LP Heurística	Multi.	Definir horários e rotas que minimiza o custo total.	Tempo de espera do veículo, tempo de viagem, tempo de resposta dinâmico.
Parragh <i>et al.</i> (2010)	E/T	Geral	DARP	A Heurística	1	Definir rota que minimiza os custos totais operacionais.	Distância total viajada.
D’Souza <i>et al.</i> (2012)	E/T	Geral	DARP	A – não linear Metaheurística	1	Definir rota que minimiza o custo do serviço.	Distância média viajada por veículo.
Quadrifoglio <i>et al.</i> (2007)	T	Geral	MAST Desvios da rota fixa	A/S – ILP	Multi.	Definir a rota que minimiza o custo da disponibilidade do veículo e maximiza o tempo de serviço.	Tempo sem passageiros a bordo, tempo de espera e tempos de resposta aos clientes.

(Continua)

Tabela 3.1. Continuação.

Autores	N.D.	Tipo de serviço	Problema	Abordagem	Objetivo	Descrição objetivos	Indicadores de desempenho
Wong <i>et al.</i> (2014)	O	Geral	VRP, dimensão da frota	S	Multi.	Definir a capacidade dos veículos que minimiza os custos operacionais, e maximiza o nível de serviço e a procura.	Nº de pedidos para um nº fixo de veículos e tempos de operação.
Diana <i>et al.</i> (2006)	O	Geral	Dimensão da frota	S	Multi.	Definir a dimensão da frota que minimiza os custos operacionais.	Tempo de espera, tempo de viagem, nº de veículos utilizados.
Feuerstein e Stougie (2001)	O	Geral	DARP Capacidade dos veículos	A Algoritmo determinista	1	Definir a frota que minimiza os tempos médios de viagem.	Tempo de atendimento até ao último cliente.
Muelas <i>et al.</i> (2013)	O	Geral	Capacidade dos veículos	A Algoritmo	1	Definir a frota que minimiza o custo total do serviço.	Tempo de viagem, cumprimento da hora marcada e capacidade do veículo.
Fu (2002b)	O	Paratransit urbano	VRP	A – PL Algoritmo de inserção paralela.	Multi.	Definir a frota que minimiza a função custo.	Tempo total de viagens, tempo médio por viagem, tempo de processamento computacional, nº de viagens e a razão entre o nº de clientes e o nº de veículos.
Diana <i>et al.</i> , (2009)	O	Geral	Capacidade dos veículos, articulação	S	Multi.	Definir a frota que minimiza os custos operacionais.	Nº de transbordos, nº de rotas.
Fu (2002a)	O	Paratransit urbano	Flexibilidade JT, tecnologias	S Ferramenta APOS	Multi.	Definir a frota que minimiza a função custo.	Produtividade do serviço (inclui o tempo de viagem e inutilidade para os passageiros), tempo de viagem, avaliação do impacte das tecnologias.

(Continua)

Tabela 3.1. Continuação.

Autores	N.D.	Tipo de serviço	Problema	Abordagem	Objetivo	Descrição objetivos	Indicadores de desempenho
Garaix <i>et al.</i> (2011)	O	Geral	DARP, dimensão e capacidade de veículos	A – PL Geração de colunas	1	Definir a frota que minimiza custos e maximiza as receitas.	Duração total da viagem, taxa de ocupação.
Chevrier <i>et al.</i> (2012)	O	Geral	Capacidade dos veículos, JT, DARP	A Algoritmos evolucionários	Multi.	Definir frota que minimiza o custo operacional.	Tempo de computação, nº de veículos utilizados, tempo das viagens e tempo de atrasos (aumentar qualidade do serviço).
Politis <i>et al.</i> (2012)	O	FTS geral	Preferências dos utilizadores	A/S – LP	Multi.	Definir a tipologia e dimensão da frota que minimiza custos operacionais.	Tempo a bordo do veículo, tempo total de viagem, critérios qualitativos e quantitativos tráfego, ambientais, económicos e psicológicos.
Garaix <i>et al.</i> (2010)	O	Geral	Flexibilidade JT, VRP	A - ILP Heurística de inserção	Multi.	Definir a rota que minimiza custos e maximiza as receitas.	Tempo de viagem.
Chandra e Quadrioglio (2013a)	O	Geral	Flexibilidade	S	Multi.	Definir localização das paragens para minimizar os custos operacionais.	Distância total viajada dos veículos, tempo de viagem dos clientes, tempo de espera e tempo de deslocação a pé.
Wang <i>et al.</i> (2014)	O	Paratransit	Nível de serviço	A Multinível	Multi.	Avaliar o efeito na procura de fatores socioeconómicos.	Nº de viagens, índice de privação.
Shioda <i>et al.</i> (2008)	O	Paratransit	Dimensão motoristas e veículos, nível de serviço	A Regressão linear e logística	1	Definir a rota e horários que minimizem os custos operacionais.	Horários do serviço e kms percorridos por cliente, nº e tempos de atrasos.

Apesar da maior parte dos artigos científicos recorrerem a abordagens analíticas para tratar os problemas do DRT, estes são muito específicos, limitados em âmbito, mas são importantes porque incorporam componentes problemáticas essenciais do serviço flexível para a resolução dos seus problemas de planeamento.

A simulação é muito utilizada para dar resposta às limitações apresentadas pela formulação analítica, nomeadamente nas situações em que: i) os diferentes problemas estão interrelacionados, e onde a respetiva resolução sequencial impossibilita uma visão holística do processo global; ii) existem medidas de desempenho relevantes (como por exemplo o valor do tempo em termos de tempos de espera na paragem, e tempos de viagem mais longos devido a paragens de entrada e saída de passageiros do veículo) que não são facilmente estimadas a partir dos métodos analíticos por estes considerarem, em geral, apenas um conjunto limitado de fatores; iii) quando existe a inclusão de parâmetros estocásticos, como tempos de viagem, chegada dos veículos e dos clientes à paragem, que dificulta a incorporação da modelação analítica e, iv) quando as técnicas analíticas não refletem o comportamento dinâmico do sistema.

Em síntese, as abordagens analíticas incluem quer métodos de solução exatos quer heurísticos. Os métodos heurísticos, por si só, podem substituir eficaz e eficientemente os métodos exatos. No entanto, quando o conjunto de questões a formular têm um grau de complexidade demasiado elevado e a natureza das mesmas é estocástica e demasiado intrincada para ser tratado de forma eficiente pelo método analítico, a modelação por simulação torna-se mais apropriada para abordar essas questões de forma integrada e abrangente. Esta complexidade pode ser devida a razões de natureza intrínseca dos problemas (ex., VRP), à dimensão das instâncias a tratar, ou ambos os tipos de razões entre outras. A simulação também é usada quando se pretende ter uma ideia “visual” e “espácio-temporal” mais precisa do funcionamento do sistema e do seu desempenho.

3.4. Modelação dos problemas VRP

O VRP é um problema abrangente, estudado por muitos autores, quer para serviços DRT quer para outros serviços de transporte (mercadorias ou pessoas). É um problema de rotas e escalonamento, que em geral, é fácil de compreender e de formular analiticamente, mas para o

qual não existem métodos de solução exatos adequados (exceto para o caso de algumas relativamente pequenas instâncias), sendo o tempo de computação não polinomial, exponencialmente crescente com o aumento da dimensão e da complexidade das instâncias, designando-se por NP-difícil. Pertence à família de problemas de recolhas e entregas (Cordeau *et al.*, 2007).

As preocupações do VRP foram formalmente referidas pela primeira vez em 1959 por Dantzig e Ramser, tendo o problema sido generalizado como o problema do caixeiro-viajante (TSP- *Traveling Salesman Problem*) (Dantzig e Ramser 1959, em Macedo 2011).

A heurística mais conhecida para o VRP foi exposta por Clarke e Wright (1964). Outros autores realizaram posteriormente várias modificações e extensões ao método de solução original, conseguindo uma maior abrangência em termos de aplicação e maior eficiência na procura de soluções.

A modelação de muitas das problemáticas (estratégicas e táticas), pela sua natureza (ex., flexibilidade na dimensão das janelas temporais), implica a modelação explícita do problema VRP. Isto é válido, quer nas abordagens analíticas quer nas abordagens de simulação ou mistas.

Os problemas operacionais, designados por VRP, são problemas de otimização com uma vasta área de aplicação e elevada importância nos serviços de transportes, dada a necessidade de gerir, de forma otimizada, um conjunto de veículos, determinando e implementando as melhores rotas e horários possíveis, no sentido de conseguir as maiores taxas possíveis de ocupação dos veículos e a menor distância total a percorrer, entre outros possíveis indicadores de desempenho. São problemas largamente estudados na literatura, quer para o transporte de mercadorias, quer para o transporte de pessoas (Parragh *et al.*, 2008a,b).

O caso concreto do transporte de pessoas é analisado seguindo a designação de DARP estáticos ou DARP dinâmicos. Nos DARP estáticos, todos os dados da procura são conhecidos antes da construção das rotas, e foram investigados por vários autores (ex., Xiang *et al.*, 2006; Berbeglia *et al.*, 2010). Parragh *et al.* (2008b), e mais recentemente por Parragh *et al.* (2010) e Garaix *et al.* (2010) reportaram a existência de várias propostas de métodos de solução para o problema DARP, para um ou vários tipos de veículos. Os DARP dinâmicos, onde alguns dos dados da procura são revelados e atualizados durante a realização das rotas, foram estudados por Xiang *et al.* (2008), Berbeglia *et al.* (2010), Muelas *et al.* (2013) e Pillac

et al. (2013). Wong *et al.* (2014) efetuaram recentemente uma pequena revisão de problemas e métodos de solução exatos e heurísticos PDP/DARP aplicados a sistemas DRT.

O cumprimento das janelas temporais traduz-se em problemas PDPTW, tendo sido efetuada uma revisão da literatura nos estudos de Bräysy e Gendreau (2005a,b), com métodos de solução baseados em heurísticas e metaheurísticas. Outros autores investigaram o PDPTW, com a aplicação ao transporte de bens ou pessoas, como revisto por Parragh *et al.* (2008a,b). Mais recentemente, Garaix *et al.* (2011), D'Souza *et al.* (2012) e Muelas *et al.* (2013) também efetuaram revisões do estado da arte relativo ao tratamento científico deste tipo de problemas.

No caso dos serviços DRT, o tratamento dos VRP tem uma importância particular no que diz respeito à ordem pela qual são satisfeitos os pedidos dos clientes para que o veículo passe apenas uma vez na origem e destino de cada cliente, minimizando os custos totais das rotas (Pillac *et al.*, 2013).

A Tabela 3.2 apresenta algumas heurísticas e metaheurísticas que têm sido aplicadas ao longo das últimas décadas e estão entre os métodos mais eficientes para a resolução do VRP.

Muitas variantes e extensões do modelo clássico do VRP têm sido apresentadas na literatura para lidar com as particularidades e restrições reais, incluindo a classificação mais recente, denominada de problemas de otimização de rotas “ricas” (RVRP – *Rich Vehicle Routing Problems*). Segundo Drexl (2011), o VRP tem sido tratado na literatura em dois grandes grupos de estudos: estudos teóricos e problemas de orientação real. Assim, a terminologia RVRP tem sido aplicada a problemas de VRP que englobam vários aspetos de aplicação real, fazendo parte dos problemas de orientação real.

A literatura inclui artigos de revisão das diferentes variantes e modelos de solução, tais como os trabalhos de Laporte e Osman (1995), Laporte (1997), Marinakis e Migdalas (2007) e Parragh *et al.* (2008a,b), e, para o caso específico dos RVRP, Drexl (2011).

Tabela 3.2. Alguns métodos e autores para resolver os VRP.

	Método	Autores
Algoritmos exatos	Partição e geração de colunas (<i>Branch-and-price</i>)	Dohn <i>et al.</i> (2009), Garaix <i>et al.</i> (2010), Parargh <i>et al.</i> (2014), Ropke e Cordeau (2006), Savelsbergh e Sol (1998).
	Partição e corte (<i>Branch-and-cut</i>)	Cordeau (2006), Cordeau <i>et al.</i> (2010), Cotés <i>et al.</i> (2010), Ropke e Cordeau (2006), Ropke <i>et al.</i> (2007), Velaga, Rotstein <i>et al.</i> (2012).
	Partição e avaliação (<i>Branch-and-bound</i>)	Horn (2004), Quadrifoglio <i>et al.</i> (2008), Toth e Vigo (2002).
	Geração de colunas (<i>Column generation</i>)	Chen e Xu (2006), Garaix <i>et al.</i> (2011), Savelsbergh e Sol (1998), Xiang <i>et al.</i> (2006), Xu <i>et al.</i> (2003).
Heurísticas e Meta heurísticas	Heurística de integração (<i>Integrated heuristic</i>)	Nagy e Salhi (2005).
	Heurística de inserção (<i>Insertion heuristic</i>)	Chandra e Quadrifoglio (2013a,b), Coslovich <i>et al.</i> (2006), Diana <i>et al.</i> (2009), Garaix <i>et al.</i> (2010), Ghiani <i>et al.</i> (2003), Håme (2011), Li e Quadrifoglio (2009), Lu e Dessouky (2006), Nanry e Barnes (2000), Quadrifoglio <i>et al.</i> (2006; 2007), Quadrifoglio e Li (2010), Slater (2002).
	Procura Tabu (<i>Tabu search</i>)	Attanasio <i>et al.</i> (2004), Berbeglia <i>et al.</i> (2010), Cordeau e Laporte (2003a), Cordeau <i>et al.</i> (2010), Costa <i>et al.</i> (2008), Erdoğan <i>et al.</i> (2009), Gribkovskaia <i>et al.</i> (2007), Haugland <i>et al.</i> (2007), Li e Lim (2001), Ocan <i>et al.</i> (2008), Velaga, Rotstein <i>et al.</i> (2012).
	Pesquisa Local (<i>Local search</i>)	Bent e Van Henteryck (2006), Bolduc <i>et al.</i> (2010), Branchini <i>et al.</i> (2009), Costa <i>et al.</i> (2008), Dondo e Cerdá (2009), Erdoğan <i>et al.</i> (2009), Haugland <i>et al.</i> (2007), Muelas <i>et al.</i> (2013) Xiang <i>et al.</i> (2006), Zhong e Cole (2005).
	Pesquisa em vizinhança (<i>Neighborhood Search</i>)	Bent e Van Henteryck (2006), Parargh <i>et al.</i> (2014), Ropke e Pisinger (2006a,b).
	Heurística construtiva (<i>Construction heuristic</i>)	Ghiani <i>et al.</i> (2003), Gribkovskaia <i>et al.</i> (2007), Lu e Dessouky (2006), Mitrovic-Minic <i>et al.</i> (2004), Renaud <i>et al.</i> (2000),
	Arrefecimento simulado (<i>Simulation annealing</i>)	Bent e Van Henteryck (2006), D'Souza <i>et al.</i> (2012), Li e Lim (2001)
	Algoritmos genéticos (<i>Genetic algorithm</i>)	Chakroborty (2003), Creput <i>et al.</i> (2004), D'Souza <i>et al.</i> (2012), Jørgensen <i>et al.</i> (2007), Pankratz (2005), Rekiek <i>et al.</i> (2006), Schönberger <i>et al.</i> (2003)
	Otimização Multiobjectivo (<i>Multi-objective optimization</i>)	Ghannadpour <i>et al.</i> (2014), Jozefowicz <i>et al.</i> (2008), Sheu (2007).
	Otimização colónia partículas (<i>Particle swarm optimization</i>)	Ai e Kachitvichyanukul (2009), D'Souza <i>et al.</i> (2012).
	Heurística de melhoramento (<i>Improvement heuristics</i>)	Ai e Kachitvichyanukul (2009), Dondo e Cerdá (2009), Erdoğan <i>et al.</i> (2009), Gribkovskaia <i>et al.</i> (2007), Mitrovic-Minic <i>et al.</i> (2004), Renaud <i>et al.</i> (2000).

3.5. Síntese

Neste capítulo é feita uma discussão e classificação dos vários modelos encontrados na literatura usados na resolução de problemas associados aos sistemas de transportes flexíveis. O problema mais referido para sistemas DRT é o de definição de rotas e escalas (VRP) – DARP, PDP – para passageiros e mercadorias e PDPTW – com janelas temporais.

Na literatura existem vários modelos analíticos para a resolução do vasto conjunto de problemas inerentes a um serviço flexível de resposta à procura, para os diferentes níveis de decisão. No entanto, o âmbito de aplicação destes modelos é, em norma, bastante limitado. Foram também identificadas várias abordagens baseadas na simulação do funcionamento dos sistemas, nomeadamente para tratar problemas mais complexos ou de maior dimensão.

A simulação aparece também como um método de solução com potencialidades para formular, de forma integrada, vários problemas, permitindo o tratamento de aspetos complexos como a dinâmica associada aos sistemas flexíveis de transporte, alargando portanto o campo de ação de aplicação, no planeamento deste tipo de sistemas.

No âmbito desta tese optou-se por desenvolver um sistema de apoio à decisão com o objetivo de simular explicitamente o comportamento de um sistema de transportes a pedido, assumindo modelos de procura estocásticos, e permitindo definir um conjunto de parâmetros que definem a configuração e o modo de funcionamento do sistema. O resultado do modelo é constituído por um conjunto de indicadores de desempenho que permitem avaliar a sua sustentabilidade.

No capítulo seguinte será descrito o sistema de apoio à decisão e a componente de simulação incorporada para a avaliação de uma possível implementação de um serviço DRT, numa área rural.

4.

PLANEAMENTO DO SISTEMA DE TRANSPORTE A PEDIDO

Apesar de existirem, na literatura, inúmeras contribuições sobre sistemas DRT e sobre os desafios que se colocam à sua implementação, poucos autores têm dedicado a sua atenção ao desenvolvimento de metodologias, modelos e ferramentas de suporte à decisão que possibilitem aos decisores, avaliar (antes de implementar) o impacto que algumas decisões podem ter (com determinado grau de certeza) no desempenho do sistema.

Surge assim a necessidade de criar uma metodologia que identifique e clarifique as diferentes etapas do projeto e da implementação de um sistema DRT e agregue os diferentes níveis de decisão.

Neste sentido, propõe-se aqui uma nova ferramenta (*framework*) para proceder ao planeamento de sistemas DRT. A *framework* tem a potencialidade de tratar adequadamente (virtualmente) todos os fatores que podem influenciar a tomada de decisão sobre o “melhor” sistema de DRT a implementar numa dada área de intervenção. A *framework* inclui um sistema de apoio à decisão (SAD) aplicado na simulação do funcionamento do DRT com diferentes cenários de configuração, permitindo assim a aplicação da *framework* num processo de decisão mais esclarecido e sustentado e que poderá ser aplicado pelas entidades responsáveis na gestão dos sistemas.

4.1. Introdução

A conceptualização de um sistema DRT e posterior implementação deparam-se com um elevado número de obstáculos e problemas, resultado da coexistência de vários objetivos e múltiplos *stakeholders*, com pontos de vista diferentes e, muitas vezes, interesses e objetivos conflituosos envolvendo dimensões de carácter social e económico, como já foi referido no Capítulo 2.

A complexidade destes processos de tomada de decisão está também associada a ambientes de elevada incerteza e ao facto de, em ambientes reais, não haver uma solução única, ou tão pouco ótima, nem a possibilidade de testar soluções alternativas do ponto de vista empírico.

Adicionalmente, a frequente utilização de ferramentas de modelação permite reproduzir o funcionamento dos sistemas de transporte tradicionais e avaliar o seu impacto, como visto no capítulo anterior.

A *framework* aqui proposta inclui um SAD aplicado na simulação do funcionamento do sistema para diferentes configurações e cenários de atuação possíveis do sistemas DRT. O desenvolvimento de uma ferramenta deste tipo passou naturalmente por várias fases, que vão desde a identificação e análise do contexto de decisão, dos seus requisitos e dados, até às fases de projeto passando pela avaliação de desempenho e implementação (Jakeman *et al.*, 2006).

Este estudo está enquadrado num projeto mais amplo de desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão para sistemas DRT (ASTRA, 2008)²⁰. Nesse contexto, é objetivo deste trabalho contribuir para a definição de requisitos, nomeadamente a identificação do objeto, do contexto da simulação e do conjunto de questões que se pretendem ver respondidas, e que relacionam o desempenho do sistema face a um conjunto de cenários. Assim, e de modo a planear a fase experimental que irá permitir testar empiricamente o desempenho do sistema são identificados os fatores (ou variáveis de decisão controláveis) a considerar (por exemplo, diferentes níveis de flexibilidade), as incertezas (variáveis não controláveis, como por exemplo nível de adesão) e os indicadores de desempenho para medir o resultado das várias experiências a realizar.

²⁰ Projeto financiado pela Fundação de Ciências e Tecnologia (PTDC/TRA/72871/2006)

A fase de desenvolvimento do *software*, embora realizada pela equipa de investigadores do projeto ASTRA, não foi diretamente realizada pela autora desta tese, a quem coube, no entanto, a necessária condução do processo experimental de validação do submodelo SAD (reportada no Capítulo 6) que integra a *framework* geral que se descreverá nas Secções seguintes.

4.2. Contexto de decisão - Modelo conceptual do sistema DRT

Sendo o serviço DRT um tipo de sistema de transporte flexível, o seu processo de planeamento passa por dar resposta a um conjunto de questões fundamentais para o sucesso de qualquer solução de sistema de transporte flexível. A definição de metodologias e ferramentas que permitam sistematizar o processo de tomada de decisão constitui pois uma etapa importante no processo de conceção e projeto de um sistema deste tipo.

Neste sentido, esta secção discute o contexto de tomada de decisão e desenvolve um modelo conceptual que permite identificar as diferentes fases e os diferentes intervenientes, decisões e questões que lhes estão associados. Serão também identificadas as etapas que deverão poder vir a beneficiar da existência de uma ferramenta de apoio à decisão e identificados os seus requisitos.

Com base na revisão da literatura efetuada, é possível identificar quatro elementos fundamentais no projeto de um serviço DRT: o enquadramento legal, o modelo organizacional, o modelo financeiro e o modelo operacional (Figura 4.1).

Tal estrutura tem necessariamente características dinâmicas, uma vez que as características de cada modelo são dependentes das características dos outros modelos. Por exemplo, no modelo financeiro pretende-se definir os financiamentos necessários do sistema (definido na estrutura legal), assim como quem financiar (grupo dos *stakeholders*, constituinte do modelo organizacional). A obtenção de soluções viáveis envolverá certamente um processo sequencial e iterativo de decisão, pelo qual se vai alterando (ou refinando) a configuração do sistema DRT (em termos dos parâmetros ou regras de funcionamento ou tipologia dos serviços). Por exemplo, diferentes configurações podem evidenciar (por

estimativa do SAD) efeitos e consequências diferentes em termos de elegibilidade para a obtenção de financiamentos.

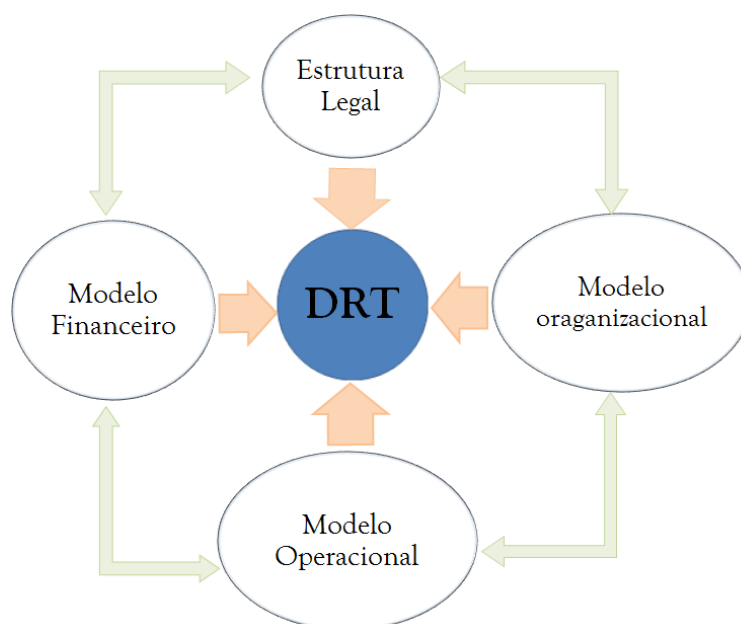


Figura 4.1. Modelos envolvidos no projeto de um serviço DRT.

No processo iterativo é fundamental ter uma metodologia que facilite e sistematize a tomada de decisão, identificando, sem ambiguidades, quais as questões mais relevantes a ser resolvidas e propondo um suporte efetivo para a criação de um sistema sustentável de transporte flexível.

Partindo da abordagem definida no âmbito do projeto ARTS, a Figura 4.2 apresenta uma proposta de metodologia para a integração das várias etapas para a criação de um sistema DRT.

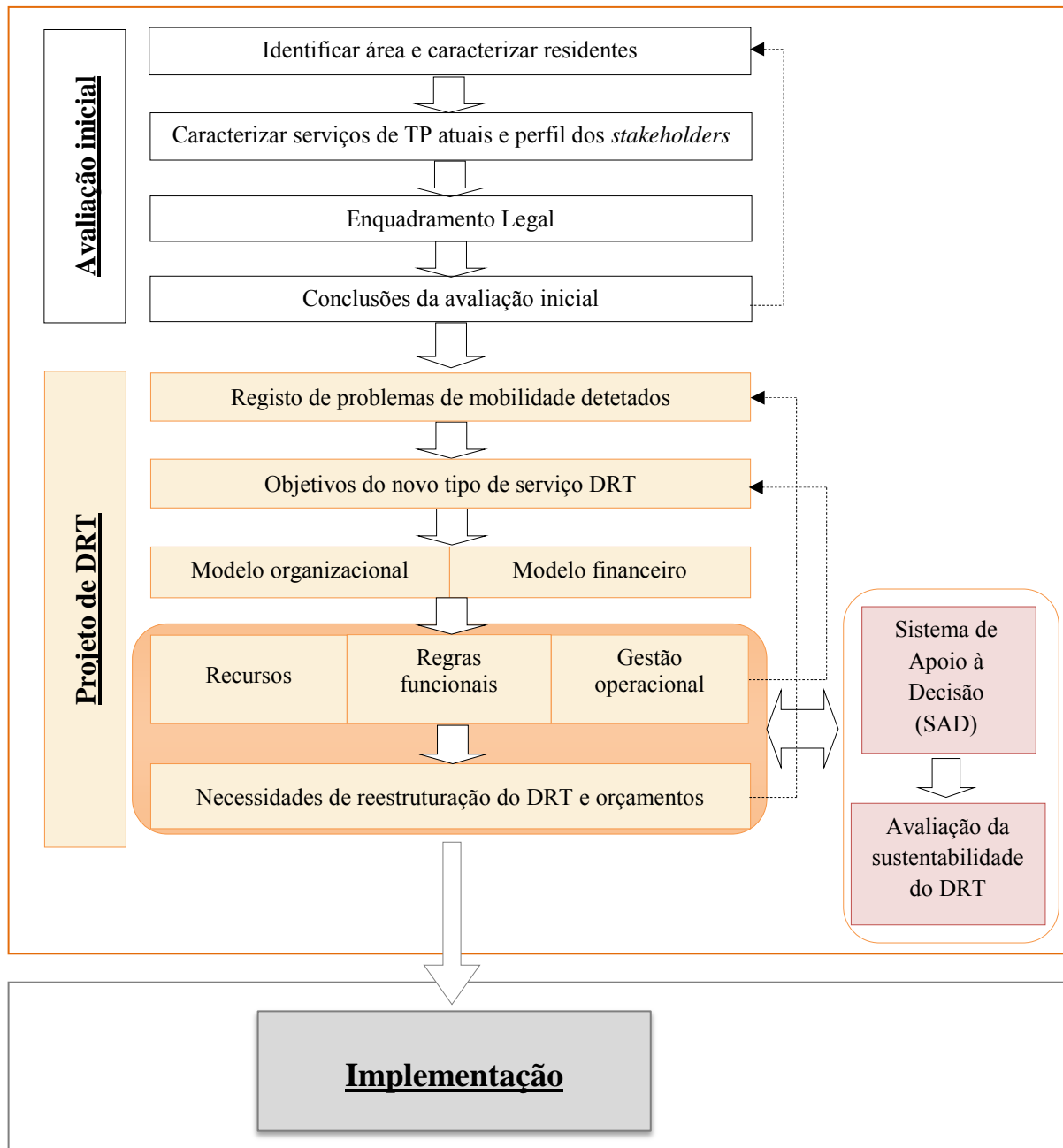


Figura 4.2. Proposta de processo de planeamento de um serviço DRT. Adaptado e estendido de ARTS (2004).

A abordagem aqui proposta, inclui, à semelhança do modelo original:

- Uma primeira fase de projeto e planeamento (avaliação inicial e projeto DRT).
- Uma segunda fase de implementação.

Nesta abordagem, é dada uma ênfase particular ao papel fundamental que um sistema de apoio à decisão pode desempenhar em determinadas etapas do processo. Em particular, foram identificadas duas áreas: i) na fase de projeto associada à definição de regras de funcionamento que irão condicionar os recursos a utilizar e terão um impacte crucial no

desempenho do futuro sistema; e ii) a partir da fase de implementação para o apoio à operação diária (produção) para escalonamento das viagens.

Se é possível encontrar várias referências a ferramentas de apoio à produção diária (ex., *Trapeze*, o *Mobisoft* e o *Cleric*), na fase de projeto, as soluções existentes são muito limitadas ou mesmo inexistentes. É neste contexto, que o sistema aqui proposto é desenvolvido, suportado por ferramentas de simulação, permitindo a avaliação da sustentabilidade das soluções alternativas, incorporando assim, várias dimensões de análise, nomeadamente, as dimensões social, económica e ambiental.

Nas secções seguintes, detalha-se as diferentes etapas da metodologia e discute-se os requisitos associados à ferramenta de apoio à decisão.

4.2.1. Fase de avaliação inicial

Identificadas as carências gerais de mobilidade de uma dada área territorial de intervenção, e considerada a hipótese de implementação de um sistema alternativo de transporte, é necessário, numa fase inicial, elaborar a caracterização detalhada do sistema de transporte existente, para analisar previamente as potencialidades de viabilidade de uma solução de transporte flexível.

A avaliação inicial consiste na caracterização da área e dos seus residentes (procura potencial), da oferta atual de TP e no estudo da legislação existente. É também necessário identificar todos os *stakeholders* envolvidos, assim como, compreender quais os seus interesses e objetivos. Como resultado, deverá ser possível identificar as solicitações de procura de TP (satisfeitas ou não), as lacunas dos TPs atuais, assim como as possibilidades de soluções alternativas, como um transporte flexível, que sejam enquadráveis no contexto legal existente.

Área

Na delimitação do perímetro da área de intervenção, é necessário caracterizar a sua localização geográfica (ex., uma freguesia, um conjunto de freguesias, uma parcela/totalidade de um Município, um conjunto de Municípios) e a rede viária existente.

As configurações topográficas da área podem ser mais ou menos facilitadoras da acessibilidade do território, por exemplo impedindo o acesso de veículos de grande dimensão ou impossibilitando a sua inversão de marcha em alguns locais ou com algumas circunstâncias climatéricas.

A informação sobre a rede viária da área está geralmente disponível nos serviços técnicos das autarquias, e inclui as características de cada via, nomeadamente, o traçado da estrada, a sua largura, o tipo de pavimento e o seu estado de conservação.

No processo de decisão sobre a área, é importante definir-se com exatidão as zonas do território (ex., ao nível de localidades ou polos urbanos) a servir, bem como as vias que servirão de fronteira à área de atuação, por forma a estabelecer, sem ambiguidade alguma, a abrangência territorial do novo sistema de transporte.

Procura

A caracterização da população residente engloba as suas características demográficas e socioeconómicas e a procura atual de transporte público existentes.

A informação necessária para aprofundar estes domínios de análise está disponível publicamente nos resultados dos recenseamentos gerais da população e nos anuários estatísticos. Além disso, algumas autarquias podem dispor de informação estatística própria, eventualmente com maiores níveis de desagregação. Poderá ainda ser necessário recorrer-se à realização de inquéritos à população ou a outras formas de auscultação pública para obter dados mais atualizados e focados nos requisitos do estudo.

Para estudar as características demográficas da população, importa caracterizar a dispersão populacional (densidade populacional), a dinâmica da área e tendências evolutivas, a dimensão da população residente por grupos etários.

Com o estudo das características socioeconómicas da população é possível conhecer o nível de atividade da população (estrutura da população ativa), o nível de desemprego e o nível de rendimento familiar e analisar os aspetos que influenciam os padrões de mobilidade e a opção entre os diferentes tipos de transporte.

Os padrões de mobilidade dependem da frequência e dos motivos das deslocações (regulares ou ocasionais) e, permitem:

- A construção de matrizes origem-destino (matrizes OD) por dia da semana e períodos do dia;
- A determinação dos modos de transporte utilizados;
- O cálculo dos tempos médios de viagem;
- A identificação dos motivos das deslocações;
- A identificação dos principais polos de atração, suas valências e horários de funcionamento.

A tipologia de viagens pode ser dividida em dois grandes grupos: viagens regulares ou recorrentes e viagens ocasionais.

As viagens regulares (trabalho ou escola) são, em princípio, diárias e em grande parte dos casos, tendem a ocorrer ao início da manhã (ida) e ao final tarde (regresso a casa). Esta informação está disponível nos recenseamentos gerais da população, sendo a freguesia o nível máximo de desagregação. As deslocações para aquisição de bens e serviços (por exemplo, feiras, serviços médicos e igreja) podem ocorrer com frequência menor, por exemplo, semanal ou quinzenalmente.

As viagens ocasionais são geralmente realizadas para tratar de assuntos pessoais sem restrição de horários: bancos, correios, finanças, compras, passeio/lazer, visitar amigos/família, entre outros. Estas deslocações têm uma grande diversidade, podendo ocorrer com baixa frequência, o que induz no sistema grande imprevisibilidade, embora, em norma, não estejam sujeitas a janelas temporais muito rígidas. Há, no entanto, deslocações ocasionais que podem ter restrições de horários, por exemplo consultas médicas ou transbordo para TP regular interurbano, restringindo a dimensão das janelas temporais.

Oferta atual de TP

Tal como foi discutido anteriormente, os serviços TP regulares em áreas rurais têm-se demonstrado cada vez menos eficientes, devido geralmente, à desertificação das áreas, ao envelhecimento da população e à sua dispersão territorial.

A caracterização da oferta de TP em áreas rurais não é uma tarefa fácil, sendo alguns dos serviços concessionados, descontinuados por iniciativa dos operadores, por o serviço não se mostrar rentável, se não na totalidade, pelo menos em grande parte dos horários ou em determinadas rotas menos procuradas (nem sempre oficializando a situação). Para além disso,

os operadores são muitas vezes renitentes em fornecer dados (ex., taxas de ocupação, dados financeiros) sobre os serviços realizados.

Paralelamente, e para ultrapassar as limitações da oferta, permitindo alguma mobilidade aos residentes, mesmo que esta seja reduzida, têm surgido, com alguma frequência, ofertas alternativas de serviços de transporte suportados por várias entidades, tais como bombeiros, Câmaras Municipais e centros sociais.

Assim, é preciso identificar os serviços de TP regulares que efetivamente se encontram operacionais, e caracterizá-los, por exemplo determinando:

- Se são iguais em dias úteis e aos fins de semana;
- Se servem todas as freguesias de forma equivalente e proporcional;
- Se funcionam de igual forma independentemente dos períodos escolares; ou
- Se funcionam apenas como transporte escolar alargado à restante população.

Deve ser questionada a existência de outros tipos de serviço de TP na área de estudo, para além do regular, nomeadamente o transporte escolar (TE). Na literatura há estudos, em vários países, sobre o alargamento da intervenção dos TEs ao transporte de toda a população (ex., ARTS, 2004), sobretudo nos casos em que o número de passageiros não estudantes a transportar é escasso ou pontual. O “novo” serviço de “TE alargado” assemelha-se ao TP regular normal, com rotas e horários fixos; porém, o respetivo serviço só existe durante os períodos escolares.

A análise dos dados sobre a oferta TP regular existente permite fazer uma primeira avaliação dos problemas do sistema de transportes existentes. Esta avaliação deve ser complementada com informação dos próprios utilizadores. Desta forma, é importante conhecer a perceção dos clientes sobre a qualidade do serviço de TP em geral, e, em particular, sobre a adequabilidade de localização das paragens, frequências e horários, recorrendo a inquéritos à população para inferir a perceção e opinião dos potenciais utilizadores.

Perfil dos stakeholders do TP existente

Outro aspeto que importa conhecer e caracterizar são as entidades envolvidas no sistema de transporte público existente, quais os seus objetivos relativamente ao serviço e quais as suas prioridades.

Os *stakeholders* dos serviços de transporte em áreas rurais podem ser (entre outros):

- Entidades públicas (o Estado, as autoridades locais, as autarquias);
- Operadores privados (TP regular, táxis);
- Serviços voluntários (ex., bombeiros, serviços de ação social, carrinhas de associações desportivas);
- Entidades de cariz social (ex., serviços de transporte não urgente de doentes para hospitais, transporte de idosos para lares diurnos, o Serviço Nacional de Saúde);
- Outros serviços (ex., agências de emprego, empresas privadas para transporte dos seus trabalhadores);
- Indivíduos que usufruem do serviço de TP regular; e
- Indivíduos residentes que não utilizam o TP (são potenciais utilizadores do DRT).

Como é de esperar, os diversos *stakeholders* têm objetivos diferentes. As entidades públicas, os serviços voluntários e as entidades de cariz social têm provavelmente como principal objetivo o aspeto social e possivelmente o ambiental (principalmente as entidades públicas), sendo o aspeto financeiro, apesar de importante, deixado para segundo plano. Os operadores privados, as agências de emprego e as empresas privadas têm provavelmente como principal objetivo o fator financeiro. As pessoas que usufruem do serviço têm como principal objetivo a qualidade do serviço, nomeadamente a adequação do serviço em termos de horários e proximidade das paragens às origens e destinos, e o objetivo principal das pessoas que não utilizam o serviço passa provavelmente pelas questões ambientais, desejando a redução da dimensão dos veículos que circulam nas estradas e o número de acidentes que veículos grandes e lentos podem causar em estradas estreitas.

Enquadramento legal

Em muitos países, as estruturas reguladoras e leis nacionais para transportes apenas consideram os TP regulares com rotas e horários fixos e serviços táxi, negligenciando outros modos de transportes flexíveis.

Para implementar um serviço de transporte flexível é necessário verificar se há algum tipo de restrição na legislação vigente relativamente à flexibilidade de horários e rotas e ainda, se excluí algum tipo de parceria (ex., proibição de coordenar operadores de serviços diferentes).

Outra questão importante é a obtenção de licenças ou concessões do serviço (alvarás de serviço para a empresa e para cada veículo). Em muitos casos, as licenças e concessões não estão disponíveis para a tipologia de serviço que se pretende, ou possuem regras tão rígidas que a inserção de novos serviços (flexíveis ou não) é muito dificultada.

O enquadramento legal do serviço de TP é sem dúvida um ponto que merece desenvolvimento, sendo impreterível considerar o estudo da legislação vigente no país e das possibilidades de enquadramento legal ao propor uma solução de TP para que este seja potencialmente viável.

Soluções que não se enquadrem na lei vigente do país poderão contudo, em alguns casos, ser objeto de exceção, por exemplo em termos de projetos-piloto. No caso português tem-se o sistema de táxis coletivos de Beja (Decreto-Lei n.º251/98) e o projeto de Mação (Despacho n.º 7575/2012). O estudo da legislação e possibilidades de enquadramento legal atual e futuro deve ter como base o que já existe implementado em alguns países, apresentada no Capítulo 2, Secção 2.3.1.

Conclusões da avaliação inicial

Caracterizado o sistema de TP existente (horários, rotas, *stakeholders* e satisfação dos clientes) e identificadas as necessidades e os padrões de mobilidade para os diferentes grupos de residentes, numa determinada área, é possível efetuar uma primeira avaliação relativamente à adequação do atual sistema de transportes.

Concluindo-se, por exemplo, que os graus de insatisfação da população são elevados, deverão ser equacionados eventuais ajustes ao sistema de TP atual ou a possibilidade de

implementação de um serviço de TP mais flexível. Para essa análise e decisão da tipologia de serviço de TP mais adaptado a determinada área, será pertinente recorrer a ferramentas que permitam elaborar cenários diferentes para representar circunstâncias futuras, possíveis mas incertas, e que poderão conduzir a soluções diferentes para o DRT.

4.2.2. Fase de projeto do DRT

Tendo a fase de avaliação inicial concluído, por algum conjunto de razões devidamente justificadas e validadas (ex., por consenso entre os *stakeholders*), que se deve equacionar a adoção de um sistema de transporte flexível, do tipo DRT, deve então ser iniciada a fase de projeto e planeamento do novo sistema para dar resposta às carências identificadas, ultrapassando os problemas de mobilidade detetados.

De acordo com a metodologia adotada, os passos a seguir nesta fase do projeto DRT são: 1) identificar, de forma sistemática e (mais) pormenorizada, os problemas de mobilidade na área de estudo; 2) definir os objetivos do sistema a implementar; 3) discutir o modelo organizacional e o modelo financeiro e, por último 4) definir os recursos necessários, as regras gerais de funcionamento e o modelo de gestão operacional.

Para a abordagem definida, todas as características do serviço devem ser analisadas, sendo a sua validação efetuada através de ferramentas de apoio à decisão integradas e de simulação, que permitem avaliar a viabilidade do serviço. Adotando-se um procedimento iterativo de redefinição e análise sucessiva a partir de uma definição inicial do sistema DRT, espera-se obter uma solução viável apropriada para cada cenário equacionado. No final da etapa do projeto DRT, deve estar definida a forma de suportar o funcionamento do serviço DRT (ex., modelo organizacional, financeiro) e, como efetuar a interação dos diferentes intervenientes.

Problemas de mobilidade

Os estudos de oferta e procura do sistema de transportes existentes são elementos fundamentais para a sistematização dos problemas de mobilidade da área em estudo.

A revisão da literatura efetuada no âmbito desta tese, nos Capítulos 2 e 3, permitiu antever a tipologia de problemas existentes em áreas com características rurais. Estes problemas estão sistematizados, por dimensão de sustentabilidade na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Dimensões dos problemas dos TP regulares em áreas rurais.

Dimensão social	Dimensão económica	Dimensão ambiental
<p>Exclusão social funcional:</p> <p>- Falta de acessibilidade e mobilidade, com inexistência de TP adequado, obrigando algumas pessoas a recorrer a veículo próprio ou a não realizar a viagem pretendida:</p> <p> i) Horários diferentes pretendidos por motivos diferentes de viagens;</p> <p> ii) Rotas diferentes pretendidas por terem destinos diferentes;</p> <p> iii) Paragens longe das habitações e/ou destinos.</p>	<p>Falta de sustentabilidade económica:</p> <p>- Falta de eficiência económica (os custos mantêm-se, mas as receitas baixam);</p> <p>- Baixa taxa de ocupação dos veículos;</p> <p>- Número de serviços diários reduzidos;</p> <p>- Falta de articulação e integração entre operadores.</p>	<p>Falta de sustentabilidade ambiental:</p> <p>- Veículos envelhecidos e grandes libertam muitos gases de efeito estufa;</p> <p>- Veículos pesados danificam as estradas;</p> <p>- Veículos grandes ocupam muito espaço na estrada podendo causar acidentes.</p>

Na dimensão social, o aspeto mais crítico é a falta de acessibilidade e mobilidade que deve ser caracterizada de forma desagregada por faixas etárias e por motivos de deslocação.

Na dimensão económica, para além do reconhecimento de indicadores financeiros como custos e receitas, é importante quantificar os impactes das externalidades tal como a riqueza criada em geral, a atratividade que se cria na área quando os acessos são facilitados (por novos meios funcionais).

Na dimensão ambiental, consideram-se as questões de eficiência energética e suas externalidades.

Objetivos do DRT

Os objetivos de um novo esquema de transporte devem ser analisados como um conjunto de diretrizes específicas para a rede de TP e para o sistema de mobilidade na área em análise e devem incorporar preocupações de carácter social, económico e ambiental garantindo a sustentabilidade do sistema (

Tabela 4.2).

Tabela 4.2. Objetivos para o serviço DRT a implementar.

Objetivos sociais	Objetivos económicos	Objetivos ambientais
- Mitigar problemas de exclusão social funcional e isolamento rural: i) Melhorar a disponibilidade de serviço de TP (mais horários e rotas); ii) Melhorar a acessibilidade a bens e serviços (paragens mais próximas); iii) Melhorar a mobilidade (com horários e rotas mais flexíveis).	- Criar um serviço mais eficiente em termos de taxa de ocupação; - Aumentar o nível de serviço (maior eficiência económica), comparativamente com o TP regular; - Aumentar a integração entre serviços de TP (flexível e regular); - Valor da tarifa acessível (com serviços integrados ou não); - Reduzir o número total de quilómetros percorridos; - Reduzir os custos de viagem por passageiro; - Promover o emprego.	- Reduzir a emissão de gases com efeito estufa; - Reduzir o impacto nas vias públicas; - Reduzir o ruído e os acidentes; - Usar veículos de dimensão ajustada às vias e à procura; - Usar veículos com tecnologias de eficiência energética.

Ao nível social, destaca-se o objetivo de satisfação da procura (de todos os residentes da área), ultrapassando a exclusão social funcional que, por vezes, se foi instalando em muitas áreas rurais ao longo dos anos, pela falta de horários de serviço de TP adequados à procura. São vários os autores que se preocupam com a questão da exclusão social por falta de acessibilidades e mobilidade das pessoas, independentemente de áreas rurais ou urbanas (ver Capítulo 2).

Numa perspetiva financeira, a complexa satisfação geral dos *stakeholders* é essencial para garantir a adequabilidade do novo projeto. No entanto, uma preocupação transversal às várias entidades está relacionada com o financiamento a longo prazo (fator crítico de viabilidade), para ser possível a sua implementação de forma permanente e não apenas em projeto-piloto.

Os objetivos ao nível ambiental pretendem obter a satisfação de toda a comunidade em geral, reduzindo o transporte individual e o número de acidentes, considerando a poluição do ar, os impactes auditivos e a destruição de recursos não renováveis.

Modelo organizacional

O modelo organizacional é um aspeto crítico e complexo no projeto de um sistema de transportes flexíveis, por estar profundamente relacionado com a estrutura legal e reguladora que enquadra o modo como as diferentes entidades se relacionam para organizar o novo meio

de transporte. Esta fase envolve, em norma, a negociação do nível apropriado de participação de cada um dos intervenientes, para o que é fundamental estabelecer uma comunicação clara entre todos para evitar ambiguidades e permitir o entendimento geral.

De experiências reportadas na literatura, constatou-se que a existência de fortes ligações entre *stakeholders* do serviço (definição da hierarquia de cada um e o seu nível de participação no processo de tomada de decisão) é fundamental para minimizar conflitos futuros.

O modelo organizacional deve avaliar os limites de cooperação entre os diferentes *stakeholders* (como as áreas administrativas e os territórios), as respetivas responsabilidades (coordenação, financiamento, decisão, etc.) e como influenciam a tomada de decisão no processo de planeamento, envolvendo organizações públicas (Câmaras Municipais, Associações Intermunicipais (CIM), Inspeção do trabalho, etc.), semipúblicas e privadas (operadores comerciais de TP regular). A Tabela 4.3 apresenta as diferentes responsabilidades, de acordo com a hierarquia que se define para o serviço.

Tabela 4.3. Responsabilidades dos diferentes *stakeholders*.

Autoridades	Operadores	Clientes	Outros
<ul style="list-style-type: none"> - Regular o serviço; - Financia as operações dos transportes; - Decidir subsídios de transporte; - Decidir remunerações compensatórias; - Coordenar os serviços de transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gerir veículos; - Controlar os serviços de transporte; - Coordenar os serviços de transporte; - Definir regras operacionais e viagens. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dar <i>feedback</i> das expectativas e satisfação do serviço; - Comunicar os pedidos pretendidos; - Pagar os serviços. 	<ul style="list-style-type: none"> - Efetuar relatórios de transportes e estatísticas; - Desenvolver e atualizar o <i>software</i> de otimização; - Serviços de informação; - Processo de concorrência entre operadores.

De acordo, com a experiência empírica, diferentes entidades assumem, em norma, papéis bens distintos: i) as autoridades governamentais e/ou locais têm encargos ao nível legal e regulador, assim como ao nível financeiro; ii) os operadores privados têm encargos sobre os veículos, coordenação do serviço e do centro de coordenação; iii) os passageiros têm responsabilidades no que diz respeito ao cumprimento das regras de funcionamento e também ao *feedback* sobre o nível de serviço que lhes é prestado.

Definido o modelo organizacional, é imperativo mostrar não só as potencialidades, mas também as ameaças, definindo o modelo financeiro e analisando o nível de financiamento necessário.

Quanto mais cedo se envolverem todos os *stakeholders* no processo de tomada de decisões, mais fácil será para obter respostas positivas e atribuições de financiamentos. Daí que a definição de quem poderá fazer parte do grupo de *stakeholders* de um serviço DRT, deve ser efetuado desde o início do planejamento do sistema DRT.

Modelo financeiro

A viabilidade financeira de um projeto de transportes é um dos aspetos mais, se não o mais, importante na ponderação da sua implementação.

O modelo financeiro de um serviço de transporte deve permitir obter o difícil equilíbrio entre os custos e as receitas, e possibilitar a competitividade em relação ao TI.

Como a maioria dos fundos disponíveis são para subsidiar os TP regulares, é necessário analisar a possibilidade de obter fundos ou subsídios para serviços do tipo DRT, e quais as entidades que fornecem esse suporte financeiro e durante quanto tempo.

São vários os fatores que explicam os elevados custos do serviço DRT comparativamente com o TP regular. Estes fatores incluem: a imprevisibilidade, alterações frequentes (rotas e horários), a (provável) elevada frequência de serviço, serviços personalizados, a existência de diferentes logísticas, o elevado número de atividades antes e depois de efetuar o serviço.

A estrutura de custos associados a um sistema flexível de transportes apresenta, segundo Litman (2009), custos fixos, custos variáveis e outros custos que dependem da organização do serviço, podendo em alguns casos, ser considerados fixos e em outros, considerados em função do serviço prestado (Tabela 4.4).

Para além dos custos envolvidos num serviço de transporte, o modelo financeiro tem de considerar também as receitas obtidas. A maior parte das receitas de um serviço de transporte obtêm-se das tarifas cobradas aos clientes, tendo a estrutura bilhética um peso significativo na viabilidade do sistema DRT.

Tabela 4.4. Alguns custos do DRT. Adaptado de ARTS (2004) e Litman (2009).

Custos fixos	Custos variáveis	Outros
<ul style="list-style-type: none"> - Instalações e depósitos; - Veículos e gestão de rotas; - Seguros e impostos dos veículos; - Custos administrativos (salários, contabilidade, emissão de bilhetes); - Sistemas (investimentos e suporte): <ul style="list-style-type: none"> - Central coordenadora; - Sistemas de bordo; - Outros ITS (divulgação de bilhética); - Juros e encargos financeiros; - Desvalorizações dos veículos e equipamentos; - Outros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Combustíveis e lubrificantes; - Serviços contratados (por ex.: táxis ou capacidade extra necessária); - Manutenção (óleo, pneus); - Outros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Custos de planeamento: - Motoristas; - Operadores do serviço; - Pessoal da manutenção; - Sistema de comunicações; - Formações; - Informação e marketing; - Comissões de venda de bilhetes (quiosques); - Outros.

Apesar do modelo financeiro estar fora do âmbito desta tese, deve referir-se que, para além do financiamento, é preciso analisar os subsídios e os fundos que podem ser atribuídos a um serviço DRT (para a cobertura de custos), assim como quais as diferentes formas de crédito (bancário, fianças, hipotecas, locação financeira, aluguer, factoring, etc.), encargos e obrigações delas decorrentes e também como pode ser feita a cobrança de impostos e os seguros. Também não deve ser excluída da análise a possibilidade de subsidiação dirigida a grupos de pessoas com rendimentos baixos para utilizarem mais serviços de TP coletivo.

A obtenção de financiamento extraordinário, como por exemplo através de fundos Europeus, para a promoção de formas inovadoras e que promovam a inclusão social, tem sido observada em alguns projetos-piloto. Em norma, este financiamento assegura somente a fase experimental do projeto pelo que é necessária uma estratégia de financiamento a longo prazo.

Características operacionais

As decisões relacionadas com o modo de funcionamento do novo sistema podem ser analisadas em três níveis de desagregação: i) recursos necessários, ii) regras de funcionamento do serviço, e iii) gestão operacional do serviço.

Estes três níveis estão altamente interligados e são ainda dependentes de alguns dos pressupostos assumidos nas fases anteriores. Integram um elevado número de decisões, às quais estão associadas questões e problemas cuja complexidade pode comprometer todo o processo de implementação de um sistema de transportes flexíveis. Assim, nas Secções

seguintes, são apresentados e discutidos os aspetos mais críticos de cada nível. Posteriormente, na Secção 4.3 apresenta-se um SAD que permitirá suportar as várias decisões neste contexto.

i) Recursos

São vários os recursos necessários à implementação e operacionalização de um sistema de transporte flexível: frota de veículos, recursos humanos como condutores e elementos de coordenação e, eventualmente, uma central coordenadora envolvendo um maior ou menor nível de tecnologias de informação e comunicação.

A aquisição de recursos próprios para a implementação de um DRT pode representar um investimento muito elevado, pelo que, na maioria dos casos reais, as soluções adotadas passam pela subcontratação do serviço. No caso de optar por frota própria, esta pode ser:

- Frota específica, adquirida especificamente para o serviço, implicando elevados investimentos iniciais;
- Frota mista de veículos novos e já existentes, a aquisição de veículos pode ser maior ou menor, levando a diferentes exigências de investimento inicial;
- Veículos já existentes, pertencentes a entidades diversas, que podem ser usados numa gestão partilhada, o que implicará menores investimentos iniciais, comparativamente com as soluções anteriores, mas eventualmente um maior esforço de coordenação;

Na gestão da frota está incluída a definição do conjunto de motoristas (características das habilitações para conduzir) e o número de horas de contrato.

A adequada dimensão da frota e a sua composição são um aspeto muito importante: veículos mais pequenos (de 4 lugares como os táxis, até 15 a 22 lugares como os miniautocarros) são, com frequência usados em áreas de procura reduzida e dispersa (ARTS, 2004). Com veículos mais reduzidos é possível circular com maior facilidade em ruas estreitas, inverter a marcha, e circular em zonas de topografia acidentada, se necessário, para além de que podem adaptar-se melhor às condições de procura e assim apresentarem taxas de ocupação mais elevadas (Brake e Nelson, 2007). Ainda planeando uma frota própria é preciso atender a requisitos de experiência técnica dos motoristas e restantes operadores do serviço que devem ser acautelados, assim como, a quantidade:

- Quantos motoristas serão necessários;

- Quantos motoristas trabalham a tempo inteiro, em *part-time*, ou “ficam de reserva”, em caso de necessidade;
- Qual a experiência dos motoristas na rede viária e conhecimento local da área;
- Quantos colaboradores são necessários para a gestão e coordenação do serviço;
- Quantos técnicos são necessários com experiência no planeamento, na gestão de serviços de transporte e financeira, com conhecimentos de tecnologias de informação, desenvolvimento comunitário e com *know-how*, etc.

A existência de uma central coordenadora (TDC – *Travel Dispatched Center*) tem sido identificada, quer na literatura quer na prática real, como sendo um elemento chave na operacionalização dos DRTs. Envolve, em norma, investimentos elevados, não só associados aos espaços físicos e equipamentos mais ou menos sofisticados, mas também aos recursos humanos qualificados (telefonistas, analistas, expedidores e gestores).

A TDC pode englobar outros recursos, como o suporte por ITS, nomeadamente modernas tecnologias de informação e comunicação e ferramentas de computação com módulos optimizadores (AVL, *software* de rotas e partilha de informação) que permitem uma gestão mais eficiente de toda a estrutura operacional, não só para suportar todo o processo de reservas e monitorização do serviço, mas também para garantir a eficiência do planeamento das rotas através de sistemas de apoio à decisão. Contudo, os custos associados à aquisição e manutenção deste tipo de tecnologias são elevados, podendo ser vistos como um obstáculo à adoção de um DRT.

A escolha da solução tecnológica a adotar terá de ter em conta as regras de funcionamento do sistema (ponto ii) e a gestão operacional (ponto iii).

ii) Regras de funcionamento

As características de funcionamento do transporte a pedido são determinadas pelo grau de flexibilidade a adotar e têm um impacte decisivo no seu desempenho social, financeiro e ambiental. Maiores graus de flexibilidade proporcionam, em regra, maiores níveis de acessibilidade das populações, mas, por outro lado são mais exigentes em termos financeiros e também em termos de coordenação e gestão. A grande dificuldade é em encontrar o modelo de funcionamento ajustado à realidade da área de estudo, que especifique claramente as políticas e regras do sistema a implementar (Tabela 4.5).

Tabela 4.5. Questões para as políticas e regras de funcionamento de um DRT.

Questões	Características
Nível de flexibilidade temporal	<ul style="list-style-type: none"> - Horário fixo (tabelado); - Completamente flexível (dependendo dos pedidos); - Misto (pode ter horários definidos, mas só executa serviço se houver pedidos); - Complementar ou independente do TP regular (em horas de ponta TP regular, fora das horas de ponta DRT).
Nível flexibilidade espacial	<ul style="list-style-type: none"> - Localização das paragens de origem/destino poderá ser pré-definida; - Paragens definidas pelos pedidos (do tipo porta-a-porta, em situações de procura muito reduzida e dispersa); - Solução mista (algumas paragens pré-definidas outras definidas pelos pedidos).
Regularidade do serviço	<ul style="list-style-type: none"> - Diurno; - Noturno; - Dias da semana (por exemplo, diário); - Fins de semana.
Nível de articulação e/ou coordenação	<ul style="list-style-type: none"> - Com a rede de transportes regulares; - Com o transporte escolar; - Com outros transportes flexíveis.
Realização do pedido/reserva do serviço	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo de antecedência com que os clientes devem efetuar; - Tempo de antecedência para alterar ou cancelar uma reserva de viagem pode ou não estar sujeito a penalizações em viagens seguintes caso não seja respeitado.
Janela temporal para o cliente estar na paragem	<ul style="list-style-type: none"> - Qual a hora inferior e superior em que o veículo pode passar na paragem (afetam muito a otimização do sistema, diminuem o espaço de soluções válidas); - Quanto tempo antes da viagem se confirma aos clientes a mesma.
Tolerância aceitável para atrasos	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo que o veículo espera na paragem pelo cliente; - Hora que o cliente tem de estar na paragem; - Tempo é aceitável o veículo atrasar-se.

Este conjunto de decisões são particularmente complexas já que envolvem diferentes níveis de recursos e têm um grande impacto no desempenho do sistema, em particular na sustentabilidade financeira do projeto. Assim, a existência de um sistema de apoio à decisão que permita simular vários cenários correspondentes a diferentes níveis dos parâmetros que configuram o sistema e que permitam uma avaliação integrada do desempenho constitui uma ferramenta indispensável numa fase crucial de planeamento de um sistema de transporte flexível, evitando situações tão frequentemente relatadas na literatura de cancelamento de sistemas DRT por inadequação ou insustentabilidade financeira. Tal ferramenta, (designada na Figura 4.2 por SAD), irá permitir ao conjunto de *stakeholders* avaliar antecipadamente o impacto das suas decisões, proporcionando uma efetivo apoio à decisão. A descrição deste sistema será feita na Secção 4.3.

iii) *Gestão operacional*

A gestão operacional está relacionada com as tarefas diárias de um serviço DRT, tipicamente prestado pela TDC como a receção dos pedidos, a alocação e encaminhamento dos veículos e a programação diária dos percursos (otimização de viagens) em função dos pedidos efetuados e o fornecimento de informações aos clientes, tendo sempre em consideração os recursos e as regras de funcionamento pré-definidas.

Os objetivos mais comuns para o encaminhamento dos veículos são a minimização do número de quilómetros percorridos ou a maximização da taxa de ocupação, para os clientes e para os operadores, respetivamente. Estes objetivos são críticos, uma vez que não são passíveis de se poderem satisfazer simultaneamente. Assim, a gestão operacional deve ser bem definida e ao mesmo tempo flexível.

A definição dos percursos é um processo complexo que depende do número de pedidos, ou seja, quantos mais pedidos e/ou mais dispersos (temporal e espacial), maior complexidade e maior dificuldade na otimização dos percursos. Os resultados do processo de rotas e horários influenciam o bom funcionamento do sistema e, conseqüentemente, a imagem transmitida aos utilizadores, principalmente no que se refere à fiabilidade.

Paralelamente à otimização de percursos, outro fator importante é a informação fornecida aos clientes sobre as viagens, interligada à previsão de tempos, que é essencialmente calculado com base na distância e na velocidade média do veículo. Esta informação depende das tecnologias de informação e comunicação adotadas na TDC para comunicar eficientemente com os veículos e/ou os clientes, transmitindo uma imagem sobre a pontualidade, fiabilidade, eficiência e eficácia do serviço, dependendo do tipo de informação que lhes é fornecida.

Atendendo a todas as componentes operacionais que o DRT engloba e os seus graus de complexidade, o uso de ferramentas de apoio à decisão constitui uma mais-valia nesse processo. É neste contexto que se propõe a utilização do SAD (cuja descrição será feita na Secção 4.3.1).

A utilização de um sistema de apoio à decisão tendo em conta as possíveis configurações e usando diferentes regras de funcionamento tem a capacidade de recriar as condições reais da operacionalização do sistema, ou seja, com base a rede de estradas, simula os pedidos de deslocação e simula a operação do sistema, com regras que permitam a

maximização dos recursos disponíveis e a minimização dos custos. Deve ainda possibilitar a simulação de vários cenários de funcionamento (diferentes modelos funcionais e operacionais, etc.) produzindo, em cada caso um conjunto de medidas de desempenho (*framework* de avaliação) que permitem avaliar a sustentabilidade do sistema (financeira, social e ambiental). Os resultados produzidos devem levar os decisores a ajustar os parâmetros para o projeto do sistema, num processo iterativo, até à obtenção de uma solução considerada adequada. Adicionalmente, análises de sensibilidade devem permitir uma ótima calibração do sistema.

A ferramenta de apoio à decisão na fase de projeto permite conduzir e sustentar as diferentes fases da caracterização da implementação do sistema (em termo de recursos necessários, regras de funcionamento e gestão operacional), podendo levar à reestruturação do serviço e permite estimar requisitos para o seu financiamento. Um sistema com estas características constituiu uma contribuição muito significativa em termos do estado da arte, para o suporte ao projeto e planeamento de sistemas DRT.

4.2.3. Fase de implementação

A fase de implementação é um ponto alto de todo o processo de projeto e planeamento: estão definidas todas as características e meios necessários do serviço DRT, estão definidos os modelos financeiros e operacionais, chega-se ao momento de passar à sua operacionalização prática.

Como qualquer projeto inovador e com características complexas é aconselhável que o arranque seja feito recorrendo a um projeto-piloto, numa área experimental e por um período de tempo limitado (geralmente um ano). Assim, será possível (ainda com baixos investimentos) dar a conhecer o serviço à população, reajustar alguns dos parâmetros do sistema e reavaliar a adesão ao serviço e as implicações socioeconómicas que terá na área. Permitirá fundamentalmente reajustar alguns aspetos do sistema e reavaliar a sua viabilidade e sustentabilidade.

4.3. Sistema de apoio à decisão

Nesta secção descreve-se o desenvolvimento um sistema de apoio à decisão (SAD) que visa apoiar alguns dos processos de decisão mais críticos associados ao planeamento de um sistema de transportes flexível, como já foi discutido na secção anterior.

Na fase de conceção para a implementação de um novo sistema de transportes, pretende-se que o SAD seja capaz de dar apoio no projeto do sistema concreto de DRT, produzindo um conjunto de indicadores que permitam dotar dos decisores de um maior conhecimento sobre as várias alternativas de funcionamento de modo a convergirem para a melhor delas em termos de adequação ao caso de estudo e sustentabilidade.

Assim, o conjunto de requisitos funcionais que o sistema deve contemplar, envolve a capacidade para:

1. Recriar o comportamento dos residentes na área em estudo, no que se refere às suas necessidades de deslocação (origem/destino/hora) - modelo de procura. Assim, o sistema deve ser capaz de simular reservas de viagens, cancelamento de viagens, chegadas dos passageiros às paragens, desistências ou não comparências;
2. Incorporar informação detalhada sobre a rede viária - modelo da oferta;
3. Configurar um sistema do tipo DRT, definindo através de parâmetros, um conjunto recursos e um conjunto de regras de funcionamento que permitam traduzir diferentes níveis de flexibilidade - modelo da oferta;
4. Elaborar de forma otimizada, as rotas e escalas que devem ser usadas e que veículos/condutores as devem efetuar, perante um conjunto de pedidos de deslocações e de acordo com o nível de flexibilidade em análise – modelo da oferta;
5. Simular o funcionamento de um serviço DRT, incluindo os recursos (número e características dos veículos) e serviços a fornecer: definição de escalas e rotas de pedidos efetuados antecipadamente, incorporação de novos pedidos de viagem, partidas e chegadas dos veículos às paragens de acordo com um determinado nível de flexibilidade (parametrizável) - modelo da oferta;
6. Armazenar, de forma sistemática, as informações relativas à operação do sistema e que permita, para um dado período, gerar um conjunto de indicadores de desempenho;
7. Visualizar as soluções geradas usando um interface gráfico;

8. Gerar relatórios com informação relevante para o funcionamento.

A Figura 4.3 apresenta o modelo conceptual do SAD:

- Os pedidos de viagem são gerados usando modelos estatísticos baseados em características socioeconómicas da população através de Censos, questionários, entrevistas e outras pesquisas necessárias à identificação de polos de atração e à definição da matriz OD.
- Os recursos disponíveis incluem os veículos, os *softwares*, os *hardwares* e a rede viária da área. A rede viária para o sistema DRT é constituída por um conjunto de informações sobre as infraestruturas físicas da área, os troços de estradas, a localização das paragens e as distâncias entre pontos (através do caminho mais curto).
- Os parâmetros operacionais do modelo são modelados por probabilidades, utilizando um modelo gravitacional para a escolha dos destinos aleatórios, permitindo alguns graus de liberdade.
- O funcionamento do serviço é baseado em micro-simulação de eventos.
- O módulo de determinação das rotas e horários incorpora:
 - a. O horário de chegada à paragem, modelado por distribuições estatísticas.
 - b. Os tempos de viagem entre duas paragens adjacentes são gerados aleatoriamente por distribuições normais com base nos tempos médios entre viagens origem/destino, obtidos através de serviços de internet como *Google Maps* (calcula a menor rota entre dois pontos).
- O módulo do simulador, incorporado no SAD, reproduz o comportamento do sistema real, produzindo dados históricos virtuais, e fornecendo informações essenciais para o processo de avaliação do sistema.
- A informação virtual é utilizada pelo módulo das ferramentas avançadas de análise e *Business Intelligence*, que avalia as diferentes especificações ou opções e fornece informações que servem de suporte às decisões de gestão estratégica e tática.

O modelo de procura é introduzido no módulo do simulador que gera os pedidos. Aproximando-se de uma procura realista e, para um determinado nível de recursos e um conjunto de regras operacionais, emula o comportamento dos passageiros na área de estudo, recorrendo a distribuições estatísticas.

O gerador caracteriza os padrões de deslocação recorrentes (movimentos pendulares) e qual o destino mais provável, atendendo aos motivos de viagem, e ainda permite definir se as viagens são habituais ou ocasionais. O SAD produz um conjunto de soluções (horários e rotas) e de indicadores de desempenho, a serem avaliados para cenários alternativos permitindo escolher o nível mais apropriado de recursos e as regras operacionais mais ajustadas (Figura 4.3).

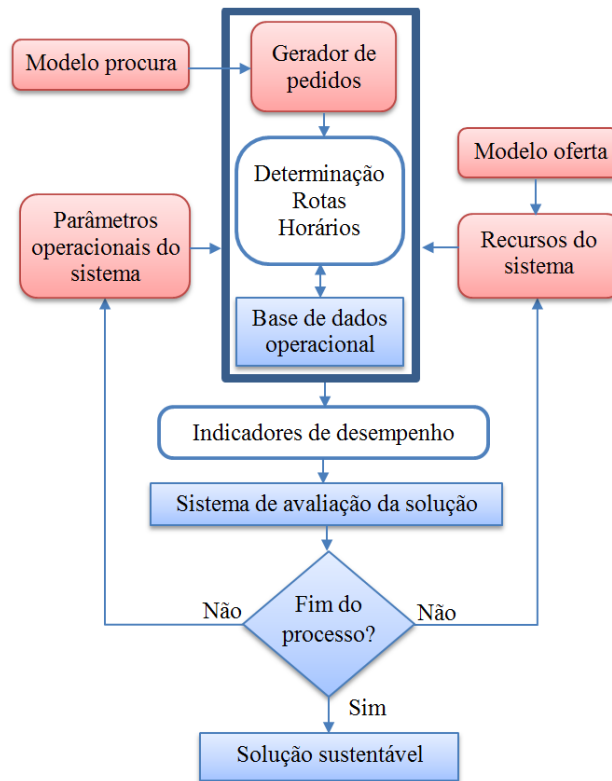


Figura 4.3. Estrutura conceitual do sistema de apoio à decisão (SAD).

O simulador constitui um elemento chave da *framework*, por poder representar o funcionamento de qualquer sistema de transporte específico em qualquer cenário real. Os processos de simulação e avaliação são iterados, enquanto não se encontra uma solução sustentável, reajustando-se os parâmetros e os recursos disponíveis a cada passo (ciclo). A avaliação do serviço é altamente dependente da sua especificação (configuração) em termos de parâmetros, decisões de flexibilidade dos serviços espacial e temporal.

As regras e parâmetros de funcionamento, tal como já foi referido anteriormente, incluem geralmente a flexibilidade (espacial ou temporal), a regularidade do serviço (em que dias funciona), a articulação com outros serviços (TP regular, por exemplo), a antecedência mínima com que podem efetuar a reserva de viagem, as janelas temporais e as tolerâncias

aceitáveis quer para o cliente (marcar/cancelar a viagem e horário para estar na paragem) quer para os veículos (hora a chegar à paragem de origem e/ou destino).

O SAD integra todas as tecnologias e componentes, e recorre aos referidos processos de simulação e avaliação sucessivas, registando todos os eventos ocorridos em cada *run* numa base de dados. O recurso a modelos de simulação justifica-se, recorde-se, pela típica complexidade do sistema a formular. A simulação também permite a visualização do funcionamento (virtual) do sistema de transporte, permitindo assim uma melhor compreensão dos efeitos de se optar por diferentes configurações do DRT.

4.3.1. Funcionamento do sistema de apoio à decisão para o projeto do serviço DRT

Um SAD integra várias tecnologias modernas e avançadas e fornece apoio global a vários níveis no seu processo de tomada de decisão, procurando melhorar o desempenho do custo/eficiência do serviço DRT (Figura 4.4).

As tecnologias incluídas, ao nível do planeamento, são: i) as análises prospetivas integradas que incluem o módulo do simulador com formulação de cenários proactivos para testar e analisar parametrizações alternativas do DRT e, ii) as tecnologias de dados estruturados e informação integrada que incluem as ferramentas de análise e BI que permitem definir padrões e avaliar o serviço através do cálculo de indicadores de desempenho.

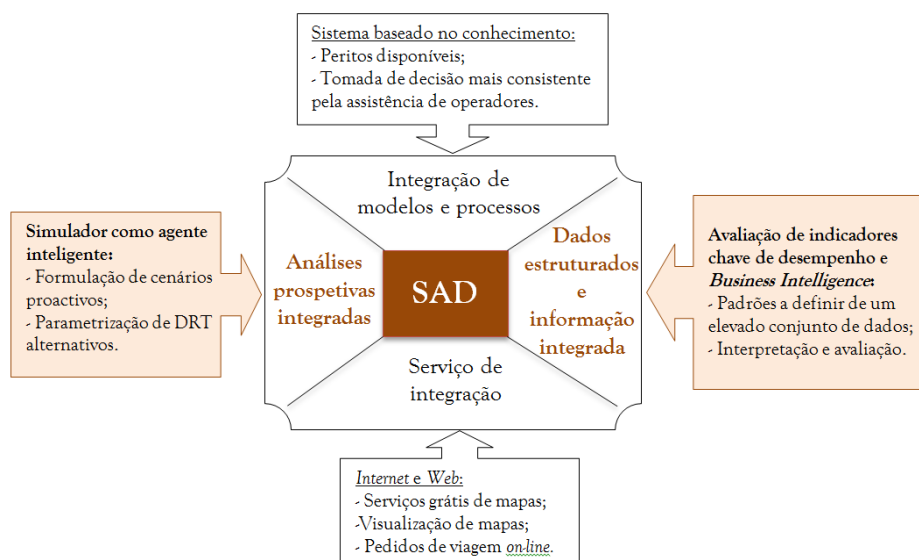


Figura 4.4. Tecnologias do SAD para sistemas DRT. Adaptado de Liu *et al.* (2010).

As possíveis tecnologias para apoiar o nível operacional são, entre outras: i) as tecnologias de integração de modelos e processos, que incluem peritos que possibilitam a tomada de decisão com maior consciência do que realmente é mais adequado para a área de implementação; ii) os serviços de integração, que incluem um portal *web* para realização de pedidos *on-line* e os módulos de comunicação e de SIG permitindo a visualização em mapas dos pedidos de viagens.

Na fase de planeamento, as tecnologias estão interligadas no SAD constituindo os *hardwares* (equipamentos de informação e comunicação) e os *softwares* (VRP e simulador) incluindo componentes e subcomponentes (Figura 4.6).

A aplicação informática do SAD integra quatro módulos principais:

- viii) o simulador (gera os pedidos e emula comportamentos);
- ix) a base de dados (guarda todas as informações da oferta, procura e comportamentos);
- x) o VRP (efetua o planeamento das rotas e horários); e
- xi) as ferramentas avançadas de análise e BI (resultados exportados de forma sintetizada sob a forma de indicadores de desempenho).

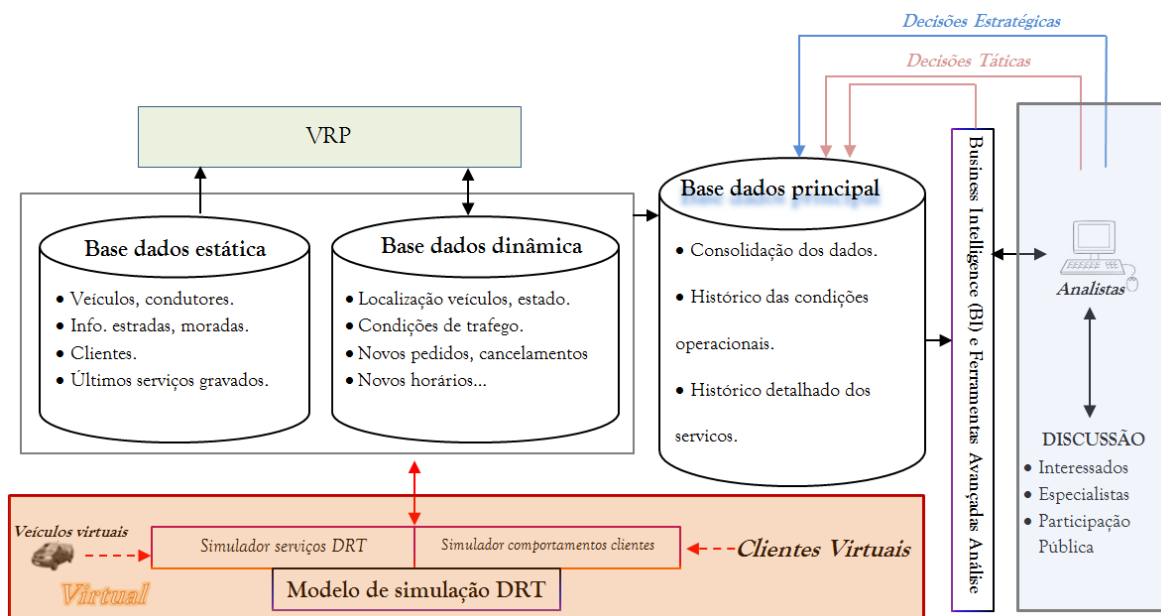


Figura 4.5. SAD para o planeamento do sistema DRT. Adaptado e estendido de Fu (2002b).

i) Simulador:

O simulador incorpora o modelo de procura, que permite gerar os pedidos e simular os seus comportamentos, concretamente, quais os locais de partida e de chegada e quais os respetivos horários e frequências. Baseia-se em informação da área, da população residente, das suas faixas etárias e seus motivos de deslocação.

Incorpora também o modelo de oferta do serviço que contém os recursos disponíveis e os parâmetros operacionais definidos para o serviço.

ii) Base de dados:

Toda a informação sobre a procura, os recursos disponíveis e as regras de funcionamento do modelo de oferta, assim como o comportamento dos passageiros e a deslocação dos veículos resultantes da simulação são guardados na base de dados do SAD.

Sempre que um veículo chega a uma paragem são guardadas as informações sobre:

- A hora de chegada do veículo à paragem;
- A hora a que todos os clientes desembarcam (caso exista);
- A hora a que o cliente chega à paragem (antes ou depois do veículo, dentro do horário previsto ou fora do horário previsto, dentro do limite de espera ou se não comparece - fora do limite de espera);
- A hora de partida do veículo da paragem (retificando horário se necessário);
- A hora prevista de chegada à próxima paragem (com base na hora de partida e no tempo gasto a chegar entre dois pontos).

A ferramenta SIG incluída no SAD, permite obter informações, com uma base de dados própria, através de componentes de análise estatística sobre as paragens mais utilizadas, as origens e os destinos mais realizados, as várias configurações da área, nomeadamente, as coordenadas dos pontos a serem percorridos pelos veículos, as respetivas distâncias e as informações necessárias sobre os trajetos, entre outros.

O módulo de SIG incorpora a rede viária, todos os dados da procura e oferta que serão georreferenciados (por exemplo, moradas de clientes, paragens oficiais do TP regular, locais de destino), permite consultar dados sobre: as estradas, as informações da procura (horários, origens, destinos) e as informações de mobilidade.

iii) VRP:

Para simular o deslocamento dos veículos do serviço DRT, é necessário definir previamente as respetivas rotas e horários, bem como os veículos a utilizar em cada caso. As maiores preocupações a este nível estão na otimização dessas rotas e horários (VRP), no encaminhamento dos veículos, e na previsão dos tempos, etc., por forma a obter as maiores (possíveis) taxas de ocupação dos veículos.

Quanto maior o número de restrições (número de clientes, regras de funcionamento, capacidade dos veículos, janelas temporais e tolerâncias), mais difícil será resolver o VRP (ex., mais demorado será obter uma solução com determinada qualidade, ou mais pobre será a solução obtida em tempo útil). Um aumento da complexidade computacional faz com que os métodos exatos sejam muito morosos. Assim, o recurso a heurísticas possibilitará, em geral, a obtenção de boas soluções (satisfatoriamente próximas da solução ótima), com menor carga computacional que os métodos exatos.

O encaminhamento dos veículos é efetuado através de critérios de escolha racionais, selecionando, entre os veículos disponíveis, aqueles que tiverem uma lotação mais apropriada ao número de pedidos para a rota vai efetuar.

Para a definição dos horários, é importante proceder à previsão dos tempos de viagem entre paragens. Nas áreas rurais, é normalmente adequado efetuar essas previsões essencialmente através das condições normais (velocidade média) de circulação sem efeitos de congestionamento. No entanto, pode não ser de descurar a eventual influência que condições meteorológicas adversas podem ter, em determinadas áreas ou locais específicos da rede viária do território de intervenção, em limitados períodos do ano (ex., gelo ou neve nos meses de Inverno pode condicionar a mobilidade em muitas vias).

De uma forma geral, o planeamento operacional consiste ou visa:

- A gestão dos pedidos;
- A definição eficiente dos horários;
- O aumento do número de passageiros por viagem;
- A redução do desfasamento entre os horários pretendidos e os realizados;
- A redução do número de veículos a destacar para determinada rota;
- A redução da quilometragem desnecessária;

- A redução dos custos operacionais;
- O aumento da qualidade do serviço;
- A integração de ferramentas gráficas de localização dos veículos;
- A realização de análises estatísticas; e
- A identificação de indicadores espaço-temporais.

iv) Ferramentas avançadas de análise e business intelligence:

As ferramentas de *Business intelligence* (BI) incluem um conjunto de técnicas analíticas, estatísticas e de inteligência artificial, que juntamente com tecnologias gráficas sofisticadas possibilitam aos decisores transformar o conjunto de dados disponíveis (na base de dados do SAD) em informação útil para as suas decisões.

Importa perceber que as ferramentas de simulação e BI podem ser vistas como complementares para o suporte à tomada de decisão. Contudo, na literatura, apenas algumas tentativas no uso de tecnologias de investigação (ex., simulações) juntamente com as capacidades de análise de dados históricos de BI têm sido reportadas. Por exemplo Sabbour *et al.* (2012) utilizou simulações visuais interativas coordenadas com BI para suportar decisões ao nível estratégico.

Assim, é importante incorporar sistemas de previsão fiáveis capazes de avaliar antecipadamente o impacto de pequenas alterações nos planos estratégico e tático (através de análises de sensibilidade). Isto poderá ser efetuado integrando componentes de análise condicional, através de simulações, cujo objetivo é inspecionar o comportamento de sistemas complexos segundo determinados cenários.

Os indicadores de desempenho são o meio de avaliação dos resultados. Existe um vasto número de indicadores de desempenho para o controlo do serviço (monetário e não monetário) (Anexo A). O seu cálculo efetua-se recorrendo às ferramentas avançadas de análise.

Funcionamento

Os resultados da simulação de cada novo cenário ou configuração do sistema são exportados sob a forma de indicadores de desempenho para uma base de dados especificamente criada para o efeito.

Quando a avaliação do serviço não se revela satisfatória (solução inviável ou “insustentável”, ou a solução é de pior qualidade do que a melhor encontrada até ao momento – a solução incumbente), reinicia-se o processo iterativo de redefinição ou reajustamento dos parâmetros de entrada do sistema em estudo (ex., regras de funcionamento específicas, tal como, amplitude das janelas temporais e tolerâncias), volta-se a gerar novos pedidos e o SAD volta a obter uma nova solução. A nova solução é então avaliada e analisada comparativamente, podendo ou não gerar um novo ciclo processual.

Quando, por fim, se optar por terminar o ciclo de simulação e análise de soluções alternativas, sendo pois suposto ter-se uma solução (incumbente) o mais satisfatória possível (tanto quanto terá sido possível obter), pode concluir-se que os parâmetros funcionais definidos serão provavelmente os mais adequados para o sistema em estudo: i) dimensão da frota; ii) capacidade de cada veículo e, iii) o nível de proximidade das paragens aos locais de origem e destino mais ajustados à área de estudo, etc.

4.3.2. Funcionamento do sistema de apoio à decisão para a implementação do serviço

O SAD pode ser direcionado para a gestão operacional servindo de apoio aos *stakeholders* na fase operacional de um serviço DRT, como já foi referido, na secção 4.1.2 iii) Gestão operacional.

O SAD operacional interage com clientes reais e é constituído por componentes de comunicação com os clientes (portal-*web*, atendedores de chamadas), componentes de comunicação com os veículos (expedidores), tem um módulo de otimização de rotas e horários (VRP), e de encaminhamento de veículos, ferramentas SIG, possui ainda subcomponentes de base de dados operacional (estática e dinâmica) que guardam toda a informação dos serviços e uma subcomponente de análise de desempenho do serviço (Figura

4.6). Esta fase operacional está fora do âmbito desta tese, podendo a implementação real ser efetuada e avaliada em trabalho posterior.

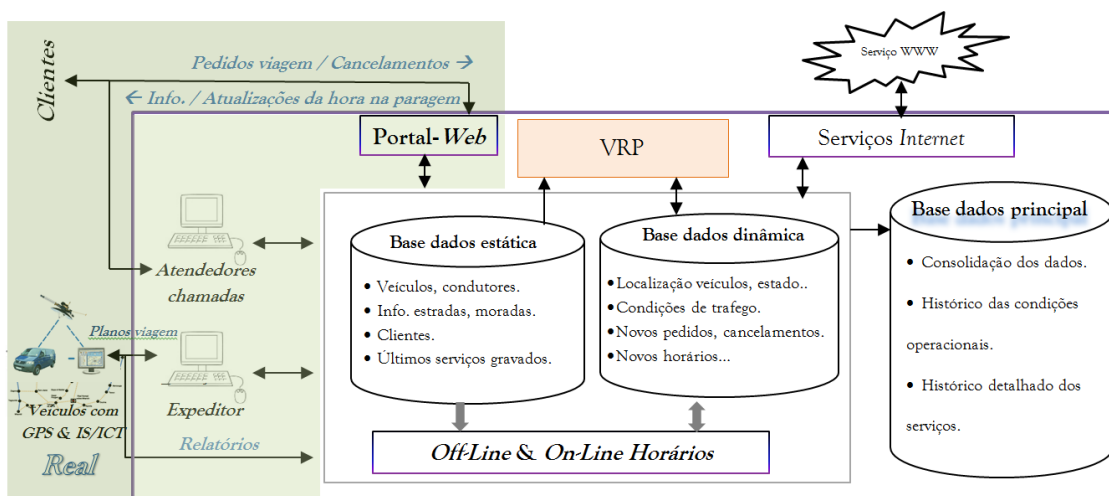


Figura 4.6. SAD para a operacionalização do sistema DRT. Adaptado e estendido de Fu (2002b).

A utilização de um SAD ao nível operacional, recorrendo a ITS permite aumentar a capacidade do serviço, reduzir as despesas operacionais e obter informações mais rápidas e pormenorizadas.

Ao nível operacional, o SAD requer como parâmetros de entrada todos os constituintes do sistema de transporte, nomeadamente a procura real e respetiva matriz OD, a oferta (definido na fase de projeto), e a rede viária.

Os pedidos de viagem são efetuados por telefone, *email* ou SMS, as pessoas indicam os horários pretendidos e respetivas origens e destinos. Cria-se a matriz OD e define-se a janela temporal para o veículo ir recolher o cliente. Guardam-se as informações históricas da procura e do serviço na base de dados do sistema.

Recorrendo ao método de solução para o VRP e baseando-se na informação histórica, prevê-se os tempos de deslocação, facilitando a tomada de decisão.

Com o módulo SIG é possível visualizar, para cada pedido, os percursos previstos, fornecendo uma perspetiva integrada de todo o sistema e a sua dinâmica, possibilitando uma tomada de decisão com maior facilidade e confiança nos resultados.

Um outro módulo importante para a gestão, operacional é o módulo de comunicação com os clientes (tecnologias de serviços de integração referidos na Figura 4.4).

Como resultados, tem-se os relatórios do serviço: o número de veículos necessários e a respetiva capacidade, a identificação das localizações por onde passa cada veículo, o registo dos horários de chegada e de saída de cada veículo das paragens, o registo de atrasos (cliente e/ou veículo) e os valores dos indicadores de desempenho do sistema.

Com uma monitorização operacional diária do serviço, é possível avaliar o seu funcionamento. Analisando-se a evolução dos indicadores de desempenho ao longo do tempo, permite-se reavaliar regularmente a viabilidade e sustentabilidade do sistema, corrigir ou reajustar parâmetros ou regras de funcionamento, de forma semelhante ao projeto e processo de planeamento descrito anteriormente para uma fase de pré-implementação (Secção 4.3.1), onde agora o simulador do funcionamento do sistema é “substituído” pela própria realidade, i.e. pelo DRT em operação.

A monitorização deve ser continuada ao longo de todo o período de vida do sistema, mas tem uma especial importância durante a fase de implementação, na qual há ainda a oportunidade de perceber eventuais novos fatores de decisão (não previstos anteriormente na fase de planeamento estratégico e tático), e de observar a evolução e eventuais desvios de outros fatores (ex., nível de adesão aos serviços).

4.4. Síntese

Neste capítulo define-se uma metodologia a seguir para a implementação de um serviço DRT em áreas rurais. Dessa metodologia salienta-se a necessidade de avaliar a área de implementação (incluindo infraestruturas e condições de mobilidade das vias, características demográficas e socioeconómicas, etc.), de analisar o enquadramento legal, de construir um modelo organizacional e de definir um modelo financeiro que suporte grande parte dos custos.

É necessário também definir, com o maior realismo possível, o modelo de procura e de oferta do novo serviço DRT (incluindo uma previa configuração das regras de funcionamento do mesmo).

Finalmente, recorrendo à ferramenta de apoio à decisão aqui proposta, espera-se conseguir definir, com mais rigor, uma configuração ou especificação de DRT que melhor se adequa à realidade em estudo. Esta adequação deve ser medida em termos de medidas de desempenho e sustentabilidade do sistema a implementar.

Este capítulo permite a compreensão da complexidade associada ao projeto e à implementação de um sistema de transporte flexível DRT, assim como a identificação das necessidades de recorrer a uma ferramenta de apoio à decisão que integrem várias tecnologias (SAD) na fase de projeto.

Esta ferramenta é essencial, também posteriormente, na fase operacional para a otimização das rotas e horários para responder à procura (SAD operacional).

No capítulo seguinte será apresentado o estudo de caso para a validação desta ferramenta com especificações mais concretas sobre os aspetos genericamente analisados neste capítulo.

5.

ESTUDO DE CASO

O objetivo deste capítulo é descrever o estudo de caso que será utilizado na validação da abordagem proposta para avaliar a sua adequabilidade como ferramenta de simulação de um serviço de transportes flexível. Para o efeito, foi desenvolvido um estudo de caso tendo-se selecionado uma região do Distrito de Braga, no norte de Portugal.

Este capítulo inicia-se com a descrição da área de estudo: suas características socioeconómicas, a caracterização da mobilidade da população residente e a oferta de TP existente. A metodologia usada neste processo de recolha e análise da informação é também descrita. Adicionalmente analisa-se o enquadramento legal Português para os serviços de TP existentes e a possibilidade de soluções de TP mais flexíveis.

Relativamente à metodologia de planeamento de sistemas DRT, proposta no Capítulo 4, define-se aqui a primeira fase, i.e. a “Avaliação inicial”. No entanto, para a fase de “Projeto do DRT”, considera-se apenas o registo e análise crítica da situação atual, da mobilidade e acessibilidade dos residentes do concelho de Terras de Bouro, e para além disso, definem-se os parâmetros (recursos, regras funcionais e gestão operacional) a incorporar no SAD para a simulação do serviço, para posterior avaliação, já no Capítulo 6, dos indicadores de desempenho que são obtidos alterando os cenários e definido parâmetros alternativos de funcionamento.

5.1. Introdução – metodologia de investigação

A metodologia de investigação baseia-se em estudo de caso. Um estudo de caso é um método de investigação muito utilizado que caracteriza e analisa pormenorizadamente um determinado sistema através de investigação empírica pesquisando fenómenos contemporâneos num contexto real (Yin, 2002; Myers e Newman, 2007).

Neste estudo consultaram-se fontes primárias e fontes secundárias. Fontes primárias são fontes de informação em que o investigador recolhe os dados diretamente a partir do sistema através de trabalhos de campo (ex., contagens, medições, inquirição de stakeholders, etc.). Fontes secundárias referem-se a qualquer informação obtida de forma indireta, nomeadamente reportada em publicações científicas ou não (ex., livros, artigos, relatórios e bases de dados oficiais, etc.). Neste caso particular, consultaram-se, como fontes secundárias, vários artigos científicos (referidos nos Capítulos 2 e 3), a base de dados estatísticos do Instituto Nacional de Estatística (INE), bem como alguns livros e relatórios técnicos de projetos (ex., ARTS, ASTRA, SAMPLUS). Como fontes primárias, realizaram-se inquéritos à população residente em Terras de Bouro, entrevistas aos Presidentes de Junta de Freguesia dos concelhos, e recolha de informação sobre o atual sistema de TP junto dos operadores da área (ex., Transdev).

O inquérito à população foi realizado com o objetivo principal de complementar os dados do INE, nomeadamente sobre questões de mobilidade. O inquérito foi realizado a 231 pessoas residentes no concelho de Terras de Bouro, com 95% de significância, através de perguntas fechadas (Anexo B).

Adicionalmente foram realizadas entrevistas semiestruturadas aos Presidentes de Junta das 17 freguesias do concelho.

Este processo de recolha de dados, inquéritos e entrevistas, realizados no âmbito do projeto ASTRA, em 2008, permitiram inferir alguns dados estatísticos e factuais, nomeadamente:

- Quais os padrões atuais de mobilidade mais frequentes no que se refere a origens e destinos (construção da matriz OD);
- Quais os modos de transporte utilizados;
- Quais os motivos das deslocações;

- Quais os horários em que se deslocam (definição das proporções da população que se desloca na matriz OD);
- Localização exata das paragens de TP regular existentes;
- Dentro de cada freguesia, estimativa dos polos populacionais (geografia e número de residentes) e paragens de TP regular próximas, bem como a distância pedonal dos polos às paragens.

5.2. Caracterização da área de estudo

5.2.1. Geografia, demografia e socio economia

A região do Vale do Cávado é constituída por 6 concelhos (Amares, Barcelos, Braga, Esposende, Terras de Bouro e Vila Verde) e 265 freguesias.

A região do Vale do Cávado tem uma área de 1242 km², com uma população residente, em 2011, de 410 mil pessoas, ou seja, com uma densidade populacional de 330,2 hab./km² (superior à média nacional de 115,3 hab./km²). No entanto, esta densidade não é homogénea entre os diversos concelhos da região. O concelho de Terras de Bouro tem uma área total de aproximadamente 277,5 km², num conjunto de 17 freguesias, e uma densidade populacional média de aproximadamente 27 hab./km².

O concelho de Terras de Bouro localiza-se a norte de Portugal, na região do Minho, no Vale do Cávado, distrito de Braga (Figura 5.1).

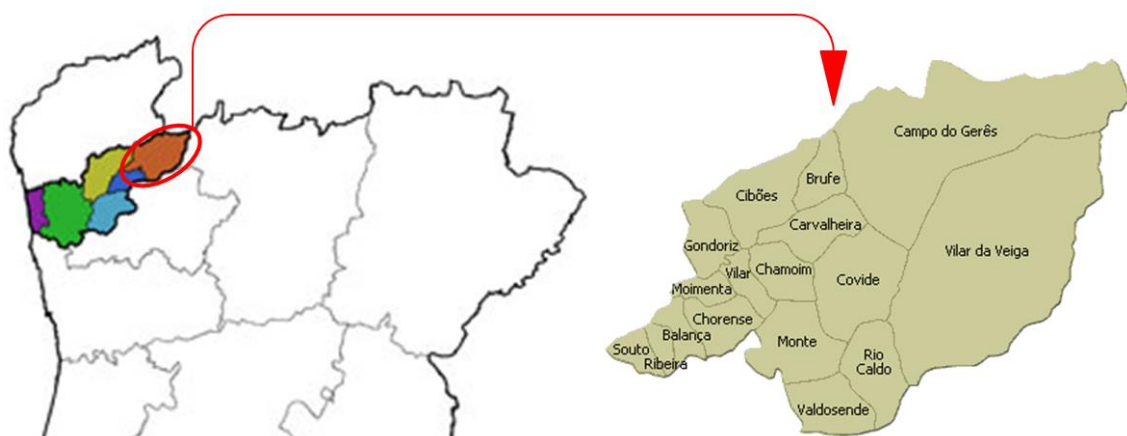


Figura 5.1. Vale do Cávado, concelho de Terras de Bouro e suas freguesias.

Em quase todas as 17 freguesias deste concelho, as densidades populacionais são inferiores à média nacional (115,3 hab./km²), com a exceção de Moimenta com 243 hab./km² e Souto com 124,1 hab./km² (Tabela 5.1).

Tabela 5.1. Densidade populacional no concelho de Terras de Bouro. Fonte: INE (Censos 2011).

Região	Densidade populacional	Região	Densidade populacional
Continente	115,3 hab./km ²	Freguesia de Covide	17,3 hab./km ²
Vale do Cávado	329 hab./km ²	Freguesia de Gondoriz	35,2 hab./km ²
Concelho Terras de Bouro	27 hab./km ²	Freguesia de Moimenta	243 hab./km ²
Freguesia de Balança	76,6 hab./km ²	Freguesia de Monte	8,8 hab./km ²
Freguesia de Brufe	7,8 hab./km ²	Freguesia de Ribeira	99,2 hab./km ²
Freguesia de Campo do Gerês	2,6 hab./km ²	Freguesia de Rio Caldo	79,6 hab./km ²
Freguesia de Carvalheira	38,9 hab./km ²	Freguesia de Souto	124,1 hab./km ²
Freguesia de Chamoim	39,3 hab./km ²	Freguesia de Valdosende	57,5 hab./km ²
Freguesia de Chorense	60,5 hab./km ²	Freguesia de Vilar	32 hab./km ²
Freguesia de Cibões	24,5 hab./km ²	Freguesia de Vilar da Veiga	15,4 hab./km ²

Segundo a classificação das freguesias efetuado pelo INE (Instituto Nacional de Estatística), em função da densidade e ocupação humana, as freguesias de Terras de Bouro são áreas predominantemente rurais, uma vez que nenhuma possui densidade populacional superior a 100 hab./Km² nem integra um lugar com população residente superior ou igual a 2000 habitantes (Figura 5.2).

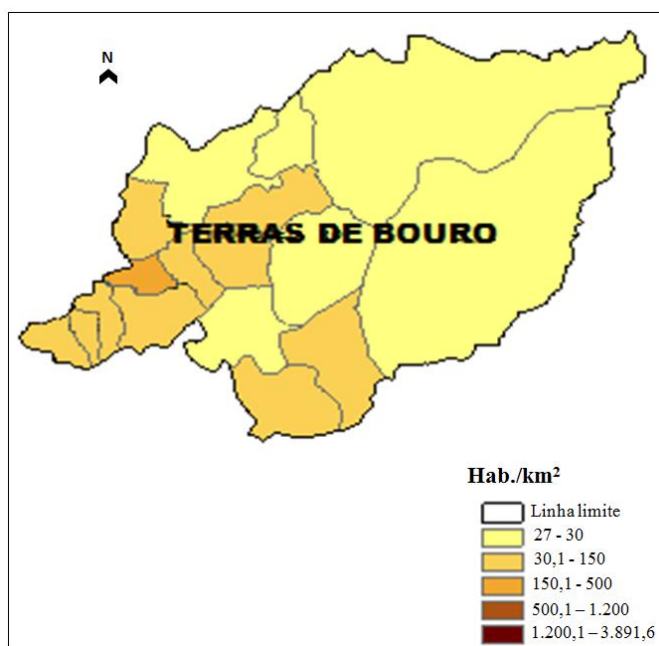


Figura 5.2. Densidade populacional da área de estudo. Fonte: INE.

A área do concelho de Terras de Bouro apresenta características rurais de dispersão e despovoamento e já foi alvo de alguns estudos de mobilidade (ex., AMVC, 2005; Ferreira, 2008).

A seleção deste concelho para a realização do presente caso de estudo deve-se principalmente ao facto de ser um território onde os transportes públicos abandonaram muitas concessões e reduziram muito a oferta, por não apresentarem procura suficiente que viabilize financeiramente os TPs regulares e onde os problemas de mobilidade, embora não analisados objetivamente, são já por demais evidentes.

Para a caracterização da população residente no concelho recorreu-se à base de dados do INE, mais concretamente, aos dados dos censos de 2001 e 2011. Através destes dados obteve-se informação relevante relativamente à variação populacional global e por faixas etárias, à densidade populacional, ao índice de dependência e de envelhecimento, à percentagem de população ativa, à variação em termos de empregabilidade e aos rendimentos do agregado familiar.

Dos censos realizados em 2001 e 2011, verificou-se (Figura 5.3) que:

- i) A região do Cávado teve um aumento populacional de 4,17%, superior ao aumento da média nacional que foi apenas de 1,81%;
- ii) O concelho de Terras de Bouro registou um declínio da população global de 13,14%.

Verificou-se uma quebra populacional em praticamente todas as freguesias do concelho, à exceção de Ribeira que registou um aumento (10,5%), possivelmente por se encontrar próxima da sede de concelho e ao mesmo tempo situada próxima dos limites dos dois concelhos vizinhos, Amares e Vila Verde, com bons acessos viários para as respetivas sedes de concelho.

A população residente total do concelho de Terras de Bouro, à data dos censos de 2011, era de 7253 indivíduos.

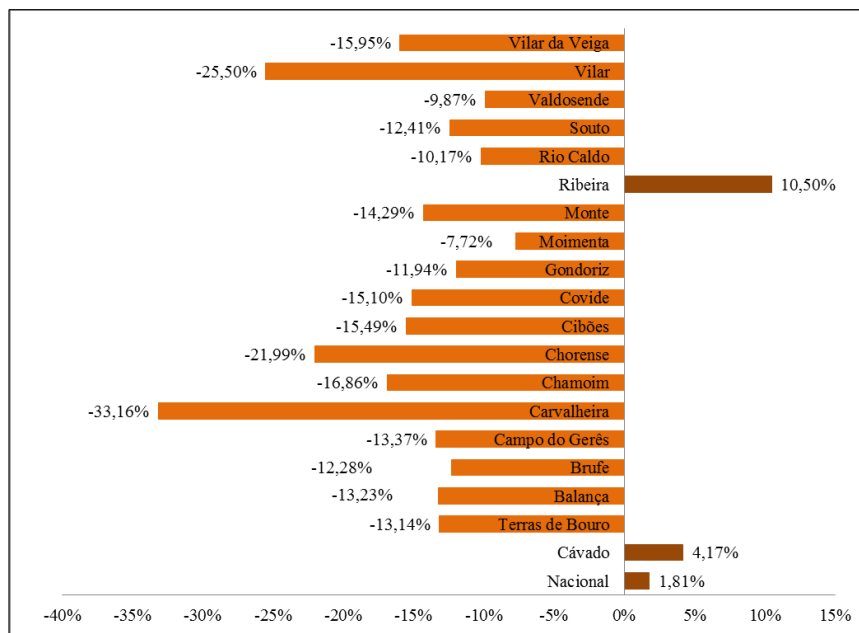


Figura 5.3. Variação da população residente entre 2001 e 2011. Fonte: INE (Censos).

De 2001 para 2011, verificaram-se oscilações na constituição das faixas etárias dos residentes de Terras de Bouro, havendo uma diminuição das faixas etárias mais baixas (-3,6% para crianças abaixo dos 14 anos e -3,5% para jovens dos 15-24 anos) e um aumento das faixas etárias mais altas (+3,7% para população em idade ativa, dos 25-64 anos e +3,3% para idosos com mais de 65 anos).

A população mais jovem (0-24 anos) e a mais idosa representam, cada uma, cerca de um quarto da população total do concelho com 24,5% e 24,6%, respetivamente, e os residentes de idade ativa (25-64 anos) representam cerca de metade da população total, com 50,9% (Figura 5.4).

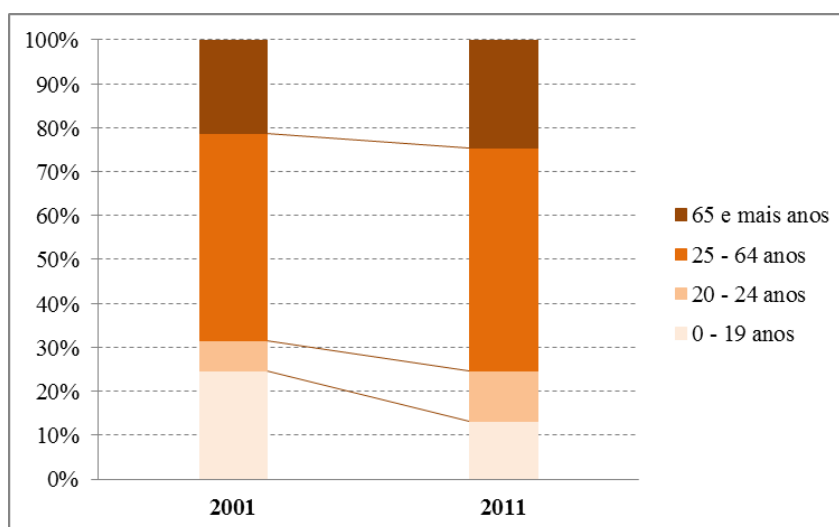


Figura 5.4. Variação da população de 2001 para 2011 por faixas etárias. Fonte: INE (Censos).

No que diz respeito à dimensão do agregado familiar, em 2001 havia no concelho 2624 famílias, com uma dimensão média de agregado familiar de 3,2 pessoas. Em 2011 o número de famílias era de 2492 e uma dimensão média dos agregados de aproximadamente de 2,9 pessoas, tendo-se verificado uma redução de cerca de 5% no número de famílias no concelho e cerca de 9% na dimensão média do agregado familiar (face a 2001). Estes factos evidenciam o crescente despovoamento territorial, quer em número de famílias, quer na sua dimensão.

O nível de escolaridade no concelho aumentou de 2001 para 2011, cerca de 25%, para a qualificação académica igual ou superior ao 3º ciclo do ensino básico (Figura 5.5). E, ainda segundo o INE, a taxa de abandono escolar no concelho diminuiu de 4,12% em 2001, para 1,13% em 2011 (inferior à taxa de abandono escolar nacional 1,54%).

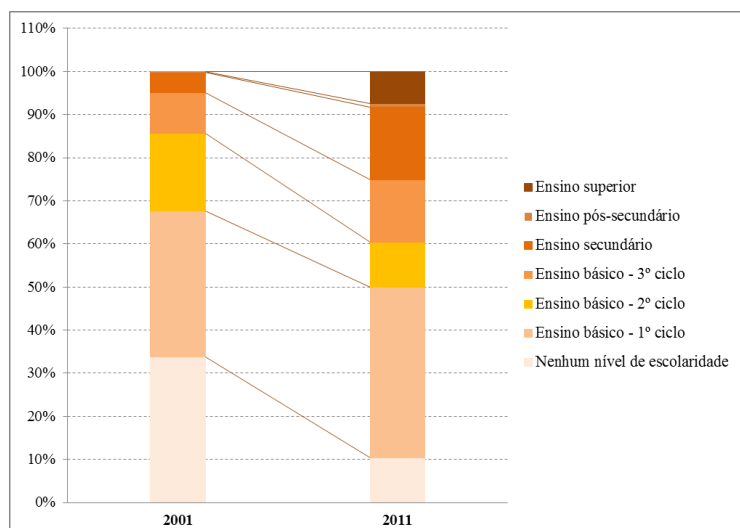


Figura 5.5. Distribuição da população por nível de escolaridade. Fonte: INE (Censos).

No que se refere ao emprego no concelho de Terras de Bouro, o número de pessoas empregadas de 2001 para 2011 diminuiu cerca de 6% (Figura 5.6).

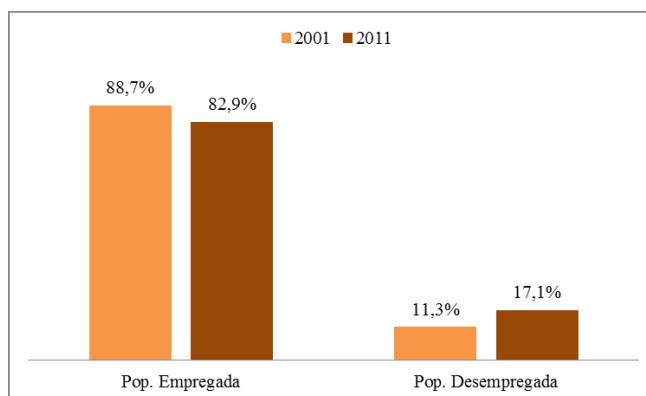


Figura 5.6. Variação da população empregada/desempregada em Terras de Bouro. Fonte: INE (Censos).

Na região do Vale do Cávado, verificou-se um decréscimo na população ativa: de 203 mil indivíduos (49,6%) em 2001 passou-se para cerca de 177 mil (32,2%), em 2011. Em Terras de Bouro, a taxa de atividade baixou em média de 35,8% para 32,3% no mesmo período de tempo (Tabela 5.2). Esta redução (média) na taxa de atividade não foi homogénea em todas as freguesias do concelho: por exemplo, Chamoim e Choreense registaram descidas de 12,3% e 11,6%, respetivamente, enquanto Monte registou um aumento de 26,5%.

A população empregada em 2011 distribuía-se pelos três principais setores de atividade (Tabela 5.2). Apesar do concelho de Terras de Bouro ser considerado um concelho predominantemente rural (pelos indicadores urbanos do INE), a principal atividade do concelho são os serviços (setor terciário), com 1500 indivíduos, correspondendo a 67,3% da população ativa, seguida da indústria (setor secundário) com 25,1%, sendo a agricultura (setor primário) o setor com peso mais reduzido.

Esta ordem dos setores de atividade verifica-se não só em termos médios do concelho, como também nas diferentes freguesias que o constituem, à exceção da freguesia Monte onde, em segundo lugar figura o setor primário (agricultura) e em terceiro, o setor secundário (indústria).

Tabela 5.2. População ativa empregada por sector de atividade e taxa de atividade. Fonte: INE (Censos).

	Residentes empregados em 2011				Taxa de atividade	
	Setor primário	Setor secundário	Setor terciário	Total	2001	2011
Continente	121.055	1.115.357	2.913.840	4.150.252	48,4%	47,6%
Cávado	4.263	69.908	103.430	177.601	49,2%	49,6%
Terras de Bouro	170	561	1.504	2.235	35,8%	32,3%

O índice de renovação da população em idade ativa sofreu uma redução, a nível nacional de 143 para 92 entre 2001 e 2011, o que significa que por cada 100 pessoas que saíram do mercado de trabalho, entraram 92 (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Índice de renovação da população ativa entre 2001 e 2011. Fonte: INE (Censos).

Índice de renovação da população em idade ativa por residência (%)	
Continente	92,78
Cávado	117,33
Terras de Bouro	88,67

Em 2011, no concelho de Terras de Bouro, o índice de renovação da população era cerca de 88 (inferior ao índice nacional, cerca de 92). Assim como na maioria das freguesias do concelho, os valores deste índice figuraram abaixo de 100, revelando que são mais as pessoas que saem do mercado de trabalho do que as que entram (reformados ou desempregados), o que significa que, na última década, se agravaram as condições de sustentabilidade e rejuvenescimento da população ativa.

Sobre a obtenção do rendimento dos residentes, de 2001 para 2011, verificou-se uma diminuição de 22% no rendimento por “trabalho” e uma diminuição de 28% nos rendimentos “a cargo da família”. No entanto, registou-se um aumento de 52% no conjunto das reformas e pensões (Figura 5.7).

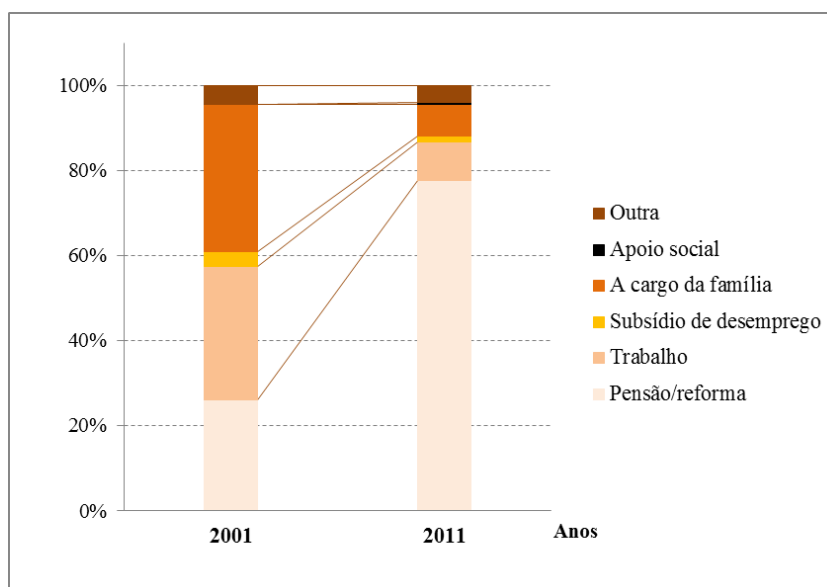


Figura 5.7. Variação das fontes de rendimento da população. Fonte: INE (Censos).

No período entre 2001 e 2011, em Terras de Bouro, houve um acréscimo do índice de dependência (ID) de idosos (razão entre o número de idosos com mais de 65 anos e a população ativa) de cerca de 5,2% (passou de 34,1% para 39,3%), constituindo um aumento praticamente igual ao que foi registado na média nacional (5,3%).

No que diz respeito ao ID de jovens (razão entre o número de jovens com menos de 14 anos e a população ativa) decresceu, em Terras de Bouro, cerca de 5,8%, neste caso a contrastar com o valor de 0,6% de decréscimo registado na média nacional (Figura 5.8).

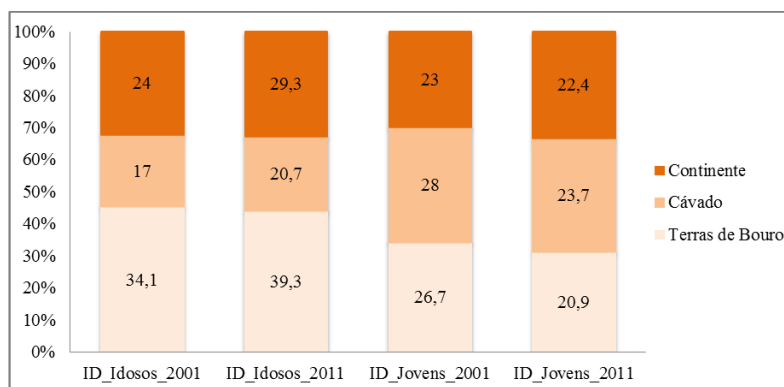


Figura 5.8. Índice de dependência da população. Fonte: INE (Censos).

Outro dos índices analisados foi o índice de envelhecimento da população residente (IE). Através deste índice, calcula-se o número de indivíduos idosos com idade superior a 65 anos por cada 100 indivíduos jovens com 14 ou menos anos de idade. O IE da população nacional, em 2011, era de aproximadamente 128% (foi 102% em 2001), o que significa que por cada 100 jovens há 128 idosos.

Apesar do IE na região do Cávado ser de 87,4%, em 2011, nas freguesias de Terras de Bouro os valores são mais gravosos (todas as percentagens das freguesias são superiores a 100%) revelando uma população cada vez mais envelhecida (Tabela 5.4).

Tabela 5.4. Índice de dependência da população residente por freguesias. Fonte: INE (Censos 2011).

Índice de Envelhecimento (%)	
Continente	131,3
Cávado	87,4
Terras de Bouro	189,5
Balança	237,1
Brufe	228,6
Campo do Gerês	147,8
Carvalheira	297,4
Chamoim	186,7
Chorense	203,8
Cibões	458,1
Covide	367,7
Gondoriz	162,0
Moimenta	135,3
Monte	269,2
Ribeira	152,8
Rio Caldo	154,6
Souto	142,2
Valdosende	173,9
Vilar	375,0
Vilar da Veiga	160,5

5.2.2. Mobilidade

Os fatores demográficos da população influenciam a forma e a frequência das deslocações. A maior facilidade de aquisição a meios de transporte motorizados é uma característica

marcante para alguns residentes rurais, aumentando a sua mobilidade e acesso a bens e serviços.

As durações médias das viagens são fatores de influência para a escolha do meio de transporte a utilizar, assim como os horários e a frequência com que o serviço é fornecido. Em Terras de Bouro, sendo esta uma área predominantemente rural e de fraca densidade populacional, não regista normalmente congestionamentos de trânsito, pelo que o tempo de deslocação, utilizando um TI ou um TP, difere, em média, apenas 2,59 minutos (Tabela 5.5).

Tabela 5.5. Duração média dos movimentos pendulares. Fonte: INE (Censos 2011).

Local de residência	Duração média dos movimentos pendulares (min) da população residente empregada ou estudante	Duração média dos movimentos pendulares (min) da população empregada ou estudante que utiliza TI	Duração média dos movimentos pendulares (min) da população empregada ou estudante que utiliza TP
Continente	20,23	18,18	34,78
Cávado	16,95	16,35	25,11
Braga	17,31	16,38	27,90
Terras de Bouro	19,73	21,11	23,70

Ao nível dos transportes, importa analisar quais os meios utilizados, pelos residentes para se deslocarem. De 2001 para 2011, o uso do automóvel no concelho aumentou, quer como condutor quer como passageiro, cerca de 14% e 8%, respetivamente (Figura 5.9), tendo-se verificado uma diminuição nas deslocações “a pé” (reduziu 16%) e no TP coletivo “autocarro” (reduziu 2,6%).

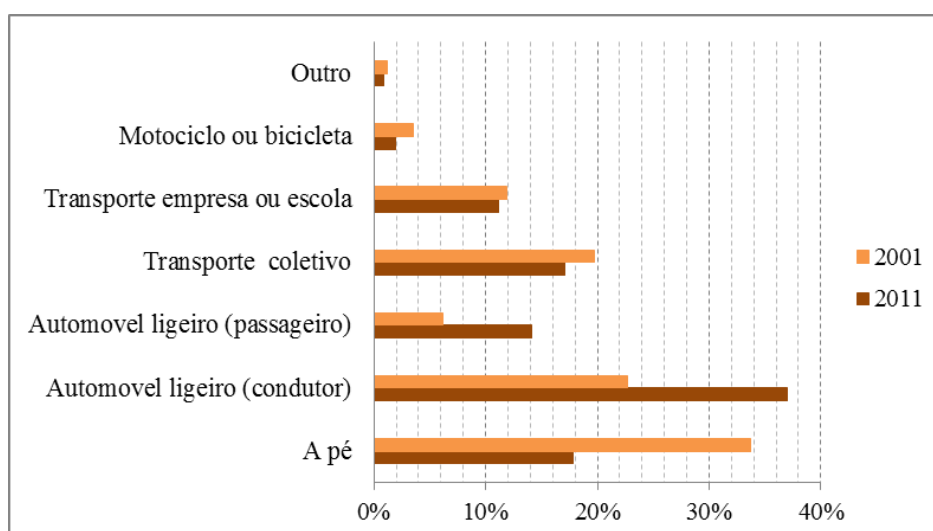


Figura 5.9. Meios de transporte utilizados no concelho de Terras de Bouro. Fonte: INE (Censos).

A informação sobre o meio de transporte mais utilizado revela existir uma acentuada dependência do automóvel para a mobilidade dos residentes (um total de cerca de 51% como condutor ou passageiro). O “transporte coletivo” na mobilidade corresponde a menos de 20% do total das deslocações dos residentes, sendo este o meio de transporte mais utilizado por aqueles que não têm acesso a meios alternativos, como é o caso dos indivíduos mais idosos e que têm fracos rendimentos. A maioria da população ativa recorre ao automóvel (Figura 5.10).

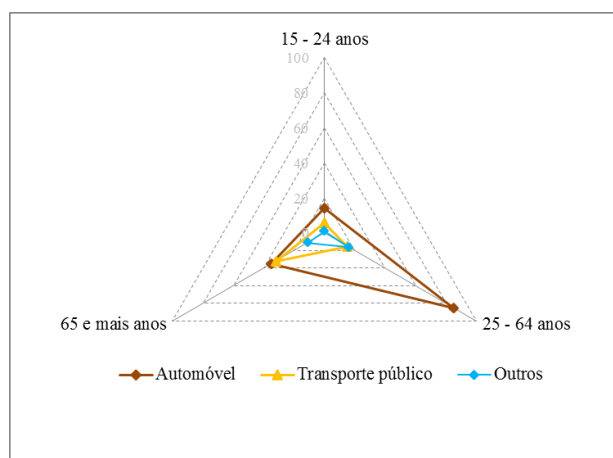


Figura 5.10. Utilização de transportes nas deslocações regulares (em Terras de Bouro). Fonte: INE (Censos 2011).

Segundo dados do INE, 82,37% da população residente no concelho de Terras de Bouro, empregada ou estudante tem uma duração média dos movimentos pendulares inferior a 31 minutos. Por outro lado, a acessibilidade intra-concelhia centrada na sede de concelho, em Moimenta, encontra-se a um tempo máximo de 35 minutos, assumindo o tempo calculado através do *Google Maps*²¹ que tem em consideração a topografia da área (aumentando ou diminuindo) para a velocidade média considerada (Tabela 5.6).

Tabela 5.6. Tempo (em min.) entre freguesias do concelho (Moimenta é a sede do concelho).

TERRAS DE BOURO	Campo										Rio			Vilar da			
	Balança	Brufe	do Gerês	Carvalheira	Chamoim	Choreense	Cibões	Covide	Gondoriz	Moimenta	Monte	Ribeira	Caldo	Souto	Valdosende	Vilar	Veiga
Balança	0																
Brufe	21	0															
Campo do Gerês	20	9	0														
Carvalheira	17	6	7	0													
Chamoim	9	21	12	9	0												
Choreense	3	19	19	16	8	0											
Cibões	13	7	17	13	12	12	0										
Covide	15	14	4	8	7	14	19	0									
Gondoriz	9	11	20	17	9	8	3	15	0								
Moimenta	3	17	17	14	6	2	9	12	6	0							
Monte	12	28	21	22	16	9	21	16	18	11	0						
Ribeira	3	22	22	19	11	6	15	17	12	6	15	0					
Rio Caldo	27	23	14	18	17	24	29	10	25	22	22	27	0				
Souto	5	24	24	20	13	9	16	19	13	7	19	2	29	0			
Valdosende	23	30	21	24	24	20	35	17	32	29	11	34	7	35	0		
Vilar	8	18	13	10	2	6	11	8	8	4	16	9	18	11	25	0	
Vilar da Veiga	31	29	20	24	23	30	34	16	31	28	25	33	6	34	10	24	0

²¹ <https://maps.google.pt/>

Dos inquéritos aos residentes e das entrevistas efetuadas aos Presidentes de Junta de Freguesia identificaram-se as necessidades de mobilidade dos residentes do concelho, segundo os eixos da rede viária existente. O grau de desejo está ilustrado na Figura 5.11.

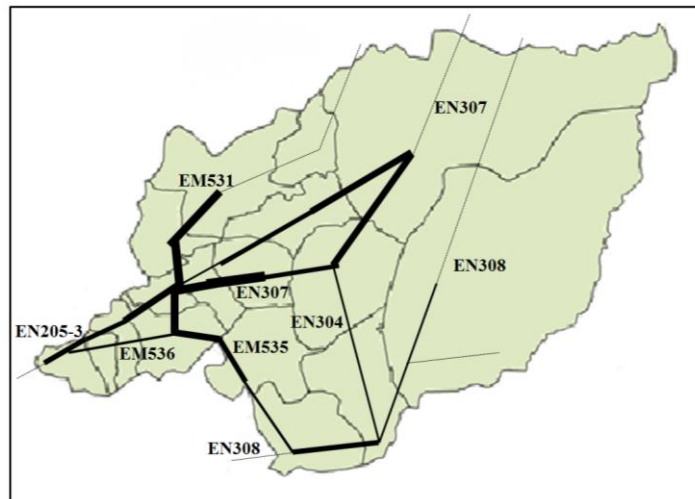


Figura 5.11. Linhas de desejo de viagem no concelho de Terras de Bouro.

Estes eixos de procura nem sempre são satisfeitos pela oferta atual dos serviços de TP regulares (ver análise da oferta).

Os motivos de deslocação referidos pelos residentes foram agrupados segundo as categorias (ex., nos projetos VIRGIL 2000, ARTS 2004, Wigglybus em Enoch, Ison *et al.* 2006):

- Trabalho;
- Compras;
- Assuntos pessoais (ir ao médico, efetuar pagamentos, tratar de assuntos nas finanças ou banco ou correios);
- Desporto e lazer (ir ao ginásio);
- Visitas a amigos ou família (ir a casa dos conhecidos e familiares).

A Tabela 5.7 apresenta a proporção da população, por faixa etária, que se desloca segundo cada motivo.

A população mais nova tem como principal motivo de deslocação o trabalho. Já para os mais idosos, o principal motivo são os assuntos pessoais, concretamente, banco/CTT (para receber a reforma) e centro de saúde.

Tabela 5.7. Proporção da população por faixa etária e motivo que se desloca no concelho.

Motivos\Faixas etárias	[20;24]	[25;64]	[65;+∞[
Trabalho	5,63%	35,5%	0,87%
Compras	0,43%	6,06%	2,6%
Assuntos pessoais	1,73%	21,21%	5,63%
Desporto e lazer	0,43%	3,9%	0,43%
Visitas a amigos e/ou família	0,87%	6,06%	0,87%

Das respostas aos inquéritos, foi possível caracterizar os horários das deslocações, em função do motivo usando histogramas. Por exemplo, as saídas por motivo casa-trabalho começam às 06h:00 e terminam quase na totalidade às 11h:30, concentrando-se maioritariamente no período das 07h:00 às 09h:30h (Figura 5.12). O regresso do trabalho decorre durante praticamente todo o período da tarde e início da noite, concentrando-se maioritariamente no período das 16h:00 às 20h:00 (Figura 5.13). Os restantes histogramas de horários estão reportados no Anexo D.

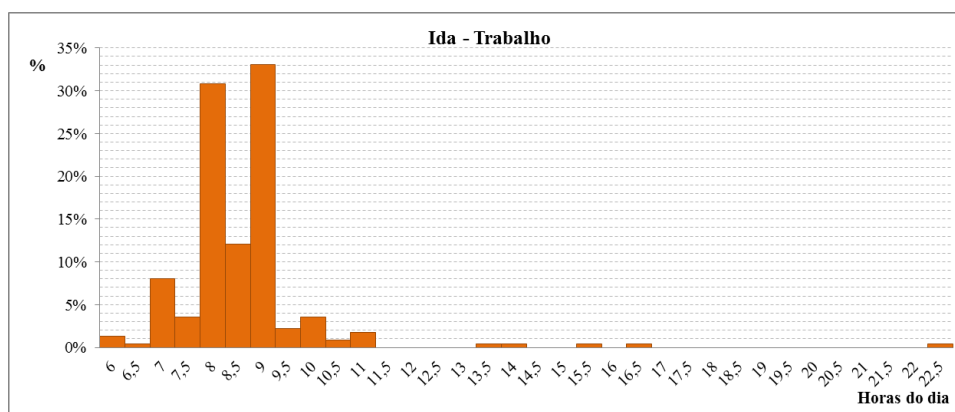


Figura 5.12. Histograma dos horários de saída por motivo laboral.

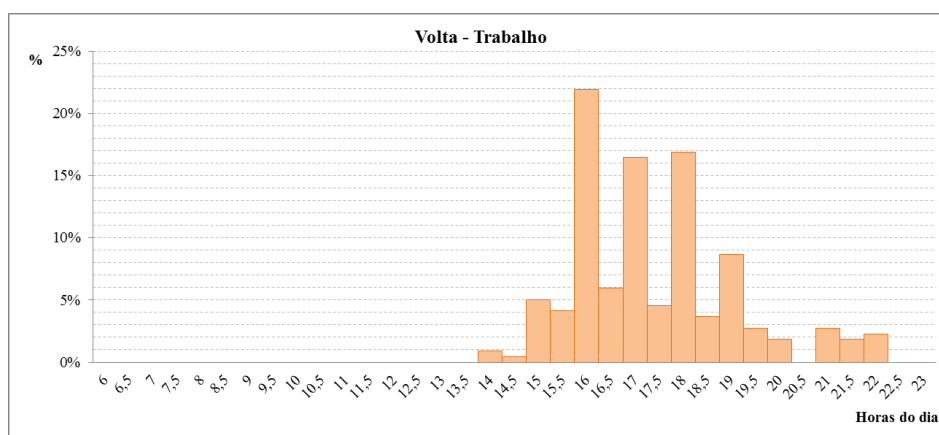


Figura 5.13. Histograma dos horários de volta a casa por motivo laboral.

Os horários de saída de casa variam entre as 07h:30 e as 09h:30, sendo que o pico de horário das deslocações observado por volta das 09h:00. Na parte da tarde, o pico de horário das deslocações observa-se por volta das 14h:30, à exceção do motivo “desporto e/ou lazer” em que as pessoas saem de casa ao final da tarde, por volta das 18h:00 (Anexo D).

Os horários de regresso a casa (na parte da manhã) observam-se por volta das 11h:00 (entre as 10h:30 e as 12h:00). Na parte da tarde é entre as 17h:00 e as 20h:00, mais uma vez com a exceção do motivo “desporto ou lazer” em que algumas pessoas pretendem regressar mais tarde, por volta das 21h:00 (Anexo D).

A taxa de atração de um concelho avalia o poder de uma determinada área para captar indivíduos não residentes para exercerem a sua atividade, permitindo perceber alguns dos fluxos nessa área. A taxa de repulsão é a relação (em percentagem) entre a população residente que residia cinco anos antes na unidade territorial (e já não reside) e a população residente na unidade territorial.

Dentro das deslocações inter-concelhias a partir do concelho de Terras de Bouro, são particularmente importantes as deslocações para o concelho de Braga, que é um concelho predominantemente atrativo (por motivos de trabalho e estudo). No concelho de Braga a taxa de atração total é de 6,3% (superior à taxa média de atração nacional de 2,2%). Em Terras de Bouro a taxa de atração (5%) é superior à média nacional, no entanto a taxa de repulsão é também superior, sendo de 5,5% comparativamente com a média nacional de apenas 0,09% (Tabela 5.8).

Tabela 5.8. Taxas de atração e repulsão do concelho. Fonte: INE (Censos 2011).

	Taxa de atração total (%) por local de residência	Taxa de repulsão interna (%) por local de residência
Continente	2,16	0,09
Cávado	4,09	2,29
Braga	6,34	4,18
Terras de Bouro	4,99	5,51

5.2.3. Rede viária e oferta de TP

Os dados sobre a rede viária e a oferta atual de TP no concelho de Terras de Bouro foram estimados a partir de diversas fontes de informação: Câmara Municipal (vias de comunicação

dos concelhos mapas digitais), Juntas de Freguesia (localização das paragens identificadas e não identificadas), operadores e centrais de camionagem (facultaram os horários e serviços dos transportes públicos).

As principais vias rodoviárias no concelho de Terras de Bouro são quatro estradas nacionais (EN304, EN205-3, EN307 e EN308) e três estradas municipais (EM531, EM535 e EM536), todas elas apresentando boas condições de circulação.

A sede de concelho (Moimenta) tem ligação às estradas nacionais EN205-3 e EN307 e às estradas municipais EM535 e EM531 (Figura 5.14).



Figura 5.14. Mapa das estradas do concelho.

As estradas do concelho passam apenas em algumas freguesias. Na Tabela 5.9 identifica-se que freguesias estão ligadas por cada uma das estradas do concelho.

Tabela 5.9. Lista de estradas viárias e freguesias por onde passa.

Estrada	Freguesias	Estrada	Freguesias
EN205-3	Balança Moimenta Ribeira Souto	EM535	Choreense Monte Moimenta
EN304	Covide Rio Caldo	EM536	Balança Ribeira
EN307	Campo do Gerês Carvalheira Chamoim Covide Vilar	EM531	Brufe Cibões Gondoriz Moimenta
EN308	Rio Caldo Valdosende Vilar da Veiga		

As vias rodoviárias para fora do concelho de Terras de Bouro são constituídas pela EN205-3 que permite a ligação aos concelhos de Amares e Vila Verde (via EN308 até Caldelas) na direção sul-este. Em Rio Caldo confluem a EN308 que faz ligação a Braga (via Amares) e à Póvoa de Lanhoso, e a EN304 que liga à sede de concelho. A circulação dentro do concelho é assegurada por estradas e caminhos municipais. As localizações mais remotas (Monte, Brufe, Cibões e Valdosende) são zonas de acesso mais limitado para o TP.

No concelho de Terras de Bouro há três operadores de transporte público, Transdev, Hoteleira do Gerês e Verde Minho, que operam apenas em alguns dos eixos principais, fazendo conexão com a sede de concelho e a zona turística e terapêutica no centro de Vilar da Veiga (Figura 5.15).

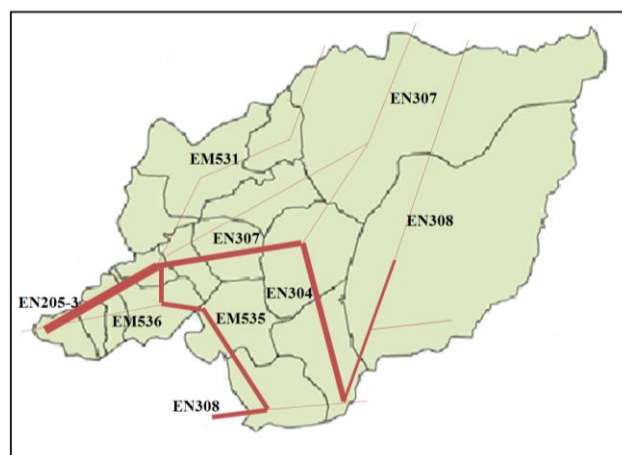


Figura 5.15. Linhas de oferta de TP no concelho de Terras de Bouro.

O operador Hoteleira do Gerês é aquele que oferece mais serviços entre Braga e Moimenta, passando por Souto, Ribeira, Balança e Chorense que se encontram ao longo da EN205-3 (com catorze serviços na direção Braga-Moimenta, ao longo do dia, onde dez desses trajetos prolongam-se a Rio Caldo até ao centro de Vilar da Veiga). No sentido inverso, Moimenta-Braga, este operador tem os mesmos serviços a começar cerca de meia hora mais cedo.

Para as restantes freguesias, a Hoteleira do Gerês tem quatro serviços ligando Moimenta a Rio Caldo (dois ao início da manhã e dois ao final da tarde) para cada sentido, passando por Covide (EN307 e EN304), mas não parando em Vilar nem Chamoim.

As freguesias mais afastadas destes eixos não possuem alternativa, ficando sem serviço de transporte por parte deste operador.

O operador Verde Minho faz a ligação Amares-Moimenta, passando por Souto, Ribeira e Balança pela EN205-3. No entanto, são escassos os serviços nessa direção, existindo apenas um no final da manhã e três no final da tarde, em período escolar; fora do período escolar, existe apenas dois serviços ao final da tarde. Na direção oposta, Moimenta-Amares, o operador tem dois serviços, um no início e outro no final da manhã.

Os operadores Transdev e Verde Minho têm serviços complementares, concretamente em deslocações inter-concelhias entre Braga e Terras de Bouro. Estes dois operadores possuem seis serviços diários na direção Braga-Moimenta: três serviços no final da manhã e três no final da tarde. No sentido oposto, estes operadores têm dois serviços no início e dois no final da manhã e outros dois no final do dia.

A Transdev possui ainda quatro serviços diários entre Moimenta e Campo do Gerês, no final da manhã e no final da tarde. No sentido contrário, os serviços são ao início da manhã e da tarde, passando por Covide e Carvalheira (EN307).

Para além dos três operadores de TP regular existentes no concelho, é importante destacar a existência de um conjunto de serviços fornecidos pela Câmara Municipal, sendo maioritariamente direcionados para o TE, em horários compatíveis com esse motivo (casa-escola e escola-casa), apesar de poderem transportar outros residentes. Estes serviços são executados apenas nos períodos escolares.

5.2.4. Informações complementares

Em geral, os presidentes corroboraram muita da informação já reportada (ex., TPs existentes, localização de paragens). Foram muito úteis na identificação de algumas especificidades locais (ex., localização e identificação de infraestruturas, atualização da carta de equipamentos da freguesia, caracterizar as acessibilidades e perceber alguns padrões de mobilidade dos residentes).

Em resultado das entrevistas realizadas, os Presidentes de Junta de Freguesia foram unânimes em considerar como bons os acessos rodoviários das suas freguesias, onde a maioria das estradas possibilita a passagem de autocarros.

Segundo alguns Presidentes de Junta, há freguesias de Terras de Bouro em que a oferta se resume a carreiras diárias de TP durante os dias úteis (e principalmente durante o

período letivo), servindo tão só os aglomerados ao longo dos eixos viários principais. Algumas freguesias não têm qualquer oferta de TP, em particular durante as férias escolares.

Apesar da existência de alguns serviços de TP na ligação Braga-Moimenta e Amares-Moimenta, os residentes das freguesias que se localizam fora do acesso à EN205-3, EN307 e EN304 (ligação a Braga) e à ER205-4 (ligação a Amares) não têm acesso a este serviço de TP, estando a sua mobilidade muito limitada. Aproximadamente 30% das freguesias (5 no total de 17) não são servidas por qualquer tipo de TP: Gondoriz, Cibões, Carvalheira, Brufe e Campo do Gerês.

A distância máxima que a população das freguesias, servidas pelo TP regular, tem de percorrer até à paragem mais próxima não ultrapassa os 500 metros (apenas existem alguns casos pontuais em que os utentes têm de andar uma distância maior). No que se refere a infraestruturas para o uso de TP regular, existem paragens oficialmente identificadas, ao longo dos eixos, algumas com abrigos, outras apenas com o identificador de paragem.

A maioria dos serviços (ex., centros de saúde, centros escolares, infraestruturas de repartições públicas, bancos, correios, ginásios, etc.) localiza-se em Moimenta (sede de concelho), obrigando as pessoas a deslocarem-se. Existem apenas dois centros escolares que abarcam todos os alunos do concelho (em Moimenta e Rio Caldo).

Com o encerramento de muitas escolas primárias durante as últimas décadas, passou a ser necessário assegurar o transporte das crianças das freguesias de Souto, Ribeira, Balança, Choreense, Vilar, Gondoriz, Cibões, Carvalheira, Chamoim, Campo do Gerês, e metade das crianças de Covide para o centro escolar de Moimenta (com aproximadamente 200 alunos) e as crianças de Valdosende, Vilar da Veiga e metade das de Covide para o Centro escolar de Rio Caldo (com aproximadamente 140 alunos), esse tipo de transporte ficou a cargo da Câmara Municipal, sendo serviço gratuito para os alunos do ensino básico, os alunos com necessidades especiais e para alguns alunos do secundário ou profissional, cujo agregado familiar receba mensalmente menos de 50% da Remuneração Mínima Mensal Garantida.

Adicionalmente a Câmara Municipal de Terras de Bouro disponibiliza um número significativo de serviços de transporte, como por exemplo: transporte para o Centro de Saúde para cuidados médios e rastreios de saúde; transporte para serviços de enfermagem ao domicílio; transporte de mulheres com cancro da mama para se deslocarem ao IPO do Porto.

O táxi é algumas vezes considerado a alternativa ao TP regular. No entanto, o custo por viagem e o tempo de espera pelo táxi desincentivam a sua utilização frequente.

Outras alternativas de transporte utilizadas pelos residentes sem acesso a TI são as ofertas mais ou menos informais, como os bombeiros, os vizinhos e/ou familiares próximos com veículo próprio, os vendedores ambulantes (em dias específicos da semana) e os serviços itinerantes, como serviços ao domicílio e centros sociais. No seu conjunto, e em particular os serviços dos centros sociais, desempenham um papel importante na mobilidade dentro do concelho.

Segundo alguns Presidentes de Junta, as deslocações mais pretendidas dos residentes são inter-freguesias e para a sede de concelho. Esta evidência revela que não existe, na realidade uma oferta de TP que assegure uma parte muito significativa dos desejos de mobilidade da população do concelho, em particular nas freguesias onde os TPs não operam.

Dos inquiridos aos residentes, parte dos residentes inquiridos (35%) concordam que, na generalidade, se encontram razoavelmente servidos por oferta de TP. No entanto a maioria (65%) concorda que os serviços de TP são globalmente escassos, à exceção da sede do concelho.

5.3. Enquadramento legal do TP – caso Português

Como acontece em vários países europeus, o acesso aos transportes é um direito dos cidadãos. Também em Portugal, em particular para as áreas rurais, esse direito é garantido pela Lei de Bases do Sistema de Transportes Terrestres (Lei n.º 10/90 de 17 de Março), alínea b) do n.º 2, Artigo 2º, onde se afirma que:

“ (...) é assegurada aos utentes em paridade de condições, igualdade de tratamento no acesso e fruição dos serviços de transporte (...)”

A regulamentação do setor de transporte rodoviário (Regulamento de Transporte em Automóveis - RTA) data de 1948, tendo sofrido pequenas alterações desde então, existindo pouca simplificação administrativa na questão do acesso à atividade e nos modelos de exploração.

A legislação portuguesa subdivide a regulamentação do transporte de passageiros em duas categorias: transporte em veículos ligeiros e transporte em veículos pesados.

Transporte em veículos ligeiros

A regulamentação do transporte de passageiros em ligeiros é feita através do Decreto-Lei n.º 251/98, de 11 de agosto, que regulamenta o acesso à atividade e ao mercado dos transportes em táxi, determinando que são as câmaras municipais quem fixa o contingente de táxis no concelho (por freguesia ou conjunto de freguesias) e atribui o número de licenças dentro do contingente fixado. Este Decreto-Lei sofreu posteriores alterações introduzidas através da Lei n.º 156/99, de 19 de setembro, da Lei n.º 106/2001, de 31 de agosto, e do Decreto-Lei n.º 41/2003, de 11 de março.

A par do Decreto-Lei n.º 251/98, de 11 de agosto, a regulamentação dos transportes em táxi é feita através da Portaria n.º 277-A/99, de 15 de abril. Esta sofreu alterações, posteriormente, através da Portaria n.º 1318/2001, de 29 de novembro, da Portaria n.º 1522/2002, de 19 de dezembro, da Portaria n.º 2/2004, de 5 de janeiro, e da Portaria n.º 134/2010, de 2 de março.

Em nenhuma das portarias, decretos-lei ou leis supramencionadas há qualquer tipo de referência a transportes flexíveis ou a transportes a pedido. Não obstante, o conceito de transporte coletivo em táxi foi introduzido na lei portuguesa através do artigo 24º do Decreto-Lei n.º 251/98, de 11 de agosto. Este artigo, pertencente ao capítulo V (regimes especiais), intitula-se “Transportes coletivos em táxi”, permitiu o projeto-piloto dos táxis “a pedido” em Beja e dita o seguinte:

“A DGTT pode autorizar a realização de transportes coletivos em táxi, em condições a definir por despacho do diretor-geral de Transportes Terrestres”.

Importa referir que a DGTT (Direção-Geral de Transporte Terrestres) é o organismo que precedeu o IMTT, atualmente IMT.

No artigo 2º do Decreto-Lei n.º 251/98, de 11 de agosto podem ler-se as seguintes definições:

- Alínea a): “Táxi: o veículo automóvel ligeiro de passageiros afeto ao transporte público, equipado com aparelho de medição de tempo e distância (taxímetro) e com distintivos próprios”;
- Alínea b): “Transporte em táxi: o transporte efetuado por meio do veículo a que se refere a alínea a), ao serviço de uma só entidade, segundo itinerário da sua escolha e mediante retribuição”;
- Alínea c): “Transportador em táxi: a empresa habilitada com alvará para o exercício da atividade de transportes em táxi”.

Note-se que o artigo 1º do mesmo Decreto-Lei determina que o táxi designa transporte público de aluguer em veículo automóvel ligeiro.

Transporte em veículos pesados

Segundo o IMT, a atividade de TP em veículos automóveis pesados de passageiros (transportes de passageiros em autocarro), de âmbito nacional ou internacional, só pode ser exercida por empresas, cooperativas ou organismos dependentes de uma autoridade pública licenciados pelo IMT.

Os requisitos incluem o licenciamento para o exercício da atividade como titular de um alvará ou de uma licença comunitária, renováveis, mediante a comprovação de que os titulares possuem ou mantêm os requisitos de acesso à atividade.

Segundo o IMT, a regulamentação do transporte de passageiros em pesados é feita através do Decreto-Lei n.º 3/2001, de 10 de janeiro. O Decreto-Lei n.º 3/2001, de 10 de janeiro sofreu uma pequena alteração através do Decreto-Lei n.º 90/2002, de 11 de abril, respeitante à legislação revogada no artigo 41º.

O estabelecimento de regras comuns no que se refere aos requisitos para o exercício da atividade de transportador rodoviário e que revoga a Diretiva 96/26/CE do Conselho está no Regulamento (CE) n.º 1071/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro. A Deliberação n.º 585/2012, de 23 de abril e a Deliberação n.º 1065/2012, de 2 de agosto definem as condições de acesso à atividade.

Quanto ao Decreto-Lei n.º 3/2001, de 10 de janeiro destacam-se apenas algumas das definições expostas no artigo 2º:

- Alínea a): “Autocarro: o veículo automóvel construído ou adaptado para o transporte de passageiros com lotação superior a nove lugares, incluindo o condutor”;
- Alínea e): “Transporte público ou por conta de outrem: o transporte de passageiros, oferecido ao público ou a certas categorias de utentes, que nos termos da alínea seguinte (f) se não classifique como particular”;
- Alínea f): “Transporte particular ou por conta própria: o transporte efetuado sem fins lucrativos ou comerciais por uma pessoa singular ou coletiva, desde que: o transporte constitua apenas uma atividade acessória; os veículos sejam da propriedade dessa pessoa singular ou coletiva, ou por ela tenham sido adquiridos em regime de locação financeira ou de contrato de locação a longo prazo, e sejam conduzidos por um elemento do pessoal dessa pessoa singular ou coletiva ou pelo próprio, quando se tratar de pessoa singular”;
- Alínea g): “Serviços regulares: aqueles que asseguram o transporte de passageiros segundo itinerário, frequência, horário e tarifas predeterminados e em que podem ser tomados e largados passageiros em paragens previamente estabelecidas”;
- Alínea h): “Serviços regulares especializados: são serviços que asseguram o transporte de determinadas categorias de passageiros com a exclusão de outros, nos quais se incluem, nomeadamente, os transportes: de estudantes entre o domicílio e o respetivo estabelecimento de ensino; de trabalhadores entre o domicílio ou ponto de encontro previamente designado e o respetivo local de trabalho”;
- Alínea i): “Serviços ocasionais: os serviços que asseguram o transporte de grupos de passageiros previamente constituídos e com uma finalidade conjunta, organizados por iniciativa de terceiro ou do próprio transportador”.

Em Portugal ainda não existe um enquadramento legal claro para o transporte público flexível. Existe, no entanto, uma abertura do Governo a casos-piloto, como por exemplo i) as “Linhas Azuis” em Viseu, Portalegre, Bragança e Viana do Castelo; ii) a “Linha ECO” no Funchal; iii) “Flexibus” em Almada; e iv) “Transporte a pedido” em Mação, que são serviços com tipologia flexível, mas com rotas e horários fixos, circulando apenas se houver pedidos de viagem.

O mais recente caso-piloto em Portugal foi implementado em Mação e foi sancionado pela Secretaria de Estado das Obras Públicas, Transportes e Comunicações (Despacho n.º 7575/2012 de 1 de junho de 2012 - Autoriza a Comunidade Intermunicipal do

Médio Tejo, bem como os municípios que a compõem, a desenvolver um projeto de transporte a pedido/transporte flexível na respetiva área territorial, a título de projeto-piloto. Vigora por um prazo de quatro anos).

O Governo atual divulgou recentemente um memorando, incluído no plano estratégico de transportes e infraestruturas (PETI, 2014), com a intenção de estabelecer níveis mínimos de serviço público de transporte de passageiros em todo o território nacional, em especial nas zonas de baixa densidade populacional. Segundo este memorando, garantir-se-á em breve a definição e enquadramento legal para a exploração de serviços público de transporte de passageiros flexíveis.

5.4. Síntese dos problemas de mobilidade

Terras de Bouro é um concelho predominantemente rural com uma densidade populacional média de 27 hab./km². A sua variação populacional diminuiu de 2001 para 2011, em média aproximadamente 13%. A par da tendência de desertificação, há alguma heterogeneidade na densidade populacional e polos populacionais entre as freguesias do concelho, havendo evidências de uma dispersão populacional acentuada e crescente. Estas tendências refletem-se no sistema de TP, sendo os serviços mais frequentes nas freguesias de maior densidade populacional ao longo dos eixos principais (estradas nacionais e municipais).

O número de pessoas com “reforma/pensão” de 2001 para 2011 aumentou permitindo concluir que a população envelheceu. Este facto é também confirmado pela variação das faixas etárias e pelos diversos índices apresentados dos censos de 2011: ID (39,3%), IE (189,5) e o índice de renovação da população (88,67%).

As estradas do concelho apresentam um bom estado de conservação, o que demonstra algum investimento nessa área por parte da Câmara Municipal. Não se verifica no entanto, o alargamento das faixas de rodagem nas vias mais estreitas, o que pode ser um potencial problema para a segurança, pois a passagem simultânea de dois veículos em sentido contrário, em tais vias, constitui uma dificuldade de circulação.

Em termos de paragens para os TP regulares, de uma forma geral, estão distribuídas com uma distância máxima entre paragens, em média, inferior a 500 metros.

Dada a existência de TP regular maioritariamente nos polos de maior densidade populacional, muitas das soluções encontradas pelos residentes de áreas mais remotas é o recurso ao TI, verificando-se, no concelho, um aumento no uso de TI (22%) e uma redução no TP (2,6%) de 2001 para 2011. Como consequência, verificou-se um agravamento da insustentabilidade do TP regular.

As baixas quotas de mercado do TP coletivo contribuíram para o desequilíbrio financeiro da sua exploração, que pode conduzir a problemas em três dimensões:

- Perda de qualidade de vida por parte dos utilizadores de TP que não têm outras alternativas de transporte (dimensão social).
- Perda de atratividade dos modos coletivos de transporte, o que tem como efeito novas reduções da procura, e consequentemente, agravamento de desequilíbrios financeiros, criando um círculo vicioso (dimensão económica).
- A utilização de veículos de grandes dimensões que danificam as estradas e envelhecidos com elevadas emissões de poluição (dimensão ambiental).

Da procura identificada pelos resultados dos inquéritos e dos Censos de 2011, e atendendo ao número de serviços diários entre as freguesias do concelho fornecidas pelos três operadores, conclui-se que existe um desfazamento entre a procura e a oferta (Figura 5.16), revelando uma necessidade de intervenção ao nível da oferta de (novos) serviços de transporte.

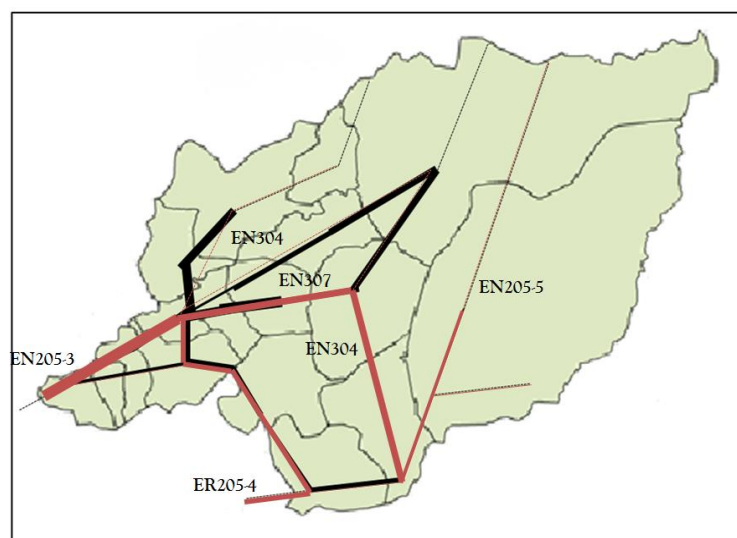


Figura 5.16. Linhas de oferta (vermelha) e de procura (preta).

A existência de outras ofertas de transporte coletivo assegurado pela Câmara Municipal de Terras de Bouro e outras entidades, embora não quantificadas no âmbito deste trabalho, têm um valor bastante expressivo.

Da análise e caracterização efetuada, concluiu-se que os serviços de TP existentes atualmente no concelho de Terras de Bouro são limitados e pouco eficientes, deixando muitos residentes, em especial os de locais mais afastados dos eixos principais, sem alternativa nas suas necessidades de mobilidade. Embora a conjuntura favoreça o TI, a exploração de soluções alternativas de transporte coletivo, em particular soluções flexíveis, poderá ser uma alternativa muito promissora para a mobilidade das populações residentes em lugares remotos.

5.5. Definição dos parâmetros experimentais

Registados os problemas de mobilidade no concelho, pretende-se, nesta secção, analisar os parâmetros necessários à modelação de um sistema de transportes do tipo DRT em Terras de Bouro.

Para o planeamento e projeto do serviço DRT realizou-se um conjunto de procedimentos preparatórios para modelar a procura e oferta do sistema em avaliação, a fim de simular o sistema de transporte a pedido. Nesta secção, serão definidos os parâmetros experimentais essenciais à simulação do sistema de transportes flexíveis.

Os principais elementos de dados necessários à modelação do sistema são: i) Rede viária e paragens; ii) Matriz de distâncias necessárias para o planeamento das rotas; iii) Procura; iv) Matriz OD; v) Regras e recursos de operação; vi) Outros.

i) Rede viária e paragens

Utilizou-se a informação da rede viária da área de estudo (concelho de Terras de Bouro) recorrendo ao *Google Maps*, onde se incorporou informação adicional relativa à localização e identificação de todas as paragens de TP.

ii) Matriz de distâncias

O cálculo das distâncias mais curtas entre todos os pares de pontos inseridos (pelo *Google Maps*) permitiu saber as distâncias mais curtas entre cada uma das freguesias do concelho (Tabela 5.10). Estes valores de distâncias são dados necessários para o modelo de construção de rotas.

Tabela 5.10. Distâncias (em km) entre as freguesias de Terras de Bouro. Fonte: *Google maps*.

TERRAS DE BOURO	Balança	Brufe	Gerês	Carvalheira	Chamoim	Choreense	Cibões	Covide	Gondoriz	Moimenta	Monte	Ribeira	Rio Caldo	Souto	Valdosende	Vilar	Vilar da Veiga
Balança	X																
Brufe	17,4	X															
Campo do Gerês	17	7,7	X														
Carvalheira	14,3	5	5,5	X													
Chamoim	7,7	17,6	9,9	7,3	X												
Choreense	2,5	15,8	15,9	13,2	6,7	X											
Cibões	10,7	6,2	13,9	11,2	10,4	9,6	X										
Covide	12,8	11,3	3,7	6,8	5,8	11,7	15,5	X									
Gondoriz	7,9	8,9	16,6	14,2	7,7	6,8	2,7	12,8	X								
Moimenta	2,8	14,1	14,1	11,5	5	1,7	7,9	10	5,2	X							
Monte	10,3	23,6	17,8	18,5	13,6	7,9	17,4	13,7	14,7	9,5	X						
Ribeira	2,2	18,6	18,4	15,8	9,2	4,7	12,4	14,3	9,6	5	12,5	X					
Rio Caldo	22,1	19,4	11,7	14,9	14,2	20,1	23,9	8,6	21,1	18,3	18,3	22,6	X				
Souto	4,1	19,8	19,7	17	10,5	7,7	13,6	15,5	10,9	6	15,5	1,9	23,9	X			
Valdosende	19,1	25	17,3	20,4	19,7	16,8	29,4	14,1	26,7	23,9	8,9	28,2	5,7	29,4	X		
Vilar	6,3	15,2	10,6	8	1,4	5,2	9	6,5	6,3	3,5	13	7,8	14,9	9	20,8	X	
Vilar da Veiga	25,9	24,1	16,4	19,6	18,9	24,8	28,6	13,3	25,8	23	21,2	27,3	4,8	28,6	8,5	20	X

iii) Procura

Considerou-se que a procura de TP flexíveis é homogénea em toda a área do concelho, extrapolando as informações ao nível do concelho para o nível de freguesia.

Para a definição da procura para a nova oferta de serviços de transportes flexíveis é necessário ter em conta os dados sobre: i) o número de residentes em 2011, ii) a mobilidade registada no INE, datados dos censos de 2011; iii) as origens e os destinos de deslocações dos residentes, obtidas de inquéritos à população; e iv) a proporção que se desloca segundo cada grupo de motivos (já definidos na secção 5.1 - mobilidade) mediante faixas etárias, e v) os histogramas de horários de deslocação mais pretendidos por motivos, calculados a partir dos inquéritos aos residentes.

Com a informação recolhida pode-se:

- Definir as probabilidades de deslocação entre freguesias mediante o motivo da deslocação (ex., Tabela 5.11 e ver Anexo C);
- Identificar os histogramas de horários pretendidos de deslocação em função dos motivos de deslocação (Anexo D);

- Estimar a percentagem de adesão ao serviço.

Alguns autores são pessimistas quanto à adesão inicial a serviços de transporte público flexíveis (Brake *et al.*, 2004a; Diana, 2010). Por este motivo definiu-se que a adesão base ao serviço seria baixa, apenas 1% da população total.

Com a informação dos horários mais pretendidos, das probabilidades de deslocação por motivo e da adesão esperada ao serviço por faixas etárias, geraram-se aleatoriamente os pedidos de viagem em cada dia de funcionamento simulado por um sistema de apoio à decisão (SAD), obtendo-se (por ordem):

- 1) A freguesia de origem, de forma aleatória atendendo às frações de população no concelho;
- 2) O número total de pedidos por freguesia tendo em conta a taxa de adesão por faixa etária e a respetiva população (distribuição normal, com valor médio o número médio de pedidos na freguesia e desvio de 10%);
- 3) A distribuição dos pedidos pelas paragens (de cada freguesia) tendo em conta as frações de população afetas a cada uma das paragens (distribuição uniforme);
- 4) A distribuição (uniforme) dos pedidos em cada paragem por período do dia tendo em conta o peso relativo de cada período (definido nos histogramas Anexo D);
- 5) A freguesia de destino (lei Uniforme) de cada pedido através das possibilidades de destino, e probabilidades, afetas à freguesia (matriz OD) onde o pedido foi gerado; e
- 6) A determinação da paragem de destino através do peso relativo de cada paragem na freguesia de destino (lei Uniforme).

iv) Matriz OD

A matriz OD é constituída por um conjunto de matrizes, que dependem dos motivos de deslocação, pois dependendo do que se pretende fazer (ex., compras ou lazer) apesar da origem ser a mesma (casa) o destino é diferente.

Dos inquéritos efetuados aos residentes foi possível, através das frequências relativas, estimar as probabilidades associadas dos residentes que se deslocam, entre as freguesias de origem e de destino dos clientes, por motivo de viagem. Na Tabela 5.11

encontra-se um exemplo de matriz OD por motivo de trabalho. As restantes tabelas de probabilidades de deslocações pelos restantes motivos encontram-se no Anexo C.

Tabela 5.11. Probabilidades de deslocação entre freguesias, por motivo de trabalho.

	Local de trabalho															
	Campo					Rio				Vilar da Braga/Outros						
	Balança	Brufe do Gerês	Carvalheira	Chamoim	Chorenses	Cibões	Covide	Gondoriz	Moimenta	Monte	Ribeira	Caldo	Souto	Valdosende	Vilar veiga	Outros
Balança	0,25							0,25								0,5
Brufe																1
Campo do Gerês		0,6	0,1			0,1		0,15								0,05
Carvalheira			0,5			0,2					0,2					0,1
Chamoim			0,3	0,3		0,1		0,1								0,2
Chorenses					0,35			0,4								0,25
Cibões								0,8								0,2
Covide						0,6		0,15								0,25
Gondoriz							0,7	0,2								0,1
Moimenta							0,1	0,8								0,1
Monte					0,1			0,4			0,1					0,4
Ribeira								0,3		0,3	0,3					0,1
Rio Caldo		0,2						0,1			0,5				0,1	0,1
Souto		0,1						0,2				0,55				0,15
Valdosende											0,3		0,5			0,2
Vilar						0,1		0,6								0,3
Vilar da veiga														0,8		0,2

Com base na Tabela 5.11, a probabilidade de um indivíduo empregado residente, por exemplo, em Chamoim, trabalhar (e desejar viajar para) a própria freguesia de Chamoim é de 0,3.

v) Regras e recursos de operação

Os atributos de contexto real referem-se à delimitação da área de estudo e à caracterização dos residentes (em termos de mobilidade pretendida, acessibilidades e rede viária).

Definidos os dados sobre a procura definiram-se os parâmetros da oferta e de funcionamento do serviço. Estes parâmetros são mais detalhados no Capítulo 6.

A oferta possui as seguintes características:

- Existe um número limitado de veículos com capacidades para 4, 6, 8 e 15 pessoas, além do motorista.
- Rede viária existente (estradas camarárias, regionais ou nacionais), sem limitações de acesso, sendo possível definir uma paragem do serviço em qualquer localização da área.
- Definem-se as janelas temporais (JT) admissíveis para os clientes;
- Estima-se os atrasos dos clientes, tolerados pelo serviço;
- Define-se o parâmetro de tolerância.

As janelas temporais definem o intervalo de tempo, desde a hora marcada até à possibilidade da chegada do veículo, ou seja JT: O[20]-D[10] significa que na origem (O) os clientes aceitam esperar pelo veículo além da hora marcada (hora prevista) mais 20 minutos e no destino (D) aceitam que podem chegar depois da hora prevista até 10 minutos. Essa hora prevista para o veículo estar na paragem é calculada com base no tempo médio de viagem e tempos médios de paragens anteriores.

Para simular a percentagem de pedidos que não embarca por chegar demasiado tarde à paragem, assume-se (arbitrariamente) um valor de 3% dos pedidos manifestados. Estes eventos são gerados aleatoriamente usando uma lei Uniforme e uma probabilidade de 0,03 (de acontecer).

O parâmetro de tolerância, que é o tempo que o veículo espera na paragem até ao cliente aparecer, desde que estejam dentro da janela temporal definida inicialmente. Essa tolerância pode ser zero minutos (o veículo chega à paragem e não espera tempo nenhum se o cliente não estiver presente), ou vários minutos (tempo que o veículo fica à espera), nunca ultrapassando a hora mais tarde considerada na janela temporal para os clientes.

No que se refere aos parâmetros operacionais a serem simulados e às regras de funcionamento, pretende-se os seguintes comportamentos:

- O veículo serve apenas determinado local quando existem passageiros, evitando a realização de trajetos sem que ocorra qualquer recolha (acontece muito nas áreas rurais, baixos valores de passageiros/km).
- O serviço é definido no dia anterior a ser executado e funciona das 6h da manhã até às 23h da noite.
- O veículo é escalonado (hora e local onde tem de se encontrar para efetuar o embarque ou desembarque de clientes) em função dos vários pedidos gerados.
- Os horários de realização de rotas são definidos de acordo com a procura, dentro de uma janela temporal aceitável para os clientes.
- O veículo ao chegar à paragem poderá esperar ou não pelo cliente (dependendo do parâmetro de tolerância definida para o veículo).
- O veículo sai (chega) no início (no fim) do serviço à central.
- A central está localizada num ponto central da sede do concelho de Terras de Bouro.

A modelação do sistema assenta em três modelos fundamentais:

heurística de inserção de Xiang *et al.* (2006) foi realizada e implementada no âmbito do projeto ASTRA, reportado anteriormente.

Para os locais de origem e de destino, são selecionadas as paragens mais próximas (dentro do nível de flexibilidade que estiver a ser considerado). Cada viagem (ida ou regresso) é independente, ou seja, o facto de uma viagem ser marcada como “ida e volta”, só tem implicações em termos do número de viagens a realizar, por se considerar duas viagens.

vi) Outros - Duração da simulação

A duração das simulações (“*runs*”) reportadas nos capítulos seguintes foi fixada em 350 dias após a realização de um conjunto de mais de 25 *runs* piloto do sistema em estudo. Em todos estes *runs* verificou-se a convergência dos valores médios diários de todos os indicadores de desempenho utilizados até um número de dias muito aquém deste total de 350 dias; em média, a estabilização dos valores dos indicadores (calculados com médias móveis de grau variável a começar no dia 101, reservando-se assim os primeiros 100 dias para a “inicialização” do processo) ocorreu ao fim de cerca de 300 dias de simulação.

O critério de estabilização ou convergência utilizado neste conjunto piloto de *runs* foi atingir (e não mais superar) uma diferença máxima absoluta de 2%. Essa diferença de valores é considerada aceitável como critério de paragem, uma vez que a sobrecarga computacional adicional (efetuando mais dias de simulação) não justifica a variação nos valores dos indicadores (na ordem das centésimas).

Por exemplo, para três indicadores de desempenho – número máximo de veículos necessários, taxa de ocupação (parcial) e taxa de atendimento – verificou-se as evoluções mostradas na Figura 5.18, em todos estes casos, a convergência ocorreu próximo do dia 300.

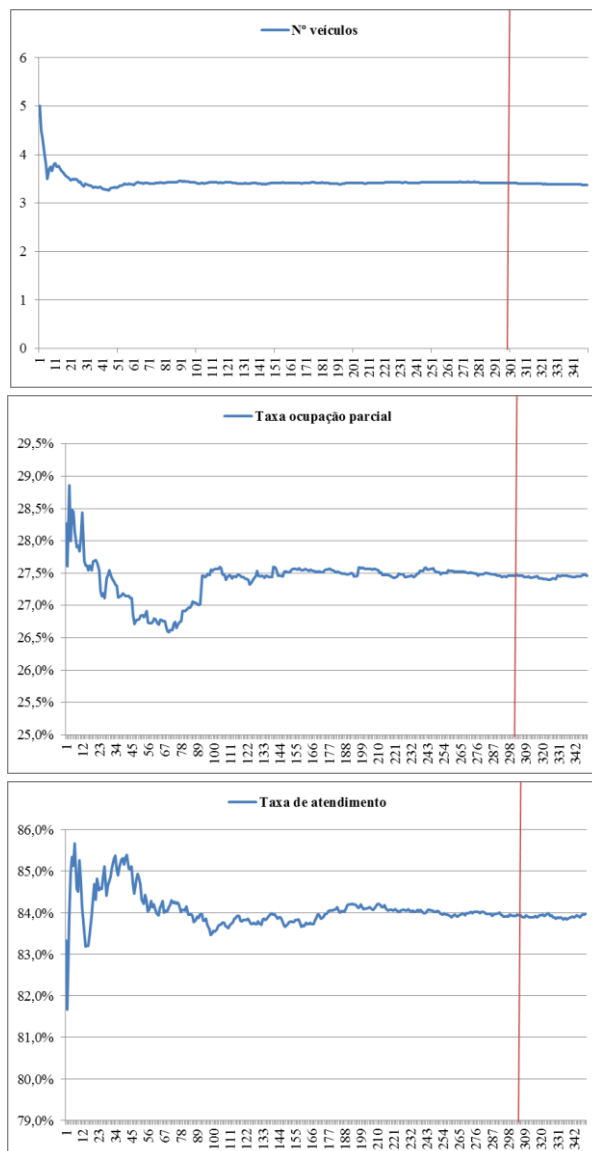


Figura 5.18. Evolução de convergência (linha vermelha) dos valores médios dos indicadores referidos nas legendas em função do número de dias simulados (exemplo de um dos “runs” piloto).

No Capítulo 6 são apresentados os resultados das simulações.

5.6. Síntese

Neste capítulo foi efetuada a descrição de um estudo de caso, no concelho de Terras de Bouro, onde, pela análise realizada à procura e à sua mobilidade se conclui haver uma desadequação entre a oferta e a procura de transporte e onde existem sintomas que evidenciam níveis elevados de exclusão social.

Para além dos dados do INE recorreu-se a entrevistas a Presidentes da Junta para atualização da informação sobre as necessidades de mobilidade da população, mais ainda obter informações relativas a infraestruturas e equipamentos.

A repartição modal dos transportes verificada no concelho de Terras de Bouro é fortemente favorável ao TI. No entanto, pode haver alguma margem de manobra, ao nível legal e regulador, para se tomarem decisões e medidas importantes no sentido de alterar a repartição modal a favor do TP coletivo flexível. Sendo uma proposta de serviço de TP mais adequado às necessidades realistas dos residentes, traduz-se no entanto numa dificuldade acrescida: garantir elevadas taxas de ocupação para ser financeiramente viável. É provável que o financiamento para um projeto experimental possa não ser muito difícil de obter, mas a necessidade de haver um financiamento permanente pode naturalmente revelar-se problemática, sobretudo se essa necessidade não for prevista na fase de planeamento e não for devidamente assegurada pelos *stakeholders*.

Após concluir sobre a necessidade de serviços de TP flexíveis para a área de estudo definiu-se os parâmetros experimentais para a modelação do sistema, concretamente, rede viária e paragens, matrizes de distâncias e OD, forma de estimar a procura, definição de regras e recursos de operação, períodos de simulação e indicadores de desempenho para avaliar o sistema.

Assim, será possível estimar, na fase de planeamento, a melhor configuração do serviço, nomeadamente, o número de veículos necessários, assim como quais as regras operacionais mais ajustadas às especificidades da área de intervenção (recorrendo-se a análises de sensibilidade dos parâmetros de funcionamento do sistema DRT).

6.

VALIDAÇÃO DO MODELO

Neste capítulo realiza-se uma validação do sistema de apoio à decisão (SAD) desenvolvido, usando o estudo de caso de Terras de Bouro. Pretende-se avaliar o comportamento do sistema ao modificar os valores de alguns dos seus parâmetros, que irão traduzir diferentes comportamentos e diferentes cenários de utilização do sistema DRT, como por exemplo, diferentes taxas de adesão ao serviço DRT e diferentes níveis de flexibilidade.

Em particular os parâmetros que irão ser testados são: i) percentagem de adesão da população ao serviço; ii) janelas temporais para os clientes na origem e no destino; e iii) tolerância de espera do veículo na paragem dentro da janela temporal; e iv) frequência de paragens na rede viária.

6.1. Configuração base e indicadores de desempenho

O DRT opera na área geográfica de 277,5 km², constituída por 17 freguesias, com uma população total de 7253 pessoas, cujas faixas etárias consideradas estão divididas por jovens dos 20 aos 24 anos, adultos dos 25 aos 64 anos (cerca de 50% da população) e idosos com mais de 65 anos (cerca de 25% da população). Os motivos de deslocação agrupam-se, pelas faixas etárias, em cinco conjuntos principais: i) trabalho; ii) compras; iii) assuntos pessoais; iv) desporto ou lazer; e v) visitas a amigos ou familiares.

Para efeitos de análise, considera-se apenas o funcionamento do sistema num dia típico de trabalho e no horário das 06 às 23 horas. Considera-se ainda que não existem limitações quanto ao número dos veículos a que o sistema pode recorrer, e a capacidade pode ser de quatro, seis, oito ou quinze lugares disponíveis para os passageiros. Dado que se trata

de uma área rural, ignora-se a possibilidade de congestionamentos nas vias e admite-se que as velocidades de deslocação são constantes (aproximadamente 40km/h).

O ambiente desenvolvido simula um sistema gerido por uma central coordenadora que recebe os pedidos, planeia as rotas e encaminha os veículos recorrendo a heurísticas de otimização.

Para inferir o desempenho do sistema, quer em termos de custo, quer em termos de nível de serviço, são usados os indicadores referidos e descritos na Tabela 6.1. Estes indicadores permitirão no capítulo seguinte (Capítulo 7), o cálculo dos custos operacionais do serviço.

Tabela 6.1. Indicadores de desempenho usados nas análises de simulação.

Indicadores	Fórmulas	Significado
Número médio de veículos utilizados por dia	$\frac{\sum n^{\circ} \text{veic. por dia}}{n^{\circ} \text{ de dias da simulação}}$	Nº de veículos por dia
Distância realizada por todos os veículos	$\sum Km_{\text{veic}}$	Total de distância dos veículos por dia (veic.km)
Distância média por veículo	$\frac{\sum Km_{\text{veic}}}{n^{\circ} \text{ de veículos por dia}}$	Km por veículo diário
Taxa média de ocupação total	$\frac{\sum \frac{Km_{\text{Pass}}}{Capacidade \times (Km_{\text{veic total}})}}{n^{\circ} \text{ de veículos por dia}}$	% de ocupação dos veículos pelos kms totais percorridos por dia
Taxa média de ocupação parcial	$\frac{\sum \frac{Km_{\text{Pass}}}{Capacidade \times (Km_{\text{veic com Pass}})}}{n^{\circ} \text{ de veículos por dia}}$	% de ocupação dos veículos pelos kms percorridos com passageiros a bordo por dia
Percentagem de tempo dos veículos em vazio	$\frac{\sum \text{tempo sem Pass.}}{\sum \text{tempo de funcionamento}}$	% de tempo diário sem clientes
Percentagem de distância dos veículos em vazio	$\frac{\sum km \text{ sem Pass.}}{\sum Km_{\text{veic}}}$	% de kms diários sem clientes
Número médio de passageiros por dia	$\frac{\sum n^{\circ} \text{ Pass.}}{n^{\circ} \text{ de dias da simulação}}$	Nº de passageiros transportados por dia
Distância percorrida por todos os passageiros	$\sum Km_{\text{Pass}}$	Total de distância dos passageiros diária (pass.km)
Distância percorrida por passageiro	$\frac{\sum Km_{\text{Pass}}}{n^{\circ} \text{ pass por dia}}$	Nº de km por passageiro [(pass.km)/pass]
Intensidade de utilização do serviço	$\frac{\sum n^{\circ} \text{ Pass.}}{\sum Km_{\text{veic}}}$	Nº de passageiros por km

(Continua)

Tabela 6.1. Continuação

	Indicadores	Fórmulas	Significado
Indicadores para cálculo do nível de serviço	Taxa de atendimento	$\frac{n^{\circ} \text{ pedidos transportados}}{n^{\circ} \text{ de pedidos efetuados}}$	% de passageiros atendidos dos que efetuaram pedidos
	Média de clientes transportados por hora	$\frac{\sum \text{Pass transportados}}{\sum \text{tempo de funcionamento}}$	Quantas pessoas em média são transportadas por hora
	Atraso médio dos veículos (segundos)	$\frac{\sum \text{tempos depois do previsto que veíc chega à paragem}}{n^{\circ} \text{ de paragens}}$	
	Aumento da distância média em relação ao CMC	$\frac{\sum \frac{\text{Km}_{\text{veic extra em relação CMC}}}{n^{\circ} \text{ pedidos transportados}}}{n^{\circ} \text{ de veículos}}$	Aumento % de km em relação ao CMC
	Aumento do tempo médio em relação ao CMC	$\frac{\sum \frac{\text{horas extra em relação CMC}}{n^{\circ} \text{ pedidos transportados}}}{n^{\circ} \text{ de veículos}}$	Aumento % de horas em relação ao CMC

Os indicadores de desempenho definidos são, em geral, fáceis de compreender. O indicador “Intensidade do serviço” (Costa, 2008) é definido como sendo o rácio do número de passageiros transportados por dia e os quilómetros percorridos pelos veículos, o que significa que calcula a eficiência económica do serviço.

Em relação aos parâmetros que vão ser objeto de análise, assumiram-se, para a configuração base, os seguintes valores:

- Uma percentagem de adesão ao serviço de 1% da população total com mais de 20 anos de idade na área de estudo. Na literatura, a adesão inicial é referida como reduzida para este tipo de serviço (Brake *et al.*, 2004a; Kamruzzaman *et al.*, 2011).
- As janelas temporais na origem e no destino são de até 20 minutos (JT: O[20]-D[20]) depois da hora marcada (Quadrifoglio *et al.*, 2008b).
- As paragens são de nível 1 (N1), sendo o nível com menor número de paragens, correspondendo às existentes para o TP regular.
- A tolerância de espera do veículo, inicialmente, é de zero minutos (Caramia *et al.*, 2001; Liu *et al.*, 2006).

Os resultados obtidos podem ser consultados na Tabela 6.2.

O número de veículos por dia, em média, foi aproximadamente 3,4, com dimensão de quatro lugares, sendo que apenas em 0,3% dos dias (1 dia dos 350) foi necessário utilizar um veículo de seis lugares para satisfazer a procura. A taxa média de ocupação total e parcial

por veículo foi de 10% e 27%, respetivamente. A distância média percorrida por veículo em cada dia foi cerca de 120 km e, a percentagem de tempo e distâncias viajadas em vazio é de 71% e 61% respetivamente. A intensidade de utilização do serviço é de aproximadamente 0,05 pass/km.

Tabela 6.2. Indicadores de desempenho da situação inicial simulada.

	Indicadores	Valores
Custos operacionais	Número médio de veículos utilizados por dia (veíc.)	3,4
	Distância realizada por todos os veículos (veíc*km)	408
	Distância média por veículo (km/veíc.)	120
	Taxa média ocupação total (%/ veíc*km total)	10,4
	Taxa média ocupação parcial (%/veíc*km ocupado)	27,3
	Percentagem de tempo médio dos veículos em vazio (%)	71
	Percentagem de distância média dos veículos em vazio (%)	61,2
	Número médio de passageiros transportados por dia (pass.)	20,8
	Distância realizada por todos os passageiros (pass*km)	180
	Distância percorrida por passageiro (km/pass.)	8,6
	Intensidade de utilização do serviço (pass./km)	0,052
Nível de serviço	Taxa de atendimento (%)	84,4
	Número médio de passageiros transportados por hora (pass.)	1
	Atraso médio dos veículos (seg.)	0,5
	Percentagem de aumento da distância média em relação ao CMC (%)	16,7
	Percentagem de aumento do tempo médio em relação ao CMC (%)	46,1

Os indicadores que permitem a análise do nível de serviço resultaram em: i) uma taxa de atendimento de 84,4%, em média; ii) um cliente é transportado por hora; iii) um atraso médio dos veículos inferior, em média a um segundo; iv) um aumento percentual médio da distância e do tempo em relação ao CMC de 16,7% e 46,1%, respetivamente.

Os pedidos gerados resultaram numa média de 26 por dia, com variação segundo uma distribuição normal truncada com desvio padrão 2,6 (10% da média). Assim, ao longo dos 350 dias de simulação, o número de pedidos diários, para uma taxa de adesão 1% varia entre os 23 e os 28 pedidos.

6.2. Efeito da taxa de adesão

Para analisar o efeito da taxa de adesão (procura), consideraram-se diferentes percentagens de adesão, a variar entre 0,5%; 1%; 1,2%; 1,5%; 2%; 5%; 10% e 25% da população com mais de 20 anos de idade.

Os resultados são apresentados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3. Indicadores de desempenho atendendo à variação da adesão.

Indicadores		Nível de paragem: N1 JT: O[20]-D[20] Tolerância: zero min.							
		Adesão 0,5%	Adesão 1%	Adesão 1,2%	Adesão 1,5%	Adesão 2%	Adesão 5%	Adesão 10%	Adesão 25%
			2,3	3,4	3,8	4,4	5,2	9,4	14,5
Custos operacionais	Distância realizada por todos os veículos	207	408	487	618	762	1641	2811	5448
	Distância média por veículo	90	120	129	141	147	175	194	216
	Taxa média ocupação total	9,5	10,4	11,7	12,1	12,7	15,8	17,6	18,8
	Taxa média ocupação parcial	26	27,3	29,2	29,5	30,5	33,2	33,8	34,9
	Percentagem de tempo dos veículos em vazio	75,5	71	70,4	69,4	67,6	61,7	57,2	51,9
	Percentagem de distância dos veículos em vazio	63,3	61,2	59,9	59	58,3	52,4	48,2	42,5
	N.º médio de passageiros transportados/dia	9,8	20,8	25,4	33,1	43	111	221	552
	Distância realizada por todos os passageiros	84	180	228	300	388	1059	2186	5618
	Distância média por passageiro	8,4	8,6	8,9	9,1	9	9,5	9,9	10,2
	Intensidade de utilização do serviço	0,049	0,052	0,053	0,054	0,057	0,068	0,079	0,1
Nível de serviço	Taxa de atendimento	83,9	84,4	84,7	84,8	84,1	84,7	84,3	84,5
	N.º médio de passageiros transportados /hora	0,8	1	1,1	1,2	1,3	1,8	2,3	3,1
	Atraso médio dos veículos	0,3	0,5	0,6	0,9	0,9	2,1	3,1	4,2
	Percentagem de aumento da distância média em relação ao CMC	10,6	16,7	18,4	20	20,1	27,5	30,1	34,5
	Percentagem de aumento do tempo médio em relação ao CMC	31,4	46,1	49	54,4	59,2	82	93,7	108,1

Quando a procura varia, o número de veículos necessário para a satisfazer também varia. Mais ainda, um serviço do tipo DRT pretende adequar a dimensão dos veículos à procura de forma a beneficiar de taxas de ocupação maiores que um serviço de TP regular. Assim, para além do número de veículos analisou-se também a dimensão dos mesmos.

Dos resultados obtidos, o número médio de veículos diários necessários aumentou com a adesão ao serviço. Assim, o número de veículos para o serviço DRT com uma adesão de 1% da população na área de estudo (com mais de 20 anos) foi, em média 3,4 veículos de quatro lugares (excluindo o motorista). Quando se diminuiu a adesão para 0,5% foram necessários, em média, menos 1,1 veículos (2,3). Aumentando a adesão, a dimensão dos veículos (de quatro lugares) manteve-se até uma adesão de 2% passando a ser necessários mais 1,8 veículos (5,2), todos com a mesma capacidade. Assim, o número médio da frota foi de 3,4; 3,8; 4,4 e 5,2 veículos com quatro lugares para a adesão de 1%; 1,2%; 1,5% e 2%, respetivamente (Figura 6.1).

Para uma adesão mais elevada, eram necessários veículos de maiores dimensões e em maior número. Para 5% e 10% de adesão são necessários, em média, 7,4 e 12,5 veículos de quatro lugares, respetivamente e mais 2 veículos de seis lugares. Para 25% de adesão já são necessários, em média, 15 veículos de quatro lugares, 7 de seis lugares e 3 de oito lugares para satisfazer a procura.

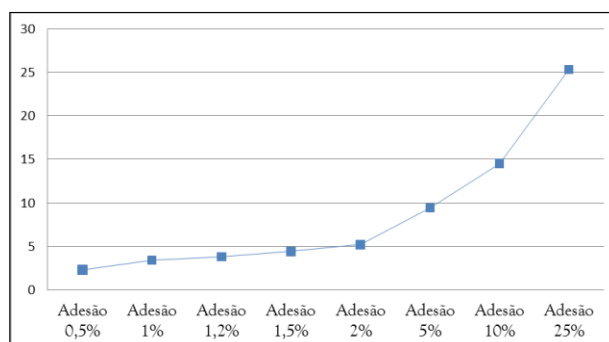


Figura 6.1. Variação do número de veículos.

O aumento do número médio de pedidos diários afetou o número de veículos e aumentou os quilómetros totais realizados por dia por todos os veículos (veíc.km), assim como os quilómetros percorridos por todos os passageiros (pass.km). Consequentemente aumentaram os quilómetros por veículo necessários para levar todos os passageiros e aumentou a taxa de ocupação dos veículos (parcial e total). No entanto, com o aumento dos passageiros a razão (pass.km)/pass está entre os 8,4 e os 10,2 ou seja, o número médio de quilómetros percorrido por passageiro não se demonstrou sensível ao aumento da procura.

Elevando-se o número de passageiros por quilómetro, a intensidade de utilização do serviço também aumentou. Sendo o valor desse indicador reduzido (na ordem dos 0,05), aumentou de 0,052 até 0,1 para 0,5% até 25% da população, respetivamente.

A percentagem de distância que os veículos se encontram vazios (sem passageiros a bordo), até uma adesão de 10% foi sempre superior a 50%, possivelmente devido à dispersão e à pequena quantidade de pedidos dificultando a inclusão de um maior número de pessoas nos mesmos horários. No entanto, aumentando a procura esses valores diminuíram (Figura 6.2).

Com o aumento da adesão de 1% até 25%, diminui o tempo dos veículos em vazio, de 71% até 51,9%, respetivamente (-19,1%), e as distâncias percorridas pelos veículos em vazio diminuem de 61,2% até 42,5%, respetivamente (-18,7%). A percentagem de tempo em vazio foi sempre superior a 50%.

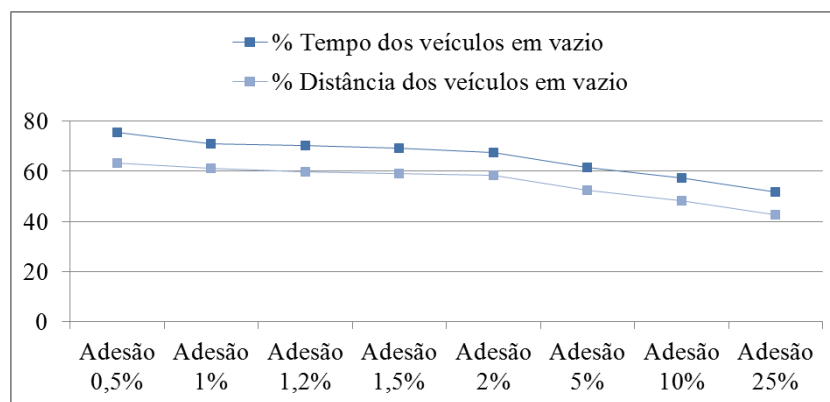


Figura 6.2. Variação da percentagem de tempo e distância do veículo em vazio.

Como seria de esperar, aumentando a procura, aumentaram também os desvios em relação ao CMC entre origens e destinos de cada passageiro a bordo. Isto é motivado pelos quilómetros extra para ir recolher os restantes passageiros, daí se terem verificado aumentos percentuais da distância média em relação ao CMC (Figura 6.3).

No caso do aumento percentual do tempo médio em relação ao CMC, sendo a rede viária a mesma, só acresce ao tempo de viagem as entradas e saídas de mais passageiros e possíveis desvios por caminhos mais demorados. Como o aumento na percentagem de tempo foi superior ao da distância, possivelmente o aumento médio da distância de deslocação entre origens e destinos foi pequena. É de notar que para uma adesão de 25%, o tempo médio de viagem aumentou mais do dobro (108,1%), comparativamente com o CMC.

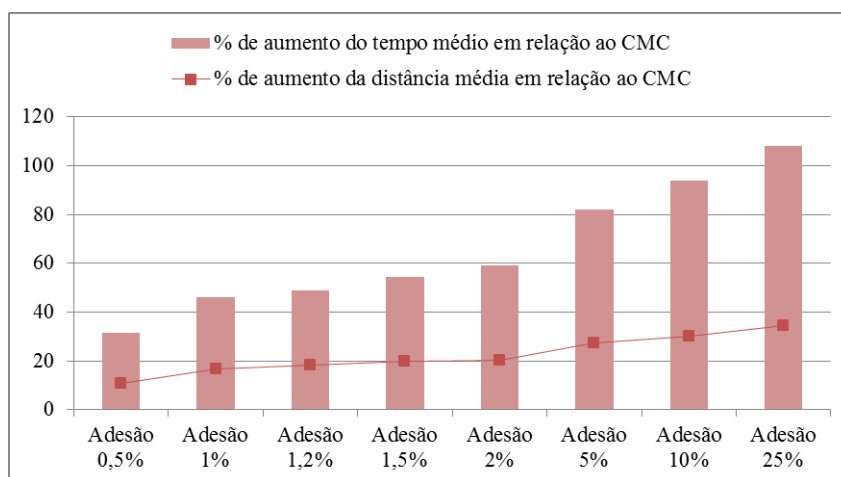


Figura 6.3. Variação do aumento percentual de distância e tempo em relação ao CMC.

São vários os indicadores que se revelaram sensíveis à variação da percentagem de adesão. Quanto maior a procura, maior a exigência de recursos, e maiores os valores dos indicadores de desempenho. Variando o número de passageiros, há implicações nas receitas e nos custos operacionais do serviço. No entanto, a taxa de atendimento não foi afetada pela variação da procura pois não havendo limitações de veículos, o que afetou a taxa de atendimento terá sido o incumprimento das regras operacionais. Como exemplo, refere-se o caso de um cliente que chegue atrasado à paragem, em situações em que a tolerância de espera é zero, e em que o transporte do mesmo não se realizará.

6.3. Efeito da janela temporal

Com diferentes janelas temporais (JT) pretende-se analisar a sensibilidade dos indicadores no que se refere à flexibilidade de horários. Uma JT com uma amplitude de 30 minutos na origem é representada por: [O-30] e por 20 minutos no destino é apresentada por: [D-20]. Este tempo corresponde aos minutos que um cliente está disposto a esperar pelo veículo na paragem desde a hora prevista para a chegada do mesmo.

As JT consideradas variaram com intervalos de amplitude: 30 minutos, 20 minutos e 10 minutos, na origem e no destino (Cordeau e Laporte, 2003b; Diana *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2006; Mitrović-Minić *et al.*, 2004; Quadrifoglio *et al.*, 2008b).

As variações das JT consistiram no aumento ou redução de 10 minutos às amplitudes da JT base, para as origens (O) e/ou para os destinos (D):

- JT base: 20 minutos, JT: [O-20,D-20];
- Aumento apenas na origem, JT: [O-30,D-20];
- Aumento apenas no destino, JT: [O-20,D-30];
- Aumento na origem e no destino, JT: [O-30,D-30];
- Redução apenas na origem, JT: [O-10,D-20];
- Redução apenas no destino, JT: [O-20,D-10];
- Redução na origem e no destino, JT: [O-10,D-10].

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 6.4.

Tabela 6.4. Indicadores de desempenho para a flexibilidade de horários.

Indicadores		Adesão: 1%						
		Tolerância: 0 (zero) min.						
		Nível de paragem: N1						
		JT: O[30]- D[20]	JT: O[20]- D[30]	JT: O[30]- D[30]	JT: O[20]- D[20]	JT: O[10]- D[20]	JT: O[20]- D[10]	JT: O[10]- D[10]
Custos operacionais	N.º médio de veículos utilizados por dia	3,2	3,3	3	3,4	3,9	3,8	4,1
	Distância realizada por todos os veículos	408	409	403	408	411	410	417
	Distância média por veículo	128	124	134	120	106	108	102
	Taxa média ocupação total	10,9	10,8	11,3	10,4	9,6	9,7	9,2
	Taxa média ocupação parcial	28,5	27,5	30,1	27,3	25,6	26,8	25,9
	Percentagem de tempo dos veículos em vazio	70,7	70,5	70,0	71,0	72,8	73,5	74,1
	Percentagem de distância dos veículos em vazio	59,6	59,8	54,9	61,2	61,8	61,8	63,3
	N.º médio de pass. transportados/dia	20,7	20,8	20,7	20,8	20,7	20,7	20,7
	Distância realizada por todos os passageiros	194	197	198	180	174	173	165
	Distância média por passageiro	9,4	9,5	9,5	8,6	8,4	8,4	7,9
	Intensidade de utilização do serviço	0,052	0,052	0,052	0,052	0,051	0,051	0,051
Nível de serviço	Taxa de atendimento	84,5	84,5	84,1	84,4	84	84,5	84,1
	N.º médio de passageiros transportados/hora	1,1	1,1	1,1	1	0,9	0,9	0,9
	Atraso médio dos veículos	0,7	1,1	1	0,5	0,2	0,2	0,2
	Percentagem de aumento da distância média em relação ao CMC	27,8	26,7	26,0	16,7	10,6	12,4	4,4
	Percentagem de aumento do tempo médio em relação ao CMC	52,5	54,6	60,0	46,1	32,7	31,1	24,7

Ao aumentar a amplitude da JT, obteve-se como resultado um menor número médio de veículos necessários por dia, já ao reduzir a JT o número de veículos aumentou. Considerando os 3,4 veículos, em média, para a JT [O-20,D-20], estes passam para 3,2 na JT

[O-30,D-20], para 3,3 na JT [O-20,D-30] e para 3 na JT [O-30,D-30]. Ao diminuir a JT, os 3,4 inicialmente necessários, em média, passam para 3,9 na JT [O-10,D-20], para 3,8 na JT [O-20,D-10] e para 4,1 na JT [O-10,D-10] (Figura 6.4).

Evidenciou-se que quanto maior a JT, menor o número médio de veículos necessários, uma vez que havendo mais tempo o veículo podia atender mais passageiros, dentro desse intervalo de tempo.

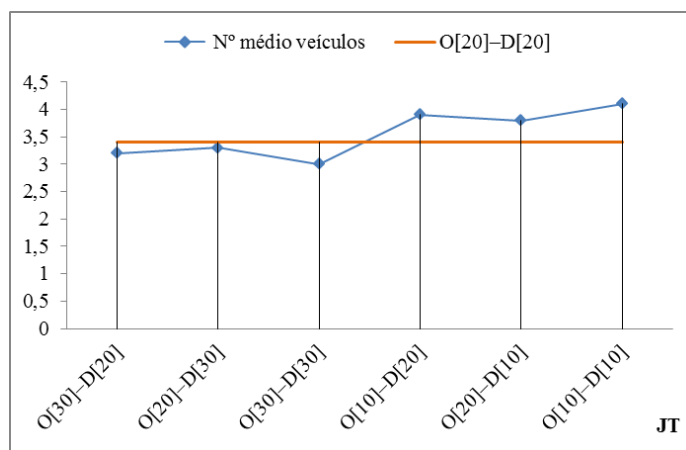


Figura 6.4. Variação do número médio de veículos utilizados.

O número médio de veículos necessários diariamente foi alterado por efeito da variação das JT. No mínimo foram necessários 3 veículos e no máximo 4 veículos.

Com uma maior restrição temporal foram necessários mais veículos para ir recolher clientes (eventualmente mais afastados), como consequência do aumento do número de veículos, a distância média percorrida por passageiro diminuiu (no máximo 700 metros), assim como as taxas de ocupação.

A percentagem de tempo e distância que os veículos se deslocaram em vazio, demonstraram variações com as alterações das amplitudes das JT na origem e/ou no destino. O comportamento destes indicadores é contrário às alterações das JT, ou seja, quando a amplitude da JT aumenta, os indicadores diminuem de valor e quando a amplitude da JT é reduzida, os indicadores elevam-se (Figura 6.5).

As variações mais acentuadas na percentagem de distância e tempo que os veículos estão em vazio foram quando se alterou a amplitude da JT na origem e no destino simultaneamente. A distância em vazio diminuiu 6,3% ao relaxar a JT para [O-30,D-30] e

aumentou 2,1% ao restringir a JT para [O-10,D-10]. O tempo que o veículo se desloca em vazio aumentou 3,1% ao restringir a JT para [O-10,D-10].

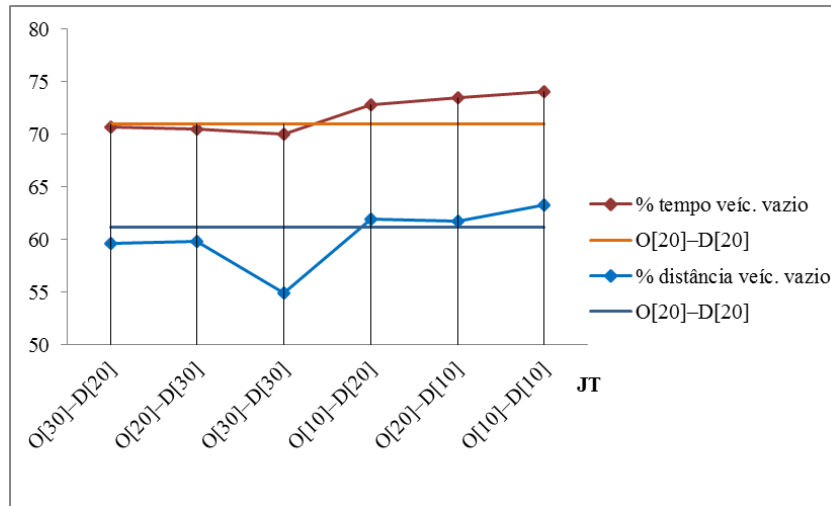


Figura 6.5. Variação da porcentagem de tempo e distância do veículo em vazio.

A ocupação média dos veículos, quer total, quer parcial, aumentaram com o relaxamento da JT, sendo de notar que quando essa relaxação é na origem, o aumento destes indicadores é superior (total: aproximadamente 0,5%; parcial: aproximadamente 1,2%) quando comparado com a relaxação no destino (total: aproximadamente 0,4%; parcial: aproximadamente 0,2%).

Com o aumento da amplitude da JT na origem ou no destino, a distância média percorrida por passageiro aumentou (aproximadamente entre 9% a 10%). Com a restrição da amplitude diminuiu (aproximadamente entre 2% a 8%).

A distância média por veículo aumentou no máximo 8km para o relaxamento da JT e diminuiu no máximo 14km para restrição na JT.

No que se refere aos indicadores de aumento percentual da distância média e do tempo médio em relação ao CMC, estes revelaram-se sensíveis às variações da JT. Aumentando a JT, podendo ir recolher mais passageiros, a distância e o tempo médio de deslocação entre origem e destino para cada passageiro aumentou comparativamente com o CMC.

Os aumentos percentuais da distância e tempo relativamente às deslocações pelo CMC foram maior que na JT inicial [O-20,D-20]. Concretamente, o aumento da distância

passou de aproximadamente 17% em [O-20,D-20] para cerca de 28% em [O-30,D-20] (aumentando numa ordem máxima de 11%). Quanto ao aumento percentual do tempo, passou de aproximadamente 46% em [O-20,D-20] para cerca de 60% em [O-30,D-30] (numa ordem máxima de 14%).

Os aumentos percentuais de distância e tempo, comparativamente com o CMC restringindo as amplitudes das JT, são menores. Assim, o aumento percentual da distância passou de 17% em [O-20,D-20] para cerca de 4% em [O-10,D-10] (numa ordem máxima de -13%). O aumento percentual em tempo passou de 46,1% em [O-20,D-20] para 24,7% em [O-10,D-10] (numa ordem máxima de -21,4%). As variações maiores verificaram-se alterando a JT na origem e no destino simultaneamente (Figura 6.6).

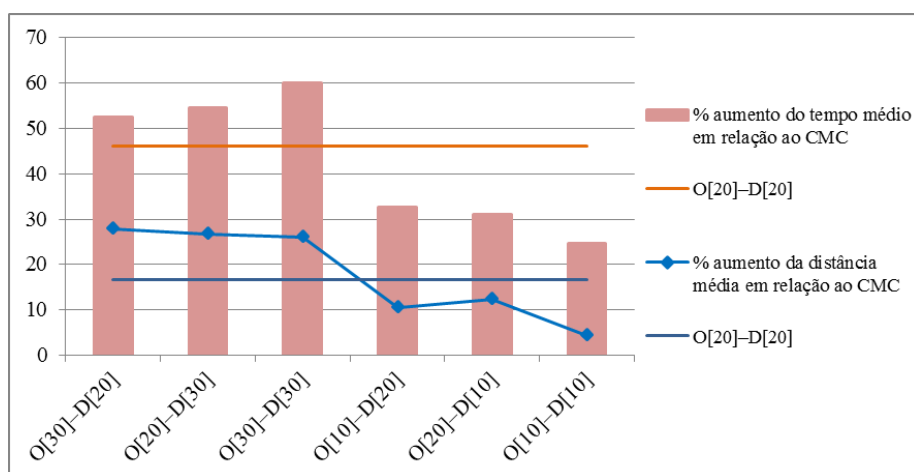


Figura 6.6. Variação do aumento percentual da distância e tempo em relação ao CMC.

As variações percentuais acentuadas nos tempos, e mais reduzidas nas distâncias. Este efeito é certamente devido ao facto das distâncias (e tempos) serem pequenos, em termos absolutos, pelo que uma também pequena variação absoluta resulte em grandes variações relativas. Ou seja, as causas para o facto das percentagens de tempos entre OD em relação ao CMC serem elevadas (com as percentagens das distâncias baixas), pode ser justificado pelo reduzido tempo de viagem, onde poucos minutos de acréscimo resultaram em percentagens elevadas (por exemplo, se uma viagem com 5 min. aumenta para 15 min., o que seria razoável num serviço do tipo DRT, significaria um aumento de 300%, no entanto o tempo de viagem é relativamente pequeno).

No que se refere aos indicadores que revelaram pouca sensibilidade às alterações das JT, tem-se, a taxa de atendimento e o atraso médio dos veículos, (inferior a um segundo). A pouca sensibilidade no atraso dos veículos, possivelmente deve-se ao facto de serem poucas

pessoas por paragem, tendo o veículo a tendência de chegar mais cedo (foram mais os dias em que o atraso era, em média, zero do que os dias em que apresentaram algum tempo de atraso).

Resumindo, dos resultados constatou-se que o sistema é sensível às variações das JT, quer apenas na origem, ou no destino ou em ambos, revelando maiores variações nos indicadores de desempenho se as variações das JT forem na origem.

6.4. Efeito da tolerância na espera pelo cliente

Com a variação da tolerância (Tol.) de espera do veículo pelos clientes dentro da JT definida pretende-se analisar a sensibilidade do nível de serviço, nomeadamente a variação dos atrasos do veículo e da taxa de atendimento de clientes.

Considerou-se a tolerância a variar entre zero, um, cinco e dez minutos (Potvin *et al.*, 2006). Os resultados estão apresentados na Tabela 6.5.

Tabela 6.5. Indicadores de desempenho atendendo à tolerância de espera do veículo.

Indicadores		Adesão: 1%			
		JT: O[20]-D[20]			
		Nível de paragem: N1			
		Tol. 0 min.	Tol. 1 min.	Tol. 5 min.	Tol. 10 min.
Custos operacionais	N.º médio de veículos utilizados por dia	3,4	3,4	3,4	3,4
	Distância realizada por todos os veículos	408	414	424	430
	Distância média por veículo	120	122	125	127
	Taxa média ocupação total	10,4	11	11,8	12,1
	Taxa média ocupação parcial	27,3	27,8	27,8	27,8
	Percentagem de tempo dos veículos em vazio	71	72,6	76,6	77,2
	Percentagem de distância dos veículos em vazio	61,2	59,2	55,9	55,2
	N.º médio de passageiros transportados/dia	20,8	21,8	24	24,5
	Distância realizada por todos os passageiros	180	194	214	219
	Distância média por passageiro	8,6	8,9	8,9	8,9
	Intensidade de utilização do serviço	0,052	0,054	0,057	0,058

(Continua)

Tabela 6.5. Continuação.

Indicadores		Adesão: 1%			
		JT: O[20]-D[20]			
		Nível de paragem: N1			
		Tol. 0 min.	Tol. 1 min.	Tol. 5 min.	Tol. 10 min.
Nível de serviço	Taxa de atendimento	84,4	88,5	97,9	99,8
	N.º médio de passageiros transportados/hora	1	1,1	1,2	1,2
	Atraso médio dos veículos	0,5	3	17	27
	Percentagem de aumento da distância média em relação ao CMC	16,7	20,4	20,5	22
	Percentagem de aumento do tempo médio em relação ao CMC	46,1	48,2	57,1	61,9

A percentagem de tempo dos veículos em vazio aumentou com o aumento da tolerância, pois sendo um passageiro, em média, transportado por hora (sendo a distância média por passageiros cerca de 9 quilómetros, em aproximadamente 13 minutos, para um veículo a deslocar-se em média a 40km/h), significa que o veículo ficou vários minutos sem passageiros a bordo (vazio), tendo de esperar que o próximo cliente chegasse à paragem seguinte, fazendo aumentar o tempo em vazio. Assim, o tempo médio de deslocação em vazio aumentou de 71% inicial (com Tol.=0 min.) para 72,6% (+1,6%, para Tol.=1min.), para 76,6% (+5,6%, para Tol.=5 min.) e para 77,2% (+6,2%, para Tol.=10 min.).

Contrariamente, a percentagem de distância em vazio diminuiu com o aumento da tolerância, pois sendo atendidos mais clientes, as distâncias que o veículo percorreu sem passageiros foi menor do que com tolerância zero (onde eram atendidos menos passageiros e o veículo podia seguir para o cliente seguinte sem esperar por atrasos). Assim, aumentando da tolerância de espera, a percentagem média de distância dos veículos em vazio diminuiu de 61,2% inicial para 59,2% (-2%, para Tol.=1 min.), para 55,9% (-5,3%, para Tol.=5 min.) e para 55,2% (-6%, para Tol.=10 min.) (Figura 6.7).

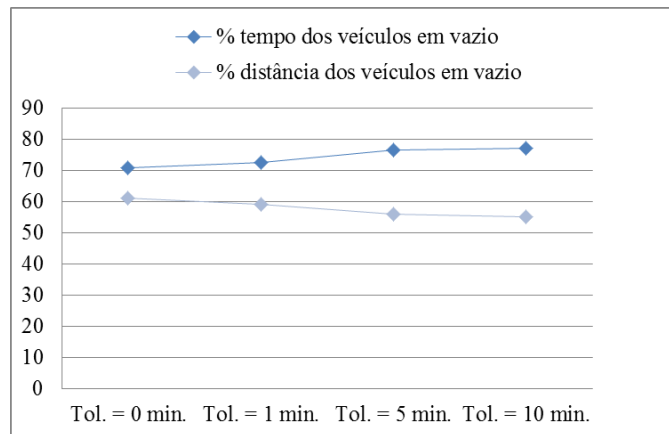


Figura 6.7. Variação da taxa de atendimento e tempo em vazio dos veículos.

Comparativamente com as restantes alterações dos parâmetros, a taxa de atendimento apenas se revelou sensível à variação da tolerância de espera do veículo na paragem. Quando a tolerância aumenta de zero para um minuto, a taxa de atendimento aumenta de 84,2% para 88,5% (+4,3%) e quando a tolerância é de 5 minutos a taxa de atendimento é superior, cerca de 97,9%, passando para 99,8% quando a tolerância é de 10 minutos.

O número médio de clientes transportados por dia revelou-se sensível ao aumento da tolerância. Para uma tolerância zero foram transportados em média 20,8 passageiros por dia. Ao aumentar a tolerância de espera para um minuto, o número médio de pessoas transportadas por dia aumenta para 21,8 (+1 pessoa/dia), para Tol.=5min. aumenta para 24 pessoas (+3,2 pessoas/dia) e para Tol.=10min. aumenta para 24,5 pessoas (+3,7 pessoas/dia).

A intensidade de utilização do serviço aumenta, em média 3,8% com o aumento da tolerância, verificando-se sensível à sua variação.

As distâncias médias por veículo aumentam com o aumento da tolerância como consequência do transporte de mais passageiros com origens e destinos diferentes. Para Tol.=0min. cada veículo deslocou-se, em média, diariamente 120km, para Tol.=1min. percorreu cerca de 122km (+2km/veíc., cerca de 1,7%), para Tol.=5min. percorreu 125kms (+5km/veíc., cerca de 4,2%) e para Tol.=10min. percorreu 127km (+7km/veíc., cerca de 5,8%).

O atraso médio do veículo revelou-se muito sensível ao aumento da tolerância, não tendo revelado sensibilidade com as restantes alterações dos outros parâmetros. Sendo próximo de zero segundos, para a inexistência de tolerância (atraso médio de 0,5 segundos), passa para 3 segundos quando Tol.=1min., aumentando cerca de 600%. Quando Tol.=5min., o

atraso médio passa a ser de 17seg., aumentando 3400%. Quando Tol.=10min., o atraso médio é de 27seg., aumentando 5400%.

Os desvios do CMC em distância e tempo, são fatores que influenciam o nível de serviço, daí a importância da sua sensibilidade às variações dos parâmetros. Com o aumento da tolerância de espera na paragem, aumentaram o número de passageiros havendo maiores desvios do CMC, elevando os percentuais dos tempos e distâncias relativamente ao CMC, afetando o nível de serviço para os clientes a bordo.

Da tolerância zero para um minuto, o aumento percentual da distância média e do tempo médio em relação ao CMC foi aproximadamente 3,7% (de 16,7% para 20,4%) e 2,1% (de 46,1% para 48,2%), respetivamente (Figura 6.8).

Para Tol.=5min. o aumento percentual da distância média e do tempo médio em relação ao CMC foi aproximadamente 3,8% (de 16,7% para 20,5%) e 11% (de 46,1% para 57,1%), respetivamente. E para Tol.=10min. o aumento percentual da distância média e do tempo médio em relação ao CMC foi aproximadamente 5,3% (de 16,7% para 22%) e 15,8% (de 46,1% para 61,9%), respetivamente.

É ainda importante referir que para cinco e dez minutos de tolerância, o aumento percentual do tempo médio comparativamente com o CMC foi superior a 50% (Figura 6.8).

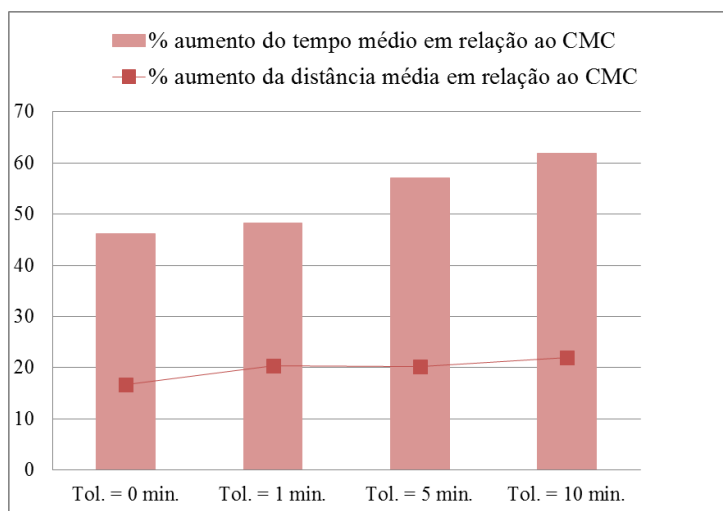


Figura 6.8. O aumento percentual da distância e tempo médios em relação ao CMC.

Resumindo, o indicador que demonstrou maior sensibilidade à variação da tolerância de espera do veículo nas paragens foi a taxa de atendimento do serviço, que para uma tolerância de zero minutos não transporta cerca de 15% dos clientes, e com tolerância de 10

minutos transporta praticamente a totalidade dos pedidos (99,8%). Estes valores foram fortemente influenciados pelo comportamento dos utilizadores (distribuição de chegada à paragem), uma vez que se os clientes fossem pontuais as diferenças seriam notavelmente esbatidas.

Comparativamente, com outras variações de parâmetros, apenas no efeito da tolerância é que o indicador dos atrasos médios dos veículos se revelou sensível, uma vez que o veículo tendo de ficar à espera de clientes que se atrasem, pode resultar no seu próprio atraso para atender o cliente seguinte.

Grande parte das variações causadas nos indicadores, pelas mudanças de tolerância nas paragens, resultou do facto de se transportar mais passageiros quando a tolerância era maior (o veículo esperava por clientes que se tinham atrasado). Dessa forma, aumentam as distâncias médias percorridas pelos veículos, e com a espera dos veículos pelos passageiros também mais passageiros são transportados aumentando a intensidade de utilização do serviço (aproximadamente 10%).

Há indicadores que não demonstraram sensibilidade à variação do parâmetro da tolerância, concretamente, a distância média por passageiro, o número médio de passageiros por hora e o número de veículo necessários por dia.

6.5. Efeito da frequência de paragem

Com a variação da tipologia das paragens, altera-se o número de paragens disponíveis para realizar o serviço. As diferentes paragens foram definidas segundo três tipologias:

- Paragem tipo 1 (N1): são as paragens existentes atualmente para o serviço de TP regular e oficialmente assinaladas, que foram identificadas em mapa pelos Presidentes de Junta de freguesia, aquando das entrevistas no âmbito do projeto ASTRA;
- Paragem tipo 2 (N2): inclui as paragens N1 e adiciona paragens segundo o modelo gravitacional de forma intercalada com as paragens N1 mais próximas dos polos populacionais (intercaladas a aproximadamente 300 metros) ao longo da mesma estrada;
- Paragem tipo 3 (N3): inclui as paragens N2 (consequentemente também as N1) e ainda paragens mais próximas umas das outras recorrendo ao modelo gravitacional, para que

se aproximem ainda mais dos polos populacionais (intercaladas a aproximadamente 150 a 200 metros entre N1 e N2) ao longo da mesma estrada.

Para a localização de algumas paragens (que não existem atualmente) recorreu-se, em alguns casos, à aplicação do modelo gravitacional sobre os diversos polos populacionais das freguesias, tendo em conta a sua localização e uma estimativa do número de residentes em cada um deles.

Cada tipologia de paragem possui gradualmente um maior número de locais de paragem. Como definido por Deflorio (2011), assumiu-se que todos os nós considerados em cada nível das paragens têm características homogêneas e, conseqüentemente têm a mesma probabilidade de gerar (origem) ou atrair (destino) viagens.

Os resultados apresentam-se na Tabela 6.6.

Tabela 6.6. Indicadores de desempenho para a frequência de paragens.

Indicadores		Adesão: 1% Tolerância: 0 (zero) min. JT: O[20]-D[20]		
		Paragem N1	Paragem N2	Paragem N3
		Custos operacionais	N.º médio de veículos utilizados por dia	3,4
Distância realizada por todos os veículos	408		404	403
Distância média por veículo	120		118	115
Taxa média ocupação total	10,4		10,2	9,6
Taxa média ocupação parcial	27,3		27,6	28,5
Percentagem de tempo dos veículos em vazio	71		71,5	72,2
Percentagem de distância dos veículos em vazio	61,2		61,8	63
N.º médio de passageiros transportados /dia	20,8		20,8	20,7
Distância realizada por todos os passageiros	180		176	171
Distância média por passageiro	8,6		8,5	8,2
Intensidade de utilização do serviço	0,052		0,052	0,052
Nível de serviço	Taxa de atendimento	84,4	84,5	84,2
	N.º médio de passageiros transportados/hora	1	1	1
	Atraso médio dos veículos	0,5	0,6	0,6
	Percentagem de aumento da distância média em relação ao CMC	16,7	17,3	18,5
	Percentagem de aumento do tempo médio em relação ao CMC	46,1	49	49

A percentagem de tempo e distância em vazio aumentou ligeiramente com o aumento sucessivo do nível de paragens. O tempo do veículo em vazio aumentou de 71% em N1 para 71,5% em N2 (+0,5%), e aumentou 1,2% de N1 para N3. A distância em vazio aumentou de 61,2% em N1 para 61,8% em N2 (+0,6%) e aumentou 1,8% de N1 para N3 (Figura 6.9).

Ao simular com o nível N1, os clientes podiam ter de sair numa paragem mais afastada do destino pretendido, do que em níveis superiores (N2 e N3), estando mais tempo e percorrendo uma distância maior, reduzindo o valor da percentagem média de tempo e distância do veículo em vazio.

Assim, ao aumentar o nível de paragens (consequentemente o número de paragens, mais próximas tanto das origens como dos destinos pretendidos) a paragem de destino do último cliente a bordo, podia ser mais afastada da origem do cliente seguinte. Assim, o veículo deslocava-se até à paragem seguinte em vazio e podia ter de esperar pelos passageiros seguintes, consequentemente aumentando o valor dos indicadores tempo e distância dos veículos em vazio.

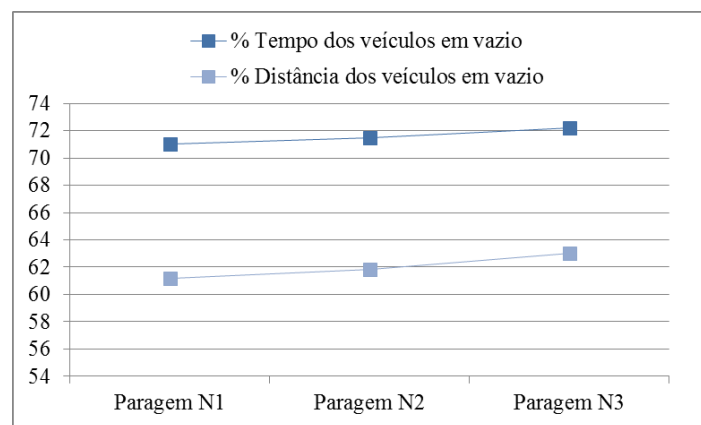


Figura 6.9. Percentagem de tempo e distância do veículo em vazio.

A taxa de ocupação total diminuiu com o aumento do número de paragens de 10,4% em N1 para 9,6% em N3 (-0,2% para N2 e -0,8% para N3). Já a taxa de ocupação parcial aumentou com o número de paragens, de 27,3% em N1 até 28,5% em N3 (+0,3% para N2 e +1,2% para N3).

A distância média por passageiro sofreu algumas alterações, diminuindo em média cerca de cem metros com o aumento do número de paragens de N1 para N2 e cerca de quatrocentos metros, em média do nível N1 para o N3.

Com o aumento do número de paragens, a distância média percorrida por veículo diminuiu (redução média máxima de aproximadamente 5 quilómetros do N1 para o N3), pois podia não ser necessário transportar ou recolher passageiros a paragens que se encontrassem mais afastadas, reduzindo assim o número total de quilómetros a percorrer pelos veículos (Tabela 6.6).

O aumento percentual da distância e do tempo relativamente às deslocações pelo CMC não demonstraram sensibilidade ao aumento do número de paragens. A distância aumenta do mínimo de 16,7% em N1 para 18,5% em N3. O tempo aumenta de 46,1% em N1 para 49% em N3 (Figura 6.10).

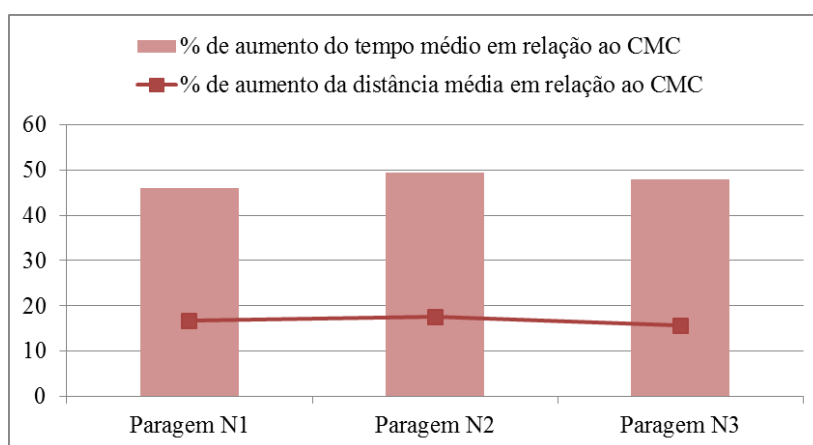


Figura 6.10. Variação do aumento percentual da distância e tempo em relação ao CMC.

Para este estudo não foi considerado serviço do tipo porta-a-porta, pelo que as paragens se localizaram ao longo da mesma estrada na rede viária. Por este motivo, a maioria dos indicadores de desempenho não sofreram alterações significativas.

6.6. Discussão

De uma forma geral, dependendo de quais os parâmetros a serem alterados, as implicações nos indicadores de desempenho são diferentes.

Pretende-se discutir alguns dos comportamentos dos indicadores de desempenho e a sua sensibilidade às variações dos parâmetros do sistema.

No que diz respeito aos parâmetros que afetam o maior número de indicadores, tem-se as variações da adesão (os diferentes cenários), e as variações das janelas temporais

(havendo ligeiramente maior sensibilidade a variações na origem do que no destino), segue-se as variações na tolerância de espera na paragem pelos clientes dentro da JT definida e por último, o efeito do parâmetro da frequência de paragens, demonstrou que os indicadores não são muito sensíveis às suas alterações deste parâmetro (comparativamente com as variações que sofrem ao alterar outros parâmetros).

Analisadas as sensibilidades dos indicadores face às alterações dos parâmetros foi possível perceber que:

- O número de veículos só é sensível para as variações da adesão e das JT;
- A taxa de ocupação dos veículos tanto total como parcial, demonstraram alguma sensibilidade à variação dos parâmetros, com exceção da tolerância.
- As distâncias e tempo em vazio são sensíveis às variações de qualquer parâmetro (mais sensíveis com a adesão e as JT, menos sensível com a frequência de paragens e com comportamentos contraditórios entre o tempo e a distância para a variação da tolerância);
- O número de passageiros transportados por dia são sensíveis à adesão e à tolerância mas não demonstram sensibilidade para as JT e para a frequência de paragens;
- A intensidade de utilização do serviço é sensível à adesão e à tolerância de espera (pois aumenta o número de clientes serviços), pouco sensível à JT e nada sensível à frequência de paragem;
- As percentagens de tempo e distância que os veículos circulam em vazio, assim como os aumentos percentuais de tempo e distância em relação ao CMC são sensíveis às alterações de quase todos os parâmetros, com a exceção da frequência de paragens;

Comparativamente entre todas as alterações dos parâmetros, a taxa de atendimento e os atrasos do veículo apenas se revelaram sensíveis à variação da tolerância de espera do veículo na paragem.

Os indicadores de desempenho que apresentaram menor sensibilidade na variação dos parâmetros foram: a distância percorrida por passageiro e o número de passageiros transportados por hora.

Para se estruturar um serviço de TP hipotético para uma área de estudo segundo cada cenário. É preciso considerar os diferentes cenários de procura tomando decisões acerca da dimensão e constituição da frota (Tabela 6.7).

Tabela 6.7. Percentagens acumuladas do n.º de veículos diários para cada cenário de adesão.

		Número de veículos																		
Adesão		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Percentagens acumuladas	0,5%	3,4%	72,8%	98,5%	100%															
	1%		5,1%	57,6%	94,9%	100%														
	1,2%		1,5%	35,9%	86,3%	98,5%	100%													
	1,5%			10%	58,5%	93%	99,4%	100%												
	2%			0,9%	20,5%	67,2%	94,8%	99%	99,7%	100%										
	5%								4%	21,7%	54%	84%	98%	100%						
	10%												2,6%	7,2%	23,2%	52,6%	76,3%	89,7%	96,8%	100%
	25%																			

(Continua)

Tabela 6.8. Continuação

		Número de veículos													
Adesão		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Percentagens acumuladas	0,5%														
	1%														
	1,2%														
	1,5%														
	2%														
	5%														
	10%														
25%	0,3%	1,4%	3,7%	8,6%	20,6%	36,3%	56,3%	72%	86%	94%	97,4%	98,5%	99,4%	100%	

Da Tabela 6.7 verifica-se que para os diferentes cenários de adesão, para satisfazer 90% dos dias simulados, o número de veículos é:

- Para 0,5% de adesão, 3 veículos;
- Para 1% de adesão, 4 veículos;
- Para 1,2% e 1,5% de adesão, 5 veículos;
- Para 2% de adesão, 6 veículos;
- Para 5% de adesão, 11 veículos;
- Para 10% de adesão, 17 veículos;
- Para 25% de adesão, 28 veículos.

A distribuição da dimensão dos veículos é efetuada de acordo com as necessidades diárias resultantes das simulações, ou seja, que percentagem dos 350 dias simulados foi necessário diferentes dimensões de veículos (Tabela 6.8).

Tabela 6.8. Percentagens da dimensão dos veículos necessários diariamente.

	Adesão	4 lugares	6 lugares	8 lugares	15 lugares	Outros
Percentagens	0,5%	100%	-	-	-	-
	1%	100%	-	-	-	-
	1,2%	100%	-	-	-	-
	1,5%	99,3%	0,7%	-	-	-
	2%	98,9%	1,1%	-	-	-
	5%	82,4%	17,4%	0,2%	-	-
	10%	50,9%	44,5%	4,4%	0,1%	-
	25%	30,2%	30,1%	27,6%	12,0%	-

Em termos de custos operacionais e receitas (do ponto de vista do operador), quanto maior o número de passageiros e as JT, e quanto menor a tolerância de espera nas paragens e a constituição da frota, melhor. Já em termos de nível de serviço, os passageiros preferem que a adesão seja baixa (menos pessoas a partilhar o veículo), JT de preferência zero (hora exata), o máximo de tolerância na espera do veículo pelo cliente que se atrasa e a paragem à porta de casa.

Conciliar estes desejos antagônicos não é fácil. Uma análise da sustentabilidade para cada cenário, nas três dimensões econômica, social e ambiental (desenvolvida no Capítulo seguinte) poderá permitir perceber a cedência necessária das duas partes de interessados.

Como o número de paragens ao longo da rede viária tem pouco impacto na sensibilidade dos indicadores, pode ser considerado o nível N3 para todos os cenários.

Assim, para o teste inicial (1% da população de Terras de Bouro com mais de 20 anos), o serviço deve, para um atendimento de no mínimo 94,9% das necessidades, com um desvio padrão de 0,67:

- Ter 4 veículos de quatro lugares;
- A JT mais apropriada, para melhores custos operacionais deve ser: O[30]-D[30] e para melhor nível de serviço deve ser: O[10]-D[10]
- A tolerância de espera na paragem do veículo pelo cliente deve ser: 10 minutos

Em termos de variações das JT, e da tolerância de espera dos veículos, as simulações para a análise de sensibilidade dos indicadores foram efetuadas apenas para 1% de adesão. Para os restantes cenários de adesão só é possível concluir sobre o número de veículos resultantes do aumento de população a ser transportada, considerando a frequência relativa acumulada de 90% do número de veículos. Assim,

- Para 0,5% de adesão no máximo consideram-se 3 veículos de quatro lugares com desvio padrão de 0,54;
- Para 1,2% e 1,5% de adesão, no máximo consideram-se 5 veículos de quatro lugares com desvio padrão de 0,74 e 0,77 respetivamente;
- Para 2% de adesão, no máximo consideram-se 6 veículos de quatro lugares com desvio padrão de 0,86;
- Para 5% de adesão, no máximo consideram-se 10 veículos de quatro lugares e 1 veículo de seis lugares com desvio padrão de 1,1;
- Para 10% de adesão, no máximo consideram-se 9 veículos de quatro lugares, 7 veículos de seis lugares e 1 veículo de oito lugares com desvio padrão de 1,49;
- Para 25% de adesão, no máximo consideram-se 9 veículos de quatro lugares, 8 veículos de seis lugares, 8 veículos de oito lugares e 3 veículos de quinze lugares com desvio padrão de 2,15.

6.7. Síntese

Neste capítulo registaram-se os resultados obtidos do modelo para cada variação dos parâmetros de entrada e a sensibilidade dos indicadores de desempenho considerados face aos testes realizados pelo modelo de simulação.

Variações na procura têm implicações diretas nos custos (circulam mais ou menos veículos e cada um percorre mais ou menos quilómetros) e nas receitas (com mais ou menos passageiros, resultam mais ou menos receitas de tarifas). Assim, é necessário efetuar uma análise de sustentabilidade para analisar estas questões e possíveis financiamentos.

O número de veículos necessários altera-se em pequena quantidade (em média inferior a um) com as variações das JT; não se verificam alterações com as variações do número de paragens nem com a variação da tolerância. Com a variação da tolerância o indicador mais afetado é o da taxa de atendimento dos pedidos.

Finalmente, os testes efetuados permitiram validar o modelo utilizado, sendo que os resultados obtidos são explicáveis à luz do funcionamento de um serviço de transporte flexível.

Para as conclusões da tipologia do serviço é necessário definir a função custo do serviço, que se calcula dependendo dos quilómetros percorridos por cada veículo, o número de veículos utilizados, e o custo passageiro-quilómetro (pass.km). O custo pass.km é calculado dependendo da taxa de ocupação parcial por veículo, da distância percorrida em vazio e da intensidade de utilização do serviço. As questões referentes à função custo (do serviço) serão analisadas posteriormente no Capítulo seguinte.

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA

A análise de sustentabilidade de um sistema DRT deve equilibrar as preferências dos clientes (nível social) e as possibilidades de oferta do operador (nível financeiro), não descorando as questões ambientais.

Neste capítulo pretende-se analisar a sustentabilidade de um serviço DRT e comparar o seu desempenho com o TP regular existente na área do concelho de Terras de Bouro ao nível das três dimensões (financeira, social e ambiental).

Ao nível financeiro, analisam-se os custos anuais do serviço e os custos diários por passageiro para diferentes percentagens de financiamento.

Ao nível social, analisa-se: i) o nível de serviço prestado, concretamente a satisfação do cliente; ii) os tempos de demora dos serviços DRT e TP regular comparativamente com o TI; e iii) a percentagem de população que não é servida pelo TP regular e que passaria a ter essa possibilidade (com um serviço DRT).

Ao nível ambiental, analisa-se a quantidade de emissões diárias de vários poluentes para diferentes dimensões dos veículos utilizados pelo serviço DRT, em diferentes cenários e compara-se com as emissões dos veículos pesados utilizados pelo serviço TP regular.

Finaliza-se com uma análise SWOT do serviço DRT para a área de estudo.

7.1. Introdução

As decisões sobre os serviços de transportes contribuem significativamente para o desenvolvimento de qualquer sociedade, tendo impactes diretos nas estradas, na segurança, na saúde, na mobilidade das pessoas e no desenvolvimento económico da região, pelo que a sua sustentabilidade não deve ser analisada apenas sob o ponto de vista da viabilidade económico-financeira.

A sustentabilidade dos transportes tem interesses contraditórios. Se, por um lado, o transporte é uma atividade indispensável para o funcionamento da economia, promovendo a integração e o bem-estar coletivo, por outro lado, consome recursos naturais e reservas de energia. Assim, os benefícios oferecidos pelo transporte, como o aumento da mobilidade e melhoria das condições de acessibilidade das populações, constituem um conflito com a sustentabilidade ambiental.

No início do século XXI, começaram a surgir fatores colaterais e impactes negativos, a médio e longo prazo, pelo incremento da mobilidade e, sobretudo, pela crescente utilização do TI, mas como essa mobilidade era importante para a qualidade de vida da sociedade e para as suas atividades socioeconómicas, esses fatores e impactes foram escamoteados ou negligenciados.

No entanto, nas últimas décadas, começaram a surgir preocupações coletivas sobre as questões de gestão e manutenção de recursos escassos numa tentativa de obter equilíbrio sustentável sem lesar as gerações futuras. Essa sustentabilidade pode ser definida em três níveis: financeiro, social e ambiental.

7.2. Sustentabilidade financeira

A sustentabilidade financeira dos transportes é obtida quando os retornos monetários do serviço são superiores aos custos totais. Os custos podem ser divididos em dois grandes grupos: internos e externos (infligidos a terceiros, ditas externalidades).

Como os custos internos são suportados diretamente pelo operador do serviço, estes afetam a sustentabilidade financeira, e podem ser subdivididos em fixos ou variáveis. Os

custos fixos existem independentemente da quantidade de serviço efetuado, enquanto os custos variáveis dependem das viagens realizadas e dos quilómetros percorridos.

DRT vs TP regular

O tipo de serviço que um sistema de transporte proporciona influencia os custos que lhe estão associados. Por esse motivo, compara-se a sustentabilidade financeira entre o serviço DRT e o TP regular.

O serviço DRT, comparativamente com o TP regular, por ter uma maior flexibilidade em termos de horários, paragens e rotas, e uma maior necessidade em termos de coordenação e gestão operacional, tende a induzir custos operacionais mais elevados.

Um dos benefícios financeiros do DRT face ao TP regular, em alguns cenários, está na redução de gastos com combustível, porque são utilizados menos veículos e de dimensões menores. No entanto, o DRT possui outros custos associados ao serviço, como os custos de divulgação (para dar a conhecer o serviço), os custos de coordenação do serviço e os custos associados à central coordenadora (criação do portal *web* e comunicações). Apesar de serem custos do serviço, estão fora do âmbito desta análise e apenas se analisam custos operacionais relativos à frota e circulação dos veículos.

Dependendo do modelo organizacional, o sistema DRT pode ter uma frota própria ou subcontratar os seus serviços operadores privados. Estas diferentes opções implicam custos diferentes. A existência de frota tem um conjunto de custos fixos associados à posse dos veículos e respetivos motoristas que provavelmente induzirão um custo total acrescido.

Com frota própria, para satisfazer o aumento da procura esperada, é preciso aumentar o número de veículos e conseqüentemente os custos fixos anuais também são maiores. Estes custos incluem, segundo Carvalho (2002), as amortizações anuais dos veículos, os encargos financeiros associados aos juros para pagamento dos veículos, o seguro anual para veículos e passageiros e os encargos anuais com motoristas (salários, subsídios e impostos) e operadores.

Os custos fixos relativos à posse de veículos, quando o serviço é subcontratado, estão dissolvidos nos orçamentos dos operadores contratados, fazendo com que os custos totais sejam tendencialmente menores.

Nesta tese, para a comparação da sustentabilidade do DRT com o TP regular, considera-se a situação de subcontratação.

O acesso a informações sobre os custos por parte das empresas de TP regular foi muito dificultado, tendo-se obtido apenas alguns dados para serviços urbanos da CARRIS de Lisboa.

Em relação aos custos para o serviço DRT, no caso Português, obteve-se informação de valores monetários fornecidos por um projeto implementado, do mesmo género de serviço de transporte a pedido, na área rural do médio Tejo, no concelho de Mação. Nesse projeto, o serviço foi subcontratado e foi possível obter informações sobre os custos fixos e variáveis existentes nessa subcontratação, assim como sobre os valores de tarifas praticadas (Mação, 2014).

Para a subcontratação do serviço DRT, de Mação (Anexo F), sabe-se que existe uma componente fixa diária de 15€, uma outra componente fixa diária de 22€ por veículo extra que seja utilizado em simultâneo e, uma componente variável de 0,45€ por quilómetro para cada veículo de quatro lugares e 0,55€ por quilómetro, para cada veículo de oito lugares (Tabela 7.1).

Tabela 7.1. Custos de referência para um serviço DRT. Fonte: Mação (2014)²².

Custo fixo diário	Custo fixo diário por veículo extra	Custo variável (€/km)	
		Veículos (4 lugares)	Veículos (8 lugares)
15€	22€	0,45€	0,55€

Pela Tabela 7.1 pode calcular-se o valor dos custos por passageiro para um serviço DRT, dependendo da procura (número médio de veículos necessários e quilómetros médios percorridos por veículo).

Extrapolou-se os valores implementados em Mação para a área de estudo. No estudo de caso exige-se, dos resultados das simulações, a disponibilidade de todos os veículos em simultâneo (acrescendo a taxa extra diária de 22€/veículo).

Atendendo a que o serviço é para áreas rurais, então veículos iguais têm os mesmos custos variáveis por quilómetro dependendo apenas do número de quilómetros percorridos. O aumento da adesão implica ter-se mais veículos, e assim também custos associados maiores,

²² Valores a pagar segundo valores no caso de Mação (subcontratação) para a frota da adesão.

resultando, em contrapartida, numa procura mais elevada e conseqüentemente num retorno maior. No entanto, o custo por passageiro aumenta, o que implica ter-se financiamento para cobrir alguns custos.

Seja a função custo total diário (f_{CT}) definida, pela Expressão (1):

$$f_{CT} = C_{fix} + \sum C_{var} \times K + \sum C_{extra} \times (N - 1) \quad (1)$$

onde:

C_{fix} = custos fixos diários do serviço;

C_{var} = custos variáveis por veículo por quilómetro;

C_{extra} = custos fixos por cada veículo extra a circular em simultâneo;

K = número médio de quilómetros percorridos por dia pelos veículos;

N = número de veículos necessários por dia.

Assim o custo médio diário por passageiro (f_{pass}) pode ser calculado pela Expressão (2):

$$f_{pass} = \frac{f_{CT}}{P} \quad (2)$$

onde P = número médio de passageiros diários.

Calculados os custos diários por passageiro, para diferentes percentagens de adesão, é possível saber quais os custos do serviço, tendo em conta que todos os veículos estão disponíveis (em simultâneo) para serem utilizados e não se ter acesso a financiamento (Tabela 7.2).

Considerou-se que o número de veículos definido como necessário para a dimensão da frota do estudo de caso, nas diferentes adesões de procura, é o número máximo para satisfazer a exigência de veículos de pelo menos 90% dos dias simulados.

Apesar da frota necessária, que foi identificada nas simulações, ter veículos ligeiros de quatro, seis ou oito lugares, só é efetuada a distinção entre os de quatro e seis lugares, por um lado, e os de oito lugares, por outro (i.e. não se faz distinção alguma entre os veículos de

quatro e os de seis lugares). Para além disso, apesar de serem necessários veículos de quinze lugares (quatro veículos no total), sem perda de generalidade, os custos associados a esses veículos serão os mesmos que os de oito lugares.

Tabela 7.2. Tabela dos custos diários por passageiro para o serviço DRT.

Adesão	Frota	Custo do serviço diário (€/passageiro)	Adesão	Frota	Custo do serviço diário (€/passageiro)
0,5%	3 veículos ligeiros	15,53	2%	6 veículos ligeiros	10,87
1%	4 veículos ligeiros	12,70	5%	11 veículos ligeiros	8,85
1,2%	5 veículos ligeiros	12,68	10%	16 veículos (4 a 6 lugares) 1 veículo (8 lugares)	7,47
1,5%	5 veículos ligeiros	11,51	25%	17 veículos (4 a 6 lugares) 11 veículos (8 a 15 lugares)	5,93

Calculando os custos por passageiro com base nos preços definidos para Mação, é possível visualizar os custos para a área de Terras de Bouro. Sem financiamento, o serviço DRT fica caro (por passageiro), mesmo para a percentagem de adesão de 25%, sendo em média 5,93€/passageiro.

Para que o serviço DRT seja sustentável financeiramente, as tarifas (receitas) têm de cobrir os custos operacionais do serviço ou, se não cobrirem, terá de existir financiamento. Analisa-se de seguida a percentagem de financiamento anual necessário a atribuir à área de estudo, assim como o custo diário por passageiro resultante (Tabela 7.3).

Tabela 7.3. Ordem de grandeza de financiamento e custos diários por passageiro.

Financiamento/custos diários por passageiro ²³														
Adesão	0%		20%		40%		50%		60%		70%		80%	
	€/ano	€/pass diário	€/ano	€/pass diário	€/ano	€/pass diário	€/ano	€/pass diário	€/ano	€/pass diário	€/ano	€/pass diário	€/ano	€/pass diário
0,5%	40.000	15,53	35.000	12,42	25.000	9,32	20.000	7,76	17.000	6,21	15.000	4,66	10.000	3,11
1%	70.000	12,70	55.000	10,16	45.000	7,62	35.000	6,35	30.000	5,08	20.000	3,81	15.000	2,54
1,2%	85.000	12,68	70.000	10,15	50.000	7,61	45.000	6,34	35.000	5,07	25.000	3,80	17.000	2,54
1,5%	100.000	11,51	80.000	9,21	60.000	6,91	50.000	5,76	40.000	4,61	30.000	3,45	20.000	2,30
2%	125.000	10,87	100.000	8,70	75.000	6,52	65.000	5,44	50.000	4,35	37.000	3,26	25.000	2,17
5%	255.000	8,85	205.000	7,08	155.000	5,31	130.000	4,42	105.000	3,54	77.000	2,65	50.000	1,77
10%	430.000	7,47	345.000	5,98	260.000	4,48	215.000	3,73	175.000	2,99	130.000	2,24	85.000	1,49
25%	855.000	5,93	685.000	4,75	515.000	3,56	430.000	2,97	345.000	2,37	257.000	1,78	170.000	1,19

²³ Valores arredondados.

Pela Tabela 7.2, verifica-se que, sem financiamento, a tarifa fica muito elevada, uma vez que o custo médio por passageiro é 5,93€, no mínimo, para um grande nível de adesão (25% da população adulta).

Para os custos anuais, considerou-se, sem perda de generalidade, que os dias úteis anuais são 261 (retirados apenas os fins-de-semana e ignorando os feriados, já que estes dependem do ano em questão).

Sem financiamento, os valores dos custos operacionais médios por ano para o serviço DRT são aproximadamente 40 mil euros para uma adesão de 0,5% e cerca de 855 mil euros para uma adesão de 25%.

No caso de Mação, segundo o contrato estabelecido entre a Câmara Municipal e o operador, os custos globais associados à operacionalização do serviço correspondem a um máximo de 50.000€ (Anexo F). Assim, como os valores das tarifas a pagar para o serviço são no máximo de 5,10€ e no mínimo 1,60€ (Mação, 2014), o valor média da tarifa é de 3,35€, e segundo informações obtidas da experiência com o serviço, o número médio de passageiros diários é aproximadamente 5. Se esses passageiros se deslocarem apenas numa direção do serviço (idas ou voltas), o financiamento do serviço de Mação tem de ser na ordem dos 90%, de acordo com o resultado da Expressão (3).

$$\text{Financiamento} = \frac{50.000 - 5 \times 3,35 \times 261}{50.000} \times 100 \approx 91\% \quad (3)$$

No entanto, se esses 5 passageiros diários forem de viagens de ida e volta, então o serviço de Mação deverá ter um financiamento mínimo na ordem dos 80%, de acordo com o resultado da Expressão (4).

$$\text{Financiamento} = \frac{50.000 - 10 \times 3,35 \times 261}{50.000} \times 100 \approx 82\% \quad (4)$$

A sustentabilidade com baixo financiamento exige uma adesão ao serviço elevada (retorno das tarifas), difícil de alcançar. O DRT não se mostra pois competitivo com o TP regular, que tem tarifas reduzidas. Para valores menores de adesão, o custo médio diário por passageiro é insustentável financeiramente para agregados familiares de rendimentos baixos.

Atendendo ao exemplo de Mação, onde o valor médio da tarifa é de 3,35€, para um custo médio por passageiro inferior a 3,35€ (a tarifa tem de ser superior aos custos), o financiamento do serviço em estudo teria de ser no mínimo 70%, para uma adesão de 2%.

Considerando o financiamento de 70%, o custo anual do serviço varia entre cerca de 15 mil euros (adesão 0,5%) e aproximadamente 257 mil euros (adesão de 25%), onde os respetivos custos médios por passageiro decrescem com o aumento da procura, de 4,66€ até 1,78€, podendo ser competitivo (nos custos menores) comparativamente com o TP regular.

Para financiamentos superiores a 80%, os custos médios diários do serviço por passageiro desde a procura mínima de 0,5%, são aproximadamente 7% inferiores ao valor médio pago pela tarifa no caso de Mação. Para uma procura máxima de 25% o custo médio diário por passageiro é aproximadamente 200% inferior ao valor médio da tarifa de Mação. Nestas condições, o DRT é competitivo, permitindo cobrar uma tarifa mais aceitável. Para o cálculo do retorno previsto, seria necessário ter em consideração os custos totais envolvidos.

Apesar dos benefícios apresentados, este estudo apresenta limitações em termos de acesso ao conjunto completo de informações para o cálculo de todas as componentes para a análise de sustentabilidade financeira do serviço DRT. No entanto, é possível perceber a ordem de grandeza envolvida nos custos médios diários de cada passageiro do DRT, analisando a sua competitividade.

Esta análise também não considerou, por falta de dados, a componente de transporte oficial e não oficial, que é atualmente fornecido por várias entidades de Terras de Bouro (Câmara Municipal, Bombeiros, Associações desportivas, etc.), cuja relevância é grande e que por isso, se fosse considerada, agravaria a perceção do cenário atual do TP regular. O encargo financeiro atual das autarquias com o transporte da população (incluindo o TE, mas não só) é bastante significativo, de acordo com o que se conseguiu apurar das entrevistas realizadas no âmbito desta tese aos Presidentes de Junta, referidas na Secção 5.2.4 (apesar de não ter sido possível quantificá-lo). O valor desse encargo poderia ser provavelmente canalizado para financiar uma solução de transporte a pedido, o que, de forma abrangente, poderia ser mais eficiente.

Existem outros métodos quantitativos para analisar a sustentabilidade financeira de um projeto e determinar a viabilidade dos investimentos, excluindo as opções menos atrativas ou mais arriscadas. No entanto, quando existem situações de interesse público e problemáticas

sociais, não é só a componente financeira que deve ser considerada, mas também as componentes social e ambiental.

7.3. Sustentabilidade social

Os serviços de transporte têm o dever de fomentar a equidade social no acesso a bens e serviços (emprego, educação, serviços de saúde, etc.), distribuindo as vantagens entre as diferentes camadas sociais de forma imparcial.

Segundo o regulamento de transporte em automóveis (RTA, 1948), o Governo tem a obrigação de prover o acesso e o desenvolvimento dos requisitos básicos dos indivíduos, e atenuar a pobreza, permitindo uma coesão social duradoura.

Com o conjunto de problemas associados aos TP regulares em áreas rurais, é cada vez maior o uso recorrente do TI. Essa tendência deve ser desincentivada através de incentivos económicos positivos: i) atribuindo descontos e subsídios para a utilização de TP, ii) criando mais meios de transporte, iii) informando (consciencializando as pessoas para os problemas ambientais devido ao uso excessivo de TI); ou incentivos negativos: i) penalizando o uso de transporte privado com taxas e impostos, ii) criando instrumentos regulamentares para o uso específico de determinado tipo de transporte, ou iii) criando normas e limites para emissões, etc.

A avaliação e análise da sustentabilidade social dos TP têm muitas limitações, não havendo regras globais e existindo benefícios ambíguos. Por exemplo, como quantificar (em unidades monetárias):

- A falta de TP em que a pessoa deixa de se deslocar por não ter alternativa?
- O tempo (cuja perceção e valor variam de pessoa para pessoa), para além do CMC, que o veículo demora a chegar ao seu destino devido às sucessivas paragens para entrada e saída de outros clientes ou a desvios?
- O excesso de tempo que um cliente fica numa paragem à espera do veículo?
- O excesso de tempo quando uma pessoa tem de sair de casa muito mais cedo que o pretendido e chega ao destino muito antes da hora pretendida por falta de alternativas de transporte?

- A dificuldade de acesso à (muitas vezes) única paragem?

A agravar a dificuldade de avaliação de um serviço de TP, está o facto de que o impacto de uma atividade não deve ser analisado de forma isolada, já que existem consequências das decisões. Por exemplo, reduzindo a tarifa de um serviço, haverá mais procura, mas no entanto aumentarão os tempos de espera, a duração das viagens, e existirá a exigência de veículos maiores e mais poluentes.

DRT vs TP regular

A sustentabilidade social resultante da existência de um serviço de TP é medida essencialmente por externalidades, que não são fáceis de identificar, já que o impacto social não é mensurável (monetariamente).

O serviço DRT, comparado com o serviço TP regular, possui várias externalidades positivas (benefícios para os utilizadores, aumentando a sua satisfação), resumidas em:

- Melhor mobilidade dos residentes.
- Maior disponibilidade de horários para os pedidos.
- Menor dimensão dos veículos, com acesso mais facilitado aos lugares, podendo entrar e sair mais facilmente do veículo.
- Maior redução dos custos no agregado familiar (pela possível troca do TI para o TP).
- Maior autonomia para quem tem dificuldades de mobilidade resultantes da proximidade das paragens reduzindo os obstáculos.
- Maior oportunidade de acesso ao emprego quer para o manter, quer para procurar.
- Maior inclusão das pessoas sem acesso a TI e melhoria na equidade social.
- Melhor qualidade de vida dos residentes criando sérios impactes no desenvolvimento económico da região.

O DRT é um serviço que pode ajudar a atenuar alguns dos desafios sociais em áreas rurais. No estudo de caso foram considerados indicadores de desempenho para o nível de serviço, nos diferentes cenários.

Concretamente, o atraso médio dos veículos (para verificar a fiabilidade do serviço) é de aproximadamente 5 segundos (sendo zero na maioria dos dias simulados demonstrando

que o serviço é eficiente e as pessoas não têm de estar muito tempo à espera), mesmo quando o veículo tem de esperar por algum cliente (Tol. > 0), o valor médio dos atrasos do veículo é inferior a um minuto (aproximadamente 27 segundos).

A taxa de atendimento é aproximadamente de 84% (ou seja, em 100 pedidos, são atendidos 84) para uma tolerância zero de espera do veículo na paragem. No caso de o veículo possuir alguma tolerância de espera pelos clientes, a taxa de atendimento aumenta.

Os aumentos percentuais dos percursos, quer em tempo (mais demorado, devido às paragens ao longo do percurso), quer em distância (devido aos desvios do CMC para ir recolher todos os clientes) de um serviço DRT aumenta com a adesão (Tabela 7.4).

Tabela 7.4. Aumento percentual do tempo de percurso em relação ao CMC.

		Adesão							
		0,5%	1%	1,2%	1,5%	2%	5%	10%	25%
Aumento percentual do tempo médio de percurso em relação ao CMC	DRT	31,4	46,1	49	54,4	59,2	82	93,7	108,1
	TP regular	82,8% ²⁴							
Demora do DRT em relação ao TP regular		-51,4%	-36,7%	-33,8%	-28,4%	-23,6%	-0,8%	+10,9%	+25,3%

Para comparar com o TI, das simulações efetuadas obtiveram-se os valores do aumento percentual de tempo médio em relação ao CMC do DRT e calculou-se o aumento percentual de tempo para o TP regular, tendo em consideração a velocidade média de um TI em áreas rurais (50km/h), as distâncias entre as freguesias (*Google Maps*) por onde passa o TP regular e os horários tabelados pelos três operadores²⁵ que servem o concelho de Terras de Bouro (Anexo E).

Em média, o TP regular demora 82,8% acima do tempo que levaria o TI a deslocar-se entre a origem e o destino. O serviço DRT é mais demorado que o serviço TP regular, a partir da adesão 10% (+10,9% de tempo de viagem) em relação ao CMC em TI (Tabela 7.4).

Apesar dos resultados, a análise de sustentabilidade social deve ter em consideração outros fatores, como o aumento da frequência de horários do serviço. Dos inquéritos realizados aos residentes da área do estudo de caso, verifica-se que 22% dos inquiridos utilizam o TP, existindo ainda algumas pessoas que deixam de se deslocar (cerca de 10% dos

²⁴ A velocidade média de circulação para os veículos privados foi de 50km/h (velocidade máxima permitida por lei dentro de localidades rurais).

²⁵ Operadores: <http://www.verdeminhottransportes.com>; <http://www.verdeminhottransportes.com>

inquiridos) devido à falta de TP regular em determinados horários, por não terem acesso a TI nem capacidade financeira para suportar outros serviços de transporte (como o táxi).

Para o estudo da sustentabilidade social faltou, nos inquéritos realizados, obter um conjunto de informações que permitiria perceber, em termos quantitativos, o efeito da diferença de tempos entre o TP regular o DRT proposto na perceção e grau de aceitação dos inquiridos, questionando-os sobre (por ex.):

- Com quanta antecedência da hora pretendida as pessoas têm de sair da origem para usar o TP regular, por falta de alternativa?
- O que é preferível: o aumento no tempo de viagem ou a perda de tempo por saírem muito cedo na origem chegando ao destino demasiado cedo do que a hora pretendida (para consultas marcadas ou abertura dos serviços)?
- Quanto tempo mais tarde chega a casa por ter de esperar pelo TP regular para o regresso?

Tendo em consideração a procura desejada de TP (motivos de deslocação das pessoas inquiridas) e a quantidade de oferta disponível pelos operadores de TP regular (número de horários), verifica-se que muitas freguesias do concelho são deficitárias na satisfação da procura.

Existem várias freguesias que não têm a suas carências de transporte satisfeitas. Como se pode ver na distribuição das cores da Figura 7.1 (oferta: a verde e procura: a vermelho), não há muita compatibilidade de intensidade de cores, o que significa que onde há mais procura nem sempre há mais oferta de serviço de TP, e vice-versa.

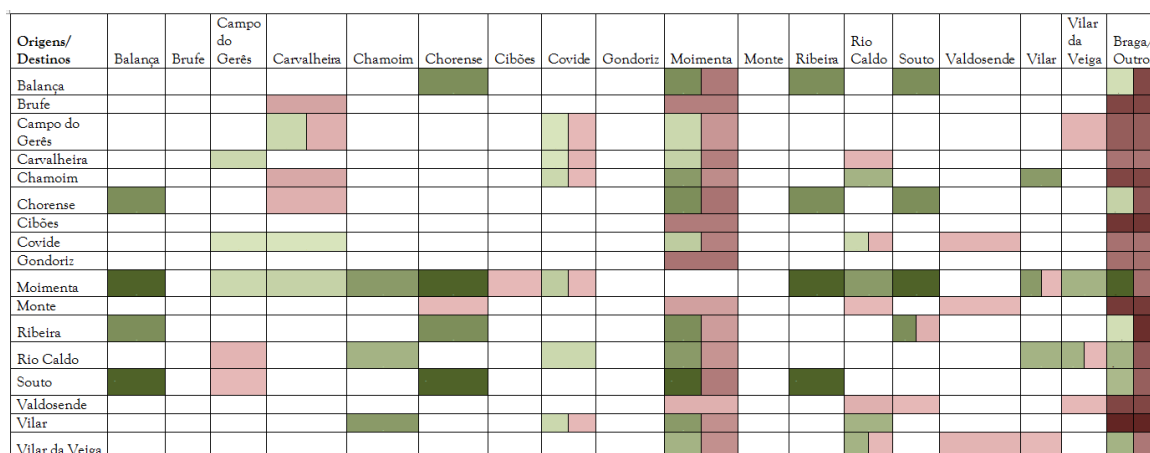


Figura 7.1. Sobreposição da oferta (verde)²⁶ e procura (vermelho)²⁷ de TP regular.

²⁶ Quanto mais escuro maior o número de horários de oferta de horários.

²⁷ Quanto mais escuro maior percentagem de procura de TP.

Outro ganho social do serviço de DRT, para o concelho de Terras de Bouro, é o aumento na cobertura de área que passa a ter um serviço de TP. Neste concelho, aproximadamente 30% do número de freguesias não possuem serviço de TP regular (Monte, Gondoriz, Brufe, Cibões e Valdosende, que corresponde a 55,21km² dos 277,5km² de todo o concelho, ou seja a 20% da área do concelho).

A maior cobertura de oferta, como seria de esperar, é para a sede de concelho (Moimenta), havendo concelhos com oferta subaproveitada (por exemplo, Balança, Ribeira e Souto, principalmente por se encontrarem na EN205 que liga Moimenta a Braga) e outros em que existe TP regular, mas a procura não é satisfeita (por exemplo, Vilar da Veiga). Com um serviço DRT, estes desequilíbrios entre a oferta e a procura, seriam atenuados.

Apesar dos benefícios apresentados, este estudo apresenta limitações em termos do cálculo de todas as componentes para a análise de sustentabilidade social do serviço DRT. No entanto, como já foi referido, em estudos de caso reportados na literatura, o serviço DRT é socialmente sustentável, quando é divulgado convenientemente.

Uma outra dimensão, para além da financeira e social, a ter em consideração na sustentabilidade de um serviço de TP, é a dimensão ambiental.

7.4. Sustentabilidade ambiental

Só a partir da década de 90 é que os automóveis foram reconhecidos como fonte poluidora e causadora de possíveis doenças. Nessa altura, começaram a surgir modelos matemáticos/estatísticos para a avaliação do desempenho ambiental com normas sobre questões ambientais necessárias ao seu controlo.

O facto de os TPs regulares usarem veículos de grandes dimensões provoca impactes ambientais significativos, devido à emissão de gases poluentes para a atmosfera, os quais devem pois ser reduzidos. Qualquer veículo rodoviário, independentemente da sua dimensão polui a atmosfera. No entanto, têm sido desenvolvidas políticas que promovem a renovação das frotas com, veículos com tecnologias ambientais menos poluentes. Assim, nas últimas décadas, UE tem tido uma preocupação crescente no combate à poluição provocada pelos veículos, medindo e estabelecendo limites máximos de emissões (mais recentes EURO 3, 4 e 5).

A avaliação e responsabilização dos impactos ambientais resultantes do uso de transportes rodoviários é importante, apesar de não serem tangíveis imediatamente pelos residentes, têm impactos a longo prazo.

DRT vs TP regular

Um dos maiores benefícios ambientais do DRT face ao TP regular, em áreas rurais, é a redução das emissões de gases, com menores consumos e menores expulsões de poluentes (Diana *et al.*, 2007).

Assim, o DRT sendo um serviço TP, comparado com o TP regular, reduz algumas das suas externalidades negativas ambientais investindo numa mobilidade mais limpa (veículos de menores dimensões e menores emissões, tecnologias com sistemas inteligentes de informação e comunicação permitindo a otimização de rotas, fazendo os veículos circular o menos possível).

Para a realização do estudo de sustentabilidade ambiental, recorreu-se a fontes de informação como a agência da União Europeia sobre questões ambientais, *European Environment Agency* (EEA, 2014).

Os indicadores ambientais considerados nesta tese estão no formato de dados normalizados, na versão agregada *Tier 1* referida na EEA, onde não são especificadas as tecnologias intrínsecas aos veículos utilizados.

Após as simulações, considerando o número de veículos (já referidos) em cada cenário e comparando com os serviços de TP regulares que atualmente existem, pode constatar-se que, a partir de uma adesão de 5%, o número médio de quilómetros, percorridos diariamente pelo DRT, é superior ao TP regular (Tabela 7.5).

Tabela 7.5. Número médio de quilómetros percorridos por dia pelos veículos do serviço.

Frota para diferente quantidade de procura		km/veículo/dia	km/dia
Adesão	0,5% (3 veículos de 4 lugares)	69	207
	1% (4 veículos de 4 lugares)	102	408
	1,2% (5 veículos de 4 lugares)	97,4	487
	1,5% (5 veículos de 4 lugares)	124	618
	2% (6 veículos de 4 lugares)	127	762
	5% (11 veículos de 4 a 6 lugares)	150	1641
	10% (16 veículos de 4 a 6 lugares)	166	2646
	25% (17 veículos de 4 a 6 lugares)	195	3308
	(11 veículos de 8 a 15 lugares)		2140
	TP regular (18 autocarros de circuito regular)	146	2617

O autocarro utilizado no serviço de TP regular é considerado do mesmo tipo nas duas direções. As distâncias que os autocarros circulam diariamente entre as freguesias do concelho, foram calculadas atendendo-se a que cada viagem é sempre efetuada por um veículo.

Aumentando a adesão ao serviço, aumenta também a dimensão dos veículos, fazendo aumentar a quantidade de emissões do serviço DRT. O TP regular circula sempre nos horários definidos, independentemente da procura, tendo uma emissão diária constante.

A exemplo do estudo efetuado por Diana *et al.* (2007), os poluentes considerados nesta tese são: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxido de azoto (NO_x), componentes orgânicos voláteis não metanos (NMVOC) e partículas de matéria (PM). Para cada um destes poluentes, recorreu-se a tabelas regulamentadas para se calcular as emissões correspondentes para os diferentes tipos de veículos, ou seja, em gramas de poluente por quilómetro percorrido (Tabela 7.6).

Tabela 7.6. Fatores de emissões de poluentes, segundo EURO 3, para veículos de 2005.

Emissões (g/km)	CO ₂	CO	NO _x	NMVOC	PM
Veículo ligeiro de passageiros - <i>diesel</i> (4 a 6 lugares)	188,4	0,1998	0,7776	0,042	0,066
Veículos de passageiros < 5 ton. - <i>diesel</i> (8 a 15 lugares)	251,2	0,592	1,1928	0,1232	0,1216
Autocarro – Veículo pesado – <i>diesel</i>	753,6	1,8192	8,0088	0,4608	0,2256

Tendo em conta que a área de estudo é rural, que o movimento dos veículos é regular, pelo que a velocidade de deslocação é aproximadamente constante e não existe congestionamento significativo, então as emissões de poluentes estão essencialmente dependentes das dimensões dos veículos (considerando as tecnologias idênticas).

Na Tabela 7.6, os valores obtidos de emissões são para veículos de 2005, antes da implementação do EURO 4 (os autocarros que atualmente circulam em áreas rurais são mais antigos, mas atendendo à preocupação ambiental, alguns podem ter sido substituídos, pelo que, sem perda de generalidade, considera-se que todos os veículos, autocarros ou não, são do mesmo ano e segundo o EURO 3, os veículos para o serviço DRT podem ser seminovos ou até veículos que os operadores de TP tenham na sua frota.

As emissões de cada poluente foram calculadas multiplicando os quilómetros percorridos, em média, por dia por todos os veículos utilizados, pelos fatores de emissões dos respetivos poluentes (Tabela 7.7).

Sabendo previamente o número de clientes a transportar, selecionando os veículos mais adequados, em termos de dimensões para o serviço DRT, haverá menores consumos de combustível e conseqüentemente emissões mais reduzidas.

Além das conseqüências das emissões de gases para a atmosfera, existem outros impactes com custos globais menores que devem ser considerados, ainda que de forma pontual ou qualitativa, quando se analisa quais os meios de transporte mais ajustados a considerar para um serviço de transporte (DRT, TP regular ou veículo próprio) como por exemplo: i) vibrações (causadas por veículos pesados); ii) efeito de barreira (ocupação excessiva de vias estreitas em áreas rurais); iii) alterações na natureza e paisagem (criação de paragens); iv) poluição do solo (eventuais perdas de óleos ou líquidos derramados para o

solo); e v) escassez de espaço para estacionamento (para ficar à espera de clientes, ou para pausa dos motoristas).

Tabela 7.7. Emissões diárias de poluentes para as diferentes adesões ao serviço

Frota / Emissões (g/dia)		CO ₂	CO	NOX	NMVOC	PM
Adesão	0,5% (3 veículos ligeiros de 4 lugares)	38.998,8	41,4	161	8,7	13,7
	1% (4 veículos ligeiros de 4 lugares)	76.867,2	81,5	317,3	17,1	26,9
	1,2% (5 veículos ligeiros de 4 lugares)	91.750,8	97,3	378,7	20,5	32,1
	1,5% (5 veículos ligeiros de 4 lugares)	116.808	123,9	482,1	26	40,9
	2% (6 veículos ligeiros de 4 lugares)	143.560,8	152,2	592,5	32	50,3
	5% (11 veículos ligeiros de 4 a 6 lugares)	310.860	329,7	1.283	69,3	108,9
	10% (16 veículos: 4 a 6 lugares e 1 veículo de 8 lugares)	542.089,6	628,9	2.263,3	132	195,5
	25% (17 veículos: 4 a 6 lugares e 11 veículos: 8 a 15 lugares)	1.163.370	1.932,2	5.136,3	403,5	479,6
	TP regular (18 autocarros regulares)	1.971.568,3	4.759,4	20.952,6	1.205,5	590,2

Das variações ($\Delta\%$) entre o serviço DRT e o TP regular, conclui-se que o serviço DRT liberta menos emissões poluentes para a atmosfera do que o TP regular (Tabela 7.8).

Tabela 7.8. Variação das emissões entre o serviço DRT e o serviço de TP regular.

Frota	$\Delta\%$ entre DRT e TP regular por dia de serviço					
	CO ₂	CO	NOX	NMVOC	PM	
0,5% (3 veículos de 4 lugares)	-98,0%	-99,1%	-99,2%	-99,3%	-97,7%	
1% (4 veículos de 4 lugares)	-96,1%	-98,3%	-98,5%	-98,6%	-95,4%	
1,2% (5 veículos de 4 lugares)	-95,3%	-98,0%	-98,2%	-98,3%	-94,6%	
Adesão	1,5% (5 veículos de 4 lugares)	-94,1%	-97,4%	-97,7%	-97,8%	-93,1%
	2% (6 veículos de 4 lugares)	-92,7%	-96,8%	-97,2%	-97,3%	-91,5%
	5% (11 veículos de 4 a 6 lugares)	-84,2%	-93,1%	-93,9%	-94,3%	-81,5%
	10% (16 veículos de 4 a 6 lugares e 1 veículo de 8 lugares)	-72,5%	-86,8%	-89,2%	-89,1%	-66,9%
	25% (17 veículos de 4 a 6 lugares e 11 veículos de 8 a 15 lugares)	-41,0%	-59,4%	-75,5%	-66,5%	-18,7%

Estes resultados devem-se essencialmente ao facto do serviço DRT só efetuar viagens quando há reservas, o que não acontece com o TP regular que circula sempre independentemente da existência ou não de pessoas nas paragens.

As estimativas e definições dos custos das externalidades variam de país para país não havendo uma forma rígida para todos. Numa análise sintetizada da sustentabilidade de um sistema DRT comparativamente a um serviço de TP regular, reúne-se os principais aspetos (melhores, piores, potencialidades e fraquezas).

7.5. Análise SWOT

A análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) é uma ferramenta usada para análises da gestão e do planeamento estratégico, combinando pontos fortes e fracos de uma organização (Rolo, 2011). Esta ferramenta subdivide-se em dois tipos de análises: interna e externa.

Para a análise do ambiente interno, identifica-se em que sentido o serviço pode ser melhorado ou reforçado quando comparado com o sistema de TP regular, definindo-se os pontos fortes (vantagens) e os pontos fracos (desvantagens), onde se pretende retirar o maior proveito dos pontos fortes e minimizar as implicações dos pontos fracos (Rolo, 2011).

Para a análise do ambiente externo, identificam-se as potencialidades do serviço e da concorrência do sistema DRT, definindo as ameaças (aspetos negativos) e as oportunidades (aspetos positivos). A sua importância está associada à previsão das evoluções e desenvolvimentos, sendo que as mudanças (positivas ou negativas) estão fora do controlo, afetando todos os serviços (DRT e TP regular) de forma homogénea (Rolo, 2011).

A metodologia SWOT considera o meio envolvente: económico, social, tecnológico, político-legal e ambiental.

A Tabela 7.9 sintetiza a análise SWOT que se pode fazer a um serviço DRT.

Tabela 7.9. Análise SWOT do serviço DRT para área rural.

Pontos Fortes (S)	Pontos Fracos (W)
<ul style="list-style-type: none"> – Bons acessos e boa rede viária. – Melhor circulação dos veículos. – Horários flexíveis. – Maior mobilidade dos residentes. – Existência de central coordenadora para gerir os pedidos. – Utilização de um sistema inteligente de gestão com novas tecnologias e a sistemas de informação. – Maior rapidez das informações e mais pormenorizadas. – Procedimentos para a satisfação do cliente. – Fiabilidade no serviço. – Maior empregabilidade. – Menor consumo de combustível por veículo utilizado. – Menor custo unitário por quilómetro. – Relação tarifa/nível de serviço. – Redução da probabilidade de acidentes e de falta de estacionamento. – Menor desgaste das estradas. – Menores emissões totais de gases com efeito estufa para a atmosfera. – Gestão ambiental por registo de viagens. 	<ul style="list-style-type: none"> – Maioria dos serviços localizados na sede de concelho. – Tempo de viagem maior (comparativamente com o TI). – Distância de viagem maior (havendo desvios do CMC). – Resposta não imediata do horário durante a chamada. – Formação de motoristas para o serviço. – Dificil introdução de tecnologias em áreas rurais. – Tecnologias com custos elevados. – Tarifas para residentes com rendimentos familiares baixos. – Sustentabilidade financeira difícil. – Custos operacionais elevados. – Necessidade de financiamento. – A não utilização de meios de transporte suaves, ou elétricos. – Impactes ambientais da atividade, consumo de combustíveis fósseis. – Burocracias e questões legais, falta de legislação.

(Continua)

Tabela 7.9. Continuação

Oportunidades (O)	Ameaças (T)
<ul style="list-style-type: none"> – Melhores ligações às freguesias vizinhas. – Programas de educação viária (Mais TP e menos TI). – Plano estratégico de transportes (PETI) pretende assegurar a mobilidade. – Desenvolvimento de tecnologias de informação e comunicação (TIC). – Divulgação, publicidade e marketing. Comunicação e imagem. – A articulação entre o DRT e TP regular para fora da área do DRT. – Simpatia dos motoristas e restantes operadores. – Característica das paragens (sinalização, cobertura, bancos, etc.). – Aumento do preço dos combustíveis. – Financiamentos para implementar novas políticas de transporte. – Políticas e programas de gestão dos impactes ambientais. – Sistema de gestão da qualidade para a segurança no trabalho e ambiente. – Desenvolvimento de tecnologias de energias renováveis. – Incentivos fiscais para promover TP sustentáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> – Baixa taxa de adesão e/ou ocupação total dos veículos. – Inexistência de dados históricos sobre as expectativas dos clientes. – Baixos níveis de qualificação da população. – Demora do tempo de viagem. – Transbordo (tarifas e tempos de espera nas conectividades). – Pouca disponibilidade no mercado de mão-de-obra qualificada. – Característica das paragens (sinalização, cobertura, bancos, etc.). – <i>Stakeholders</i> com objetivos e interesses diferentes do serviço. – Resistência dos operadores em formar parcerias. – Concorrência e competitividade entre serviços. – Dificuldade dos residentes em usar novas tecnologias. – Cobertura de rede para as novas tecnologias. – Apoio financeiro necessário significativo. – Alteração de mentalidades em prol do ambiente. – Regulamentação laboral inflexível. – Falta de legislação para serviços flexíveis. – Pressão regulamentar e da sociedade.

Pontos fortes

Como pontos fortes, têm-se melhores acessos e circulação dos veículos, nomeadamente para inverter marcha, se necessário.

Com horários flexíveis definidos dependentes das necessidades do mercado, aumenta a mobilidade e acessibilidade dos residentes.

A existência de uma central coordenadora, com tecnologias de decisão adequadas, permite a gestão dos pedidos de forma otimizada ao nível de rotas, tempo e consumo de combustível.

A utilização de um sistema inteligente de gestão recorrendo às novas tecnologias e a sistemas de informação permite aumentar a capacidade de um serviço e reduzir as despesas operacionais. As novas tecnologias presentes em sistemas DRT permitem informações mais rápidas e pormenorizadas, como possíveis solicitações de manutenção, aumentando o conforto da condução.

O DRT é um serviço fiável, que cumpre horários, evitando a espera dos clientes na paragem, promovendo a maior satisfação do cliente.

Com a criação do serviço DRT há maior empregabilidade, criando-se postos de trabalho no serviço em si (motorista, operadores, etc.) e permite um maior acesso a outros empregos ou à procura deles.

Com adesão ao serviço DRT, reduz-se a probabilidade de acidentes e o número de estacionamento necessários devido à redução do número de TI a circular.

As tarifas são próximas às dos TP regulares, acessíveis aos vários segmentos da sociedade, sendo atrativas a clientes com baixos rendimentos no agregado familiar. Para cobrir os custos do serviço poderá existir compensações por parte das entidades responsáveis pela ação social.

Com a utilização de veículos de menores dimensões, que têm menores consumos de combustível, originando menores custos unitários por quilómetro e permitindo

Ao nível ambiental, veículos mais reduzidos provocam menor desgaste das estradas e fazem com que as emissões totais diretas e indiretas de gases com efeito estufa para a atmosfera sejam menores (veículos podem recorrer a tecnologias ecológicas).

Com o pré-registo obrigatório das viagens, os veículos apenas necessitam de se deslocar se houver marcação, sendo assim mais certas as viagens, poupando em combustível e reduzindo a libertação de CO₂ para a atmosfera, permitindo melhor gestão ambiental.

Pontos fracos

Como pontos fracos do DRT, tem-se que a maioria dos serviços que os residentes necessitam encontra-se longe das suas residências, na sede do concelho, obrigando a uma mobilidade rodoviária.

O tempo e a distância de viagem do DRT (devido a desvios para ir recolher outros clientes) sendo maior, comparativamente com o TI, não é atrativo.

A necessidade de planeamento das rotas e a falta de resposta imediata do horário durante a chamada do cliente, que tem que esperar confirmação posterior, pode desincentivar alguns clientes a aderir ao serviço.

Sendo o DRT um serviço recente há obrigatoriedade de formar os motoristas para o tipo de serviço que se pretende que implementem, o que pode demorar ou ser de difícil compreensão.

As tecnologias necessárias à gestão do DRT têm custos elevados e podem ser de difícil implementação devido às elevadas faixas etárias dos residentes.

Os custos operacionais do serviço DRT são elevados comparativamente com o TP regular. Para além disso, a dificuldade de cobertura dos gastos operacionais pelas receitas do serviço e o requisito de ter tarifas baixas, para ser atrativo para residentes com rendimentos familiares reduzidos, leva a uma sustentabilidade financeira difícil, necessitando de financiamento.

Impactes ambientais derivados da atividade consumir combustíveis fósseis.

As extensas burocracias para dar resposta a um conjunto de questões legais quer ao nível do financiamento quer em termos da definição do serviço, que ainda não foi desenvolvido, e é um processo moroso, dificultam o interesse por parte de *stakeholders* e consequente sucesso de serviços DRT.

Oportunidades

Com um serviço DRT é possível deslocarem-se em estradas fora dos eixos principais por onde se desloca geralmente o TP regular, permitindo que os residentes se possam deslocar com maior facilidade entre freguesias do concelho.

Podem ser organizados programas de educação viária, para incentivar as pessoas a utilizar mais TP e menos TI.

Atendendo aos desenvolvimentos externos ao serviço, como oportunidades constata-se a existência do Plano Estratégico de Transportes e Infraestruturas (PETI), que pretende assegurar a mobilidade e acessibilidade de pessoas de forma eficiente e adequada às carências, promovendo coesão social. O Governo Português criou recentemente um memorando para garantir mobilidade mínima em áreas rurais recorrendo a serviços de TP que poderão ser flexíveis. Desta forma será possível obter financiamentos para implementar novas políticas de transporte, com os novos serviços DRT que são mais flexíveis que o TP regular.

O uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) torna o TP mais atrativo e inteligente e apoia o negócio permitindo menores custos operacionais para o serviço.

A divulgação, publicidade e *marketing* permitem informar os clientes das potencialidades e funcionamento do serviço, de forma a permitir que as pessoas criem imagens positivas do serviço.

A articulação dos dois serviços: DRT e TP regular, especialmente para deslocações fora da área de implementação do DRT, criando medidas vantajosas aos dois serviços, pode permitir um atendimento mais orientado para o cliente nos dois serviços.

A simpatia dos motoristas e restantes operadores que contactam com os clientes pode ser uma mais-valia para o serviço, cativando os clientes a repetirem a utilização do serviço e efetuarem a sua divulgação.

A identificação das paragens, o modo como se sinalizam, se existe cobertura para o sol e para a chuva, se tem bancos para a espera, entre outros aspetos de conforto e segurança pode ser uma oportunidade ou uma ameaça, dependendo da existência de condições mínimas ou a falta delas, respetivamente.

O aumento do preço dos combustíveis pode ser uma oportunidade, na medida em que alguns agregados familiares podem não conseguir manter o TI de forma recorrente nas suas deslocações diárias, devido ao consumo dos veículos e ao seu peso no orçamento familiar.

Devem ser criadas políticas de gestão dos impactes ambientais, incluindo: transportes mais sustentáveis, transferência modal e planeamento de rotas.

O sistema de gestão da qualidade pode ser alargado às áreas de segurança no trabalho e ambiente. Fazendo com que o desempenho ambiental seja a diferenciação numa sociedade com crescente consciência ambiental, implementando tecnologias de energias renováveis.

A introdução de incentivos fiscais a serviços de TP deve promover a sustentabilidade (financeira, social e ambiental).

Ameaças

Atendendo a que se trata de um serviço desconhecido por muitos residentes, que possui uma forma inovadora de funcionamento e como não detém características de rotas e horários fixos, pode originar uma baixa taxa de adesão e conseqüentemente uma ocupação total reduzida.

Variabilidade e/ou instabilidade emocional no comportamento dos motoristas pode ser uma oportunidade (com simpatia atraem mais clientes) ou pode ser uma ameaça se não corresponder às expectativas que os clientes possuem do serviço. Para além disso, não existem dados históricos que permitam concluir sobre quais são essas expectativas dos clientes.

A utilização de telemóveis por parte de idosos ou deficientes pode ser difícil. O facto de se tratar de uma população com baixos níveis de qualificação, pode ser também uma fonte de dificuldade na utilização destas tecnologias.

Outro aspeto que pode ser uma ameaça ao serviço é o tempo e as distâncias de viagem, devido aos desvios para ir recolher outros clientes que se encontrem fora do trajeto direto para os passageiros que estão a bordo do veículo.

O transbordo pode ser uma ameaça, pois é mais confortável para uma pessoa deslocar-se sempre no mesmo veículo, ao invés de efetuar trocas, assim como os tempos de espera nos nós de conectividade (se não forem bem articulados os dois serviços).

Sendo um serviço para áreas rurais pode haver pouca disponibilidade no mercado de mão-de-obra qualificada (por exemplo, motoristas de TP para trabalhar em áreas rurais), devido à despovoação das áreas e conseqüente envelhecimento dos residentes.

Os *stakeholders*, tendo objetivos e interesses diferentes (privados querem lucro, públicos não querem prejuízos, mas querem componente social de inclusão de todos os residentes), possuem expectativas diversificadas do serviço, e isso pode comprometer o entendimento necessário para a operacionalização ou sustentabilidade do DRT.

Os operadores de serviço de TP regular podem ver o DRT como concorrência, não facilitando a sua integração e implementação na área.

O investimento em tecnologia avançada é elevado, e a médio prazo, há o risco de que fique desatualizada. Para além disso, em áreas rurais há algumas zonas com cobertura fraca ou sem cobertura de rede de telemóvel.

Existem ameaças ao nível do apoio financeiro necessário, conseqüência da atual crise nacional, o que pode comprometer o acesso a subsídios e financiamentos.

É difícil alterar mentalidades em prol do ambiente, como a partilha de veículos (públicos ou privados), utilização de veículos ambientalmente mais sustentáveis (por exemplo, bicicletas).

A regulamentação laboral existente é inflexível e a falta de legislação para a operacionalização do serviço levanta questões culturais na sociedade.

Os serviços DRT possuem falta de legislação já que a mesma não se encontra nem na legislação dos táxis nem na dos transportes públicos coletivos com rotas e horários fixos.

7.6. Síntese

Neste capítulo analisou-se a sustentabilidade de um serviço DRT comparativamente com o TP regular existente na área do concelho de Terras de Bouro ao nível das três dimensões (financeira, social e ambiental).

As principais dificuldades e aspetos críticos no planeamento de um sistema DRT em áreas rurais, em particular no caso de estudo Português analisado resumem-se nos três níveis:

Ao nível financeiro, verificou-se a existência de dificuldades de acesso a informações necessárias parte dos operadores de TP – ausência de dados reais sobre oferta/procura – alguma falta de controlo sobre a oferta existente (algumas linhas descontinuadas sem informarem oficialmente – IMT). Existe um número significativo de oferta diversificada por entidades várias sem grande controlo (como os serviços fornecidos pela Câmara Municipal, pelos bombeiros e pelos centros de dia).

Verificou-se que para um certo financiamento (aproximadamente 70%), os custos por passageiros podem fazer com que o serviço DRT seja competitivo em relação ao TP regular.

Uma das dificuldades ao nível social está na constituição da população, que é em grande parte pessoas idosas com níveis baixos de literacia e podem perceber o funcionamento do serviço, não aderindo. Outra dificuldade é facto da imagem do TP existente atualmente não ser apelativa (associam a veículos velhos e desconfortáveis, com horários fora dos pretendidos). Existem ainda problemas culturais, em que andar de TP é visto como algo negativo (a existência de TI demonstra algum estatuto social).

Analisou-se o nível de serviço prestado para diferentes taxas de adesão e os tempos de demora entre paragens OD dos serviços DRT (mínimo de 31,4% e máximo de 108,1%) e TP regular (aproximadamente 82,8%), e comparativamente com o TI revelam ter um ponto fraco. No entanto, se for tida em consideração a percentagem de população que não é servida pelo TP regular na área (aproximadamente 30%) e que passaria a ter essa possibilidade com um serviço DRT e em horário apropriado às necessidades de mobilidade, socialmente o DRT é sustentável.

Ao nível ambiental as dificuldades são essencialmente pelo facto de veículos maiores (para o TP regular) serem mais poluentes e numa área rural não se justificam, dada a baixa taxa de ocupação que têm demonstrado nos últimos anos.

Analisada a quantidade de emissões diárias de poluentes para as diferentes dimensões dos veículos utilizados pelo serviço DRT, nos diferentes cenários de adesão, e comparativamente com as emissões dos veículos pesados utilizados pelo serviço TP regular, conclui-se que o DRT é ambientalmente mais sustentável.

Da análise de sustentabilidade, verificou-se que um sistema DRT é mais equilibrado que um serviço TP regular ao nível das preferências dos clientes (nível social) e das emissões

de poluentes, no entanto, é mais dispendioso e necessita de grande financiamento (nível financeiro).

Da análise SWOT do serviço DRT constatou-se que existem muitos pontos fortes e oportunidades para o serviço DRT, o que permitirá resolver muitos problemas ao nível da mobilidade da população. No entanto, também existem vários riscos a ter em conta, com alguns pontos fracos (ao nível financeiro) e algumas ameaças.

Mais dificuldades encontradas para a implementação de um serviço DRT, encontram-se nos operadores pequenos de TP que trabalham em ambientes competitivos e que poderão não aderir facilmente a uma solução deste tipo, por exemplo os taxistas poderão ver o DRT como uma ameaça.

Em contrapartida, como fatores críticos (oportunidades) há, entre outros, a necessidade de envolver os Presidentes de Junta e a Igreja, uma vez que demonstraram ter poder sobre os residentes da região. Para além disso, é fundamental uma abertura na lei Portuguesa para se poder avançar para a implementação.

O DRT pode não ter, do ponto de vista financeiro, a capacidade de se autossustentar, se tiver de apresentar um valor de tarifa aceitável para todos, em especial para os grupos sociais mais desfavorecidos. No entanto, o impacto social e ambiental poderá ser capaz de justificar a sua implementação.

8.

CONCLUSÕES

Os maiores problemas de mobilidade que se colocam às populações das áreas rurais são essencialmente, a escassez de oferta de serviços público coletivos de transporte, e a iniquidade de acesso aos serviços em geral, resultante das diferentes condições socioeconómicas (entre outras) para a utilização de transportes alternativos (ex., TI, táxi). A exclusão social, que atinge em particular os mais jovens e os mais idosos, resulta pois de uma oferta de TP regular de baixa qualidade (baixas frequências ou descontinuação dos serviços) e baixo nível de serviço (veículos desadequados, ausência de informação, entre outros). Face a esses problemas, cada vez mais sentidos nessas áreas, a solução mais adotada é o recurso a TI.

Nesta tese pretendeu-se promover a discussão de soluções alternativas de TP, em particular o uso de transporte a pedido, DRT, como forma de ultrapassar estes problemas de mobilidade e acessibilidades de que são vítimas os residentes de áreas rurais. Algumas das vantagens do DRT estão relacionadas com a sua maior flexibilidade (face ao TP tradicional) para promover uma maior cobertura, quer geográfica quer temporal, proporcionando desta forma às populações residentes o desejado maior nível de mobilidade e acessibilidade, mitigando a sua exclusão social.

No entanto, o DRT é um serviço complexo que envolve um conjunto vasto de problemáticas, desde a definição (ou projeto) da configuração do sistema mais adequado para uma determinada área de intervenção, até às questões puramente operacionais.

Algumas das principais conclusões desta tese incluem:

Complexidade do DRT:

A revisão da literatura, apresentada no Capítulo 2, permitiu sistematizar os principais problemas, questões e obstáculos a enfrentar, assim como definir e desenvolver um sistema de apoio à decisão para suportar a determinação da configuração mais adequada (do ponto de vista da sustentabilidade) para o (novo) sistema de transporte, antes da sua implementação.

De destacar, entre as principais dificuldades identificadas, o deficiente enquadramento legal e a difícil viabilidade financeira de sistemas de transporte a pedido que têm estado na base do insucesso de alguns dos casos reais de implementação. Os problemas relacionados com a coordenação das eventuais entidades envolvidas na sua gestão, a necessidade de níveis mais ou menos elevados de tecnologias de suporte à sua implementação e a definição das características de operação (por exemplo, o nível de flexibilidade a adotar, os recursos necessários, nível de integração com TP, etc.) estão também identificados como fundamentais no sucesso destes sistemas. Em particular, em Portugal, as experiências com soluções de transportes a pedido são muito limitadas, não havendo muito conhecimento empírico adquirido que permita o lançamento rápido de novas iniciativas.

O estudo de caso, desenvolvido no âmbito desta tese para o concelho de Terras de Bouro, região do norte de Portugal, permitiu identificar algumas das especificidades do caso Português. A seleção da área de estudo teve em conta as suas características rurais e os elevados níveis de isolamento da população. Os dados necessários à construção do caso e criação dos modelos de oferta e procura foram obtidos através de várias fontes: INE, realização de inquéritos e entrevistas e ainda estudos anteriores de mobilidade na região. Pela análise realizada à procura por transporte e à mobilidade das populações residentes concluiu-se haver uma desadequação entre a oferta e a procura de transporte, geradora de elevados níveis de exclusão social.

A repartição modal dos transportes, verificada no concelho, apresenta-se fortemente concentrada no TI (automóvel privado). Para além disso, a imagem do TP atualmente existente não é apelativa, estando associada à ideia de “andar” em veículos velhos e desconfortáveis, com horários desadequados e com cobertura limitada. Além disso, ainda persiste o juízo de que o “andar” em transportes públicos é só para quem precisa (a posse e

utilização do automóvel confere ainda algum estatuto social). Por outro lado, foi possível identificar a existência de uma oferta significativa de transporte coletivo, por parte de entidades várias (ex., centros sociais), que vão colmatando algumas das deficiências do atual sistema de transportes.

Em termos legais foram identificadas algumas alterações recentes à legislação portuguesa que traduzem alguma abertura para a adoção de novos modelos de operação com algum nível de flexibilidade.

Alguns dos desafios a enfrentar na adoção de um sistema do tipo de DRT, na área de estudo, incluem: i) a necessidade de envolver pequenos operadores de TP que operam em ambiente competitivo, por exemplo, alguns operadores regionais de TP e taxistas que poderão ver o DRT como uma ameaça; ii) a necessidade de envolver, no processo de construção da solução, entidades diversas como a Câmara Municipal, os centros sociais, os bombeiros, as associações desportivas e outras entidades que forneçam algum tipo de transporte (oficial ou não oficial), Presidentes de Junta e a Igreja, entre outros de modo a garantir o sucesso de um sistema de transportes inovador; e iii) a necessidade de assegurar o financiamento num enquadramento legal ainda não completamente definido.

Sistema de apoio à decisão:

Adicionalmente, a partir da revisão de literatura efetuada, foi também possível identificar todo o conjunto de decisões complexas que estão associadas a um projeto de um sistema de transportes DRT, pelo que a existência de ferramentas de apoio à decisão assumem uma importância fundamental. O desafio principal desta tese residiu na conceção e desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão para o planeamento (ou projeto) de DRTs, que incorporasse o tratamento dos problemas/questões detetados na literatura, e que guiasse os decisores até à melhor configuração possível para o novo sistema a implementar na área de intervenção desejada.

Assim, uma das contribuições desta tese reside no levantamento dos principais aspetos a ter em conta na análise desses problemas e na proposta de uma metodologia integradora de todos estes aspetos, cujo principal pilar consiste no *software* de apoio à tomada de decisão.

A ferramenta proposta integra os vários níveis de problemas, desde questões de caráter mais tático (por exemplo o nível de flexibilidade a adotar) a questões de caráter operacional (por exemplo, planeamento de rotas e escalas). A abordagem desenvolvida incorpora modelos de simulação e otimização e integra ainda um SAD específico para a avaliação das soluções alternativas com o objetivo de simular explicitamente o comportamento de um sistema DRT, assumindo modelos de procura estocásticos, e permitindo definir um conjunto de parâmetros que definem a configuração e o modo de funcionamento do sistema. Esta ferramenta é essencial, também depois, na fase operacional para a otimização das rotas e horários para responder à procura.

A validação da ferramenta, e do SAD em particular, foi feita usando o estudo de caso de Terras de Bouro, sobre o qual foi possível explorar vários níveis de parâmetros e observar o seu efeito no desempenho global do sistema.

Os testes efetuados permitiram validar o modelo utilizado, sendo que os resultados obtidos são explicáveis à luz do funcionamento de um serviço de transporte flexível, e confirmam alguns resultados registados em outros estudos reportados em artigos científicos e relatórios técnicos de projetos.

Sustentabilidade do DRT:

A necessidade de desenvolver abordagens abrangentes para a avaliação dos sistemas DRT foi também reconhecida (muito para além de uma simples análise financeira) incluindo impactes sociais (aceitação dos clientes, inclusão social, melhoria na mobilidade e acessibilidade, atrasos, problemas de saúde, tempo de viagem, impactes dos acidentes no congestionamento, etc.), e impactes ambientais (barulho, poluição, estragos de estradas, consumo de combustíveis fósseis, etc.). A *framework* de avaliação da sustentabilidade desenvolvida (e integrada no SAD) pretende sustentar, de modo mais abrangente e integrado, as decisões relativas ao projeto e à operação destes sistemas.

Os resultados do modelo são constituídos por um conjunto de indicadores de desempenho que permitem avaliar a sua sustentabilidade.

Tal como esperado, as variações na procura (nível de adesão) têm implicações diretas nos custos (circulam mais ou menos veículos e cada um percorre mais ou menos

quilómetros) e nas receitas (com mais ou menos passageiros, resultam mais ou menos receitas de tarifas).

Os testes realizados permitiram estimar os requisitos de financiamento do sistema, para diferentes cenários, o que constituiu uma contribuição significativa em termos do estado da arte, no suporte ao projeto e planeamento de sistemas DRT. A análise de sensibilidade apresentada no Capítulo 7 permitiu comparar, em termos de sustentabilidade, a proposta de um serviço DRT com o TP regular existente na área de estudo. As principais conclusões permitiram criar alguma expectativa positiva em relação a este tipo de solução. Apesar dos maiores encargos financeiros do transporte a pedido (de notar que alguns dos custos da solução atual de transportes em Terras de Bouro não foram contabilizados por falta de informação), uma franja muito significativa da população (cerca de 30%) passaria a dispor de algum tipo de transporte coletivo e, os restantes residentes passariam a dispor de uma oferta mais adequada e mais amiga do ambiente (a quantificação do impacto social destes cenários não foi realizada no âmbito desta tese).

Adicionalmente foi efetuada uma análise SWOT do serviço DRT que permitiu evidenciar as potencialidades e oportunidades deste serviço, mas também os perigos e riscos associados. O SAD proposto permitirá minimizar alguns dos riscos identificados.

Trabalho futuro

O trabalho produzido ao longo da realização desta tese foi suscitando várias outras questões pertinentes que poderão ser exploradas como trabalho futuro. O estudo de algumas delas poderão permitir ultrapassar determinadas limitações das soluções desenvolvidas até ao momento. Nos parágrafos seguintes, indicam-se alguns exemplos.

A modelação da procura por um sistema de transporte a pedido poderá ser estendida para incluir, por exemplo, diferentes dias de semana, como é o caso dos fins de semana (sábados e domingos), feriados e dias de feira.

A articulação de diferentes redes de transporte, nomeadamente DRT com TP regular (ou ainda, se permitido legalmente, com o Transporte Escolar), irá permitir explorar uma nova dimensão do modelo desenvolvido. Sugere-se ainda incorporar as necessárias especificidades de modelação e análise para proceder ao estudo da articulação dos serviços de DRT com o TP

regular interurbano do estudo de caso, por forma a integrar o DRT proposto na rede de transportes regional e, em especial, na ligação com os serviços interurbanos dos concelhos vizinhos e com a cidade de Braga.

Ainda relativamente ao estudo de caso, dados complementares da atual oferta de transporte coletivo irá permitir efetuar uma análise mais abrangente e fiável da sustentabilidade do sistema.

Finalmente, sugere-se a aplicação da metodologia de projeto de DRT a outras áreas rurais do território nacional, por forma a validar a sua transferibilidade e a alargar a discussão sobre a pertinência de implementar este tipo de sistema no nosso país (não necessariamente com a configuração estudada nesta tese para o caso de Terras de Bouro). Tal possibilidade iria permitir melhor avaliar as potencialidades da ferramenta proposta no âmbito deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- Ai, T. e Kachitvichyanukul, V. (2009) 'A particle swarm optimization for the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery', *Computers & Operations Research*, 36: 5, 1693-1702.
- Aldaihani, M., Quadrioglio, L., Dessouky, M. e Hall, R. (2004) 'Network design for a grid hybrid transit service', *Transportation Research Part A*, 38: 7, 511-530.
- Ambrosino, G., Nelson, J. e Romanazzo, M., (ed.). (2004) *Demand Responsive Services: Towards the Flexible Mobility Agency*, Italy, ENEA.
- AMVC (2005). AMVC - Associação de Municípios do Vale do Cávado. *Estudo integrado da mobilidade e do sistema de transportes públicos de passageiros do Vale do Cávado*. Relatório Final produzido pela PERFORM e Universidade do Minho, Braga.
- Attanasio, A., Cordeau, J., Ghiani, G. e Laporte, G. (2004) 'Parallel Tabu search heuristics for the dynamic multi-vehicle dial-a-ride problem', *Parallel Computing*, 30: 3, 377-387.
- APTA (2012). Fact Book Glossary. [online; Accessed on: Janeiro, 2012] Available from <URL:<http://www.apta.com/resources/statistics/Pages/glossary.aspx#8>>
- APTA Governing Boards Committee (1994). Glossary of Transit Terminology, Technical report, American Public Transportation Association, New York, [online: Accessed on: Fevereiro, 2012] Available from <URL:<http://www.apta.com/resources/statistics/Pages/glossary.aspx#8>>
- ARTS (2004). ARTS - Actions on the integrations of Rural Transport Services. [online: Accessed on: Junho, 2003] Available from <URL:<http://www.rural-transport.net/index.phtml>>
- Battellino, H. (2009) 'Transport for the transport disadvantaged: A review of service delivery models in New South Wales', *Transport Policy*, 16: 3, 123-129
- Battellino, H., Gee, J. e Sayers, P. (2007) 'Young people with a disability transport needs project', Prepared for South West Community Transport, May 2007. Community Transport Organization, 2005–2006. *Annual Report*, [online: Accessed on: Fevereiro, 2012] Available from <URL:<http://www.communitytransport.org.auS>>
- Bent, R. e Van Hentenryck, P. (2006) 'A two-stage hybrid algorithm for pickup and delivery vehicle routing problems with time windows', *Computers & Operations Research*, 33: 4, 875-893.
- Berbeglia, G., Cordeau, J. e Laporte, G. (2010) 'Dynamic pickup and delivery problems', *European Journal of Operational Research*, 202: 1, 8-15.

- Bolduc, M., Laporte, G., Renaud, J. e Boctor, F. (2010) 'A tabu search heuristic for the split delivery vehicle routing problem with production and demand calendars', *European Journal of Operational Research*, 202: 1, 122-130.
- Booth, C. e Richardson, T. (2001) 'Placing the public in integrated transport planning', *Transport Policy*, 8: 2, 141-149.
- Brake, J., Mulley, C., Nelson, J. e Wright, S. (2007) 'Key lessons learned from recent experience with Flexible Transport Services', *Transport Policy*, 14: 6, 458-466.
- Brake, J. e Nelson, J. (2007) 'A case study of flexible solutions to transport demand in a deregulated environment', *Journal of Transport Geography*, 15: 4, 262-273.
- Brake, J., Nelson, J. e Wright, S. (2004a) 'Demand responsive transport: towards the emergence of a new market segment', *Journal of Transport Geography*, 12: 4, 323-337.
- Brake, J., Nelson, J. e Wright, S. (2004b) 'The application of telematics based technologies to supply public transport in areas of low demand', *Public Transport International*, 53: 3, 22-25.
- Brake, J., Mulley, C., e Nelson, J. (2006) 'Good practice guide for demand respond transport services using Telematics', *University of Newcastle upon Tyne*, Department of Civil Engineering and Geosciences, Transport Operations Research Group.
- Branchini, R., Armentano, V. e Løkketangen, A. (2009) 'Adaptive granular local search heuristic for a dynamic vehicle routing problem', *Computers & Operations Research*, 36: 11, 2955-2968.
- Brannigan, C. e Paulley, N. (2008) 'Funding for local authority transport and land-use schemes in the UK', *Transport Policy*, 15: 6, 379-386.
- Bräysy, O. e Gendreau, M. (2005a) 'Vehicle routing with time windows, Part I: Route construction and local search algorithms', *Transportation Science*, 39: 104-118.
- Bräysy O. e Gendreau M. (2005b) 'Vehicle routing with time windows, Part II: Metaheuristics', *Transportation Science*, 39: 119-139.
- Calvo, R., Luigi, F., Haastrup, P. e Maniezzo, V. (2004) 'A distributed geographic information system for the daily car pooling problem', *Computers & Operations Research*, 31: 13, 2263-2278.
- Cambridge Systematics, Inc., PB Consult, Inc., (2006). *Performance measures and targets for transportation asset management*. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) 551 Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Caramia, M., Italiano, G.F., Oriolo, G., Pacifici, A. e Perugia, A. (2001) 'Routing a fleet of vehicles for dynamic combined pickup and delivery services', In: *Proceedings of the Symposium on Operation Research 2001*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg: 3-8.
- Carvalho, J. (2002) *Logística* (3ª edição), Lisboa, Edições Sílabo, Lda, Capítulo 5.
- Černý, J., Černá, A. e Linda, B. (2014) 'Support of decision-making on economic and social sustainability of public transport', *Transport*, 29: 1, 59-68.
- CfIT (2008). CfIT - Commission for Integrated Transport 'A new approach to rural public transport', [online: Accessed on: Março, 2010] Available from <URL:www.cfit.gov.uk>.

- Chakroborty, P. (2003) 'Genetic algorithms for optimal urban transit network design', *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 18: 184-200.
- Chandra, S. e Quadrifoglio, L. (2013a) 'A new street connectivity indicator to predict performance for feeder transit services', *Transportation Research Part C*, 30: 67-80.
- Chandra, S. e Quadrifoglio, L. (2013b) 'Critical street links for demand responsive feeder transit services', *Computers & Industrial Engineering*, 66: 584-592.
- Chandra, S. e Quadrifoglio, L. (2013c) 'A model for estimating the optimal cycle length of demand responsive feeder transit services', *Transportation Research Part B*, 51: 1-16.
- Chen, Z. e Xu, H. (2006) 'Dynamic column generation for dynamic vehicle routing with time windows', *Transportation Science*, 40: 1, 74-88.
- Chevrier, R., Liefoghe, A., Jourdan, L. e Dhaenens, C. (2012) 'Solving a dial-a-ride problem with a hybrid evolutionary multi-objective approach: Application to demand responsive transport', *Applied Soft Computing*, 12: 4, 1247-1258.
- Chia, D. (2008) 'Policies and practices for effectively and efficiently meeting ADA paratransit demand', A synthesis of transit practice, *TCRP Synthesis 74*, Washington, DC. [online: Accessed on: Abril, 2013] Available from <URL:http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_syn_74.pdf>
- Clarke, G. e Wright, J. (1964) 'Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points', *Operations Research*, 12: 4, 568-581.
- Comissão Europeia (2006). Manter a Europa em Movimento — Mobilidade sustentável para o nosso continente. Luxemburgo, Direcção-Geral da Energia e dos Transportes. [online: Accessed on: Abril, 2013] Available from <URL:http://europa.eu/legislation_summaries/transport/road_transport/index_pt.htm>
- CONNECT (2010). CONNECT - Coordination of concepts for New Collective Transport Project. [online: Accessed on: Abril, 2013] Available from <URL:<http://www.flexibletransport.org/>>
- Cordeau, J. (2006) 'A branch-and-cut algorithm for the dial-a-ride problem', *Operations Research*, 54: 3, 573-586.
- Cordeau, J., Dell'Amico, M. e Iori, M. (2010) 'Branch-and-cut for the pickup and delivery traveling salesman problem with FIFO loading', *Computers & Operations Research*, 37: 5, 970-980.
- Cordeau, J. e Laporte, G. (2007) 'The dial-a-ride problem: models and algorithms', *Annals of Operations Research*, 153: 29-46.
- Cordeau, J. e Laporte, G. (2003a) 'A tabu search heuristic for the static multi-vehicle dial-a-ride problem', *Transportation Research B*, 37: 579-594.
- Cordeau, J. e Laporte, G. (2003b) 'The dial-a-ride problem (DARP): Variants, modeling issues and algorithms', *4OR Quarterly Journal of the Belgian French and Italian Operations Research Societies*, 1: 89-101.
- Cordeau, J., Laporte, G., Savelsbergh, M. e Vigo, D. (2007). Vehicle routing. In: Barnhart, C., Laporte, G. (Eds.). *Handbooks in operations research and management science*, 14: 367-428. Amsterdam: Elsevier, Chapter 7.

- Cortés, C., Matamala, M. e Contardo, C. (2010) 'The pickup and delivery problem with transfers: Formulation and a branch-and-cut solution method', *European Journal of Operational Research*, 200: 3, 711-724.
- Coslovich L., Pesenti R. e Ukovich W. (2006) 'A two-phase insertion technique of unexpected customers for a dynamic dial-a-ride problem', *European Journal of Operational Research* 175: 1605-1615.
- Costa A. (2008) 'Transportes público', *Manual do planeamento de acessibilidades e transportes*, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, Portugal, Volume 13 [online: Accessed on: Maio, 2014] Available from <URL: <http://www.ccdr-n.pt/pt/ordenamento-do-territorio/guias-e-manuais/>>
- Costa, A., Cordeau, J. e Laporte, G. (2008) 'Fast heuristics for the Steiner tree problem with revenues, budget and hop constraints', *European Journal of Operational Research*, 190: 1, 68-78.
- Creput, J., Koukam, A., Kozlak, J. e Lukasik, J. (2004) 'An evolutionary approach to pickup and delivery problem with time windows', In: Bubak, M., van Albada, G., Sloot, P. and Dongarra, J. (eds.) *Computational Science – ICCS 2004: 4th International Conference, Krakow, Poland, June 6-9, 2004*, Proceedings. Springer, 1102–1108.
- Dalkmann, H., Hutfilter, S., Vogelpohl, K. e Schnabel, P. (2008) 'Sustainable mobility in rural China.', *Journal of environmental management*, 87: 2, 249-61.
- Daniels, R. e Mulley, C. (2012) 'Flexible transport services: Overcoming barriers to implementation in low density urban areas', *Urban Policy and Research*, 30: 1, 59-76.
- Dantzig G. e Ramser J. (1959) 'The truck dispatching problem', *Management Science*, 6: 1, 80-91.
- Davison, L., Enoch, M., Ryley, T., Quddus, M. e Wang, C. (2012) 'Identifying potential market niches for Demand Responsive Transport', *Research in Transportation Business & Management* 3: 50-61.
- Davison, L., Enoch, M., Ryley, T., Quddus, M. e Wang, C. (2014) 'A survey of Demand Responsive Transport in Great Britain', *Transport Policy*, 31: 47-54.
- Deflorio, F. (2011) 'Simulation of requests in demand responsive transport systems', *IET Intelligent Transport Systems*, 5: 3, 159-167.
- Deflorio, F., Dalla Chiara, B. e Murro, A. (2002) 'Simulation and performance of DRTS in a realistic environment' In: *Proceedings of the 9th Meeting EWGT on "Intermodality, Sustainability and Intelligent Transportation Systems"* and 13th Mini EURO Conference on "Handling Uncertainty in the Analysis of Traffic and Transportation Systems", Bari, Italy.
- Derek Halden Consultancy (2006) - Derek Halden Consultancy & The TAS Partnership and the University of Aberdeen. (2006) 'How to plan and run flexible and demand responsive transport guidance', Transport Research Planning Group, Scottish Executive Social Research. [online: Accessed on: Fevereiro, 2012] Available from <URL:<http://www.scotland.gov.uk/Publications/2006/05/22101418/0>>
- Desaulniers, G., Desrosiers, J., Erdmann, A., Solomon, M. e Soumis, F. (2000) 'The VRP with Pickup and Delivery', *Cahiers du GERAD G-2000-25*, *Ecole des Hautes Etudes Commerciales*, Montréal.
- Dessouky, M., Rahimi, M. e Weidner, M. (2003) 'Jointly optimizing cost, service, and environmental performance in demand-responsive transit scheduling', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 8: 6, 433-465.

- DETR (1998a). DERT - Department of the Environment, Transport and the Regions. (1998a) 'A New Deal for Transport: Better for Everyone', White Paper, HMSO, London.
- DETR (1998b) 'Modern Local Government: In touch with the People', White Paper, HMSO, London. July 30, 1998.
- DETR (2000) 'Transport 2010: the 10 year Plan', White Paper, HMSO, London.
- DfT (2002) DfT - Department for Transport. (2002) 'The flexible future', [online: Accessed on: Abril, 2014] Available from <URL:<http://www.dft.gov.uk/consultations/archive/2002/frbs/>>
- DfT (2005) 'Local Transport Plans Policy Evaluation', HMSO, UK [online: Accessed on: Abril 4, 2014] Available from <URL:<http://www.dft.gov.uk/pgr/regional/ltp/guidance/policy/S>>
- DGEG (2014). DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia. Site do Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia. [online: Accessed on: Fevereiro, 2014] Available from <URL:<http://www.precoscombustiveis.dgeg.pt/>>
- Diana, M. e Dessouky, M. (2004) 'A new regret insertion heuristic for solving large-scale dial-a-ride problems with time windows', *Transportation Research Part B: Methodological*, 38: 6, 539-557.
- Diana, M., Dessouky, M. e Xia, N. (2006) 'A model for the fleet sizing of demand responsive transportation services with time windows', *Transportation Research Part B: Methodological*, 40: 8, 651-666.
- Diana, M., Quadrifoglio, L. e Pronello, C. (2007) 'Emissions of demand responsive services as an alternative to conventional transit systems', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12: 3, 183-188.
- Diana, M., Quadrifoglio, L. e Pronello, C. (2009) 'A methodology for comparing distances traveled by performance-equivalent fixed-route and demand responsive transit services', *Transportation Planning and Technology*, 32: 4, 377-399.
- Dohn, A., Kolind, E. e Clausen, J. (2009) 'The manpower allocation problem with time windows and job-teaming constraints: A branch-and-price approach', *Computers & Operations Research*, 36: 4, 1145-1157.
- Dondo, R. e Cerdá, J. (2009) 'A hybrid local improvement algorithm for large-scale multi-depot vehicle routing problems with time windows', *Computers & Chemical Engineering*, 33: 2, 513-530.
- Drexl, M. (2012) 'Rich vehicle routing in theory and practice', *Logistics Research*, 5: 1-2, 47-63.
- D'Souza, C., Omkar, S. e Senthilnath, J. (2012) 'Pickup and delivery problem using metaheuristics techniques', *Expert Systems with Applications*, 39: 1, 328-334.
- EEA (2014). EEA - European Environment Agency. [online: Accessed on: Abril, 2013] Available from <URL: <http://www.eea.europa.eu/pt/>>
- Ellis, E. e McCollom, B. (2009) 'Guidebook for Rural Demand-Response Transportation: Measuring, Assessing, and Improving Performance', TCRP Report 136, TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, Washington, DC. [online: Accessed on: Abril, 2013] Available from <URL:http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_136.pdf>

- Enoch, M., Ison, S., Laws, R. e Zhang, L. (2006) 'Evaluation study of demand responsive transport services in Wiltshire', *Final Report*. Loughborough, Loughborough University.
- Enoch, M., Potter, S., Parkhurst, G. e Smith, M. (2006) 'Why do demand responsive transport systems fail?', *Transportation Research Board 85th Annual Meeting*, 22-26 January 2006, Washington DC. [online: Accessed on: Julho, 2014] Available from
<URL:<http://pubsindex.trb.org/view.aspx?id=775740>Copyright>
- Enoch, M., Potter, S., Parkhurst, G. e Smith, M. (2004) 'INTERMODE: Innovations in demand responsive transport', *Final Report*. London: Department for Transport and Greater Manchester Passenger Transport Executive. [online: Accessed on: Julho, 2010] Available from
<URL:<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/p/http://www.dft.gov.uk/pgr/regional/policy/intermode/innovationsindemand3722>>
- Erdoğan, G., Cordeau, J. e Laporte, G. (2009) 'The pickup and delivery traveling salesman problem with first-in-first-out loading', *Computers & Operations Research*, 36: 6, 1800-1808.
- Errico, F., Crainic, T., Malucelli, F. e Nonato, M. (2013) 'A survey on planning semi-flexible transit systems: Methodological issues and a unifying framework', *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 36: 324-338.
- Fabri, A. e Recht, P. (2006) 'On dynamic pickup and delivery vehicle routing with several time windows and waiting times', *Transportation Research Part B: Methodological*, 40: 4, 335-350.
- Fallahi, A., Prins, C. e Wolfler Calvo, R. (2008) 'A memetic algorithm and a tabu search for the multi-compartment vehicle routing problem', *Computers & Operations Research*, 35: 5, 1117-1139.
- Ferreira, A. (2008). Gestão de um sistema flexível de transporte público de passageiros em áreas rurais. *Dissertação de mestrado*, Universidade do Minho, Guimarães.
- Ferreira, L., Charles, P. e Tether, C. (2007) 'Evaluating flexible transport solutions', *Transportation Planning and Technology*, 30: 3, 249-269.
- Ferreira, P. (2007) 'Electricity Power Planning in Portugal: The Role of Wind Energy', *Tese de Doutoramento em Engenharia Económica*, Ramo de Conhecimento Engenharia Produção e Sistemas, Universidade do Minho, Guimarães.
- Fernández, E., Cea, J. e Malbran, R. (2008) 'Demand responsive urban public transport system design: Methodology and application', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42: 7, 951-972.
- Feuerstein, E. e Stougie, L. (2001) 'On-line single-server dial-a-ride problems', *Theoretical Computer Science*, 268: 1, 91-105.
- Frosini, P., Huntingford, J. e Ambrosino, G. (2004) 'Multi-services agency for the integrated management of mobility and of accessibility to transport services', *European Transport*, 28: 34-43.
- Finn, B. (2012) 'Towards large-scale flexible transport services: A practical perspective from the domain of paratransit', *Research in Transportation Business & Management*, 3: 39-49.
- Fu, L. (2002b) 'Scheduling dial-a-ride paratransit under time-varying, stochastic congestion', *Transportation Research Part B*, 36: 6, 485-506

- Fu, L. (2002a) 'A simulation model for evaluating advanced dial-a-ride paratransit systems', *Transportation Research A*, 36: 4, 291-307.
- Garaix, T., Artigues, C., Feillet, D. e Josselin, D. (2010) 'Vehicle routing problems with alternative paths: An application to on-demand transportation', *European Journal of Operational Research*, 204: 1, 62-75.
- Garaix, T., Artigues, C., Feillet, D. e Josselin, D. (2011) 'Optimization of occupancy rate in dial-a-ride problems via linear fractional column generation', *Computers & Operations Research*, 38: 10, 1435-1442.
- Gerty, R., Procopio, T., Ferris, C., Ellis, E., e Knapp, S. (2011) 'Resource guide for commingling ADA and non-ADA paratransit riders', *Technical report, Transportation Research Board*, Washington, D.C.
- Ghannadpour, S., Noori, S., Tavakkoli-Moghaddam, R. e Ghoseiri, K. (2014) 'A multi-objective dynamic vehicle routing problem with fuzzy time windows: Model, solution and application', *Applied Soft Computing*, 14: 504-527.
- Ghiani, G., Guerriero, F., Laporte, G. e Musmanno, R. (2003) 'Real-time vehicle routing: Solution concepts, algorithms and parallel computing strategies', *European Journal of Operational Research*, 151: 1, 1-11.
- Giannopoulos, G. (2004) 'The application of information and communication technologies in transport', *European Journal of Operational Research*, 152: 2, 302-320.
- Golob, T., Canty, E., Gustafson, R. e Vitt, J. (1972) 'An analysis of consumer preferences for a public transportation system', *Transportation Research*, 6: 81-102.
- Gray, D., Farrington, J., Shaw, J., Martin, S. e Roberts, D. (2001) 'Car dependence in rural Scotland: transport policy, devolution and the impact of the fuel duty escalator', *Journal of Rural Studies*, 17: 1, 113-125.
- Gribkovskaia, I., Halskausr, O., Laporte, G. e Vlcek, M. (2007) 'General solutions to the single vehicle routing problem with pickups and deliveries', *European Journal of Operational Research*, 180: 2, 568-584.
- Hadjar, A. e Soumis, F. (2009) 'Dynamic window reduction for the multiple depot vehicle scheduling problem with time windows', *Computers & Operations Research*, 36: 7, 2160-2172.
- Häme, L. (2011) 'An adaptive insertion algorithm for the single-vehicle dial-a-ride problem with narrow time windows', *European Journal of Operational Research*, 209: 1, 11-22.
- Häme, L. (2013) 'Demand-Responsive Transport: Models and Algorithms', *School of Science, Department of Mathematics and Systems Analysis, Aalto University publication series DOCTORAL DISSERTATIONS*, August 2013. Helsinki.
- Haugland, D., Ho, S. e Laporte, G. (2007) 'Designing delivery districts for the vehicle routing problem with stochastic demands', *European Journal of Operational Research*, 180: 3, 997-1010.
- Head, B. e Alford, J. (2008) 'Wicked Problems: The Implications for Public Management', *International Research Society for Public Management. 12th Annual Conference*, 26-28 March, Brisbane.
- Horn, M. (2002a) 'Fleet scheduling and dispatching for demand-responsive passenger services', *Transport Research Part C*, 10, 1, 35-63.
- Horn, M. (2002b) 'Multi-modal and demand-responsive passenger transport systems: a modelling framework with embedded control systems', *Transportation Research A*, 36: 2, 167-88.

- Horn, M. (2004) 'Procedures for planning multi-leg journeys with fixed-route and demand-responsive passenger transport services', *Transportation Research Part C*, 12: 33-55.
- Hull, A. (2008) 'Policy integration: What will it take to achieve more sustainable transport solutions in cities?', *Transport Policy* 15: 2, 94-103.
- Li H. e Lim A. (2001) 'A metaheuristic for the pickup and delivery problem with time windows', In: *13th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'01)*. IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, 333-340.
- Jakeman, A., Letcher, R. e Norton, J. (2006) 'Ten iterative steps in development and evaluation of environmental models', *Environmental Modelling & Software*, 21: 5, 602-614.
- Jakob, A., Craig, J. e Fisher, G. (2006) 'Transport cost analysis: a case study of the total costs of private and public transport in Auckland', *Environmental Science & Policy*, 9: 1, 55-66.
- Janic, M. (2007) 'Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12: 1, 33-44.
- Joewono, T. e Kubota, H. (2007) 'User satisfaction with paratransit in competition with motorization in indonesia: anticipation of future implications', *Transportation*, 34: 337-354.
- Jong, W., Vogels, J., Wijk, K. e Cazemier, O. (2011) 'The key factors for providing successful public transport in low-density areas in The Netherlands', *Research in Transportation Business & Management*, 2: 65-73.
- Jørgensen, R., Larsen, J. e Bergvinsdottir, K. (2007) 'Solving the dial-a-ride problem using genetic algorithms', *Journal of the Operational Research Society*, 58: 1321-1331.
- Jozefowicz, N., Semet, F. e Talbi, E. (2008) 'Multi-objective vehicle routing problems', *European Journal of Operational Research*, 189: 293-309.
- Kalliomaki, A., Eloranta, P. e Sassoli, P. (2004) 'Organisational, institutional and juridical issues', In: Ambrosino, G., Nelson J., Romanazzo M., (Eds.), Rome: ENEA.
- Kamruzzaman, M., Hine, J., Gunay, B. e Blair, N. (2011) 'Using GIS to visualise and evaluate student travel behaviour', *Journal of Transport Geography*, 19: 1, 13-32.
- Kenyon, S., Lyons, G. e Rafferty, J. (2002) 'Transport and social exclusion: investigating the possibility of promoting inclusion through virtual mobility', *Journal of Transport Geography*, 10: 3, 207-219.
- Khattak, A. e Yim, Y. (2004) 'Traveler response to innovative personalized demand-responsive transit in the San Francisco Bay area', *Journal of Urban Planning & Development*, 130: 42-55.
- Koffman, D. (2004) 'Operational experiences with flexible transit services: a synthesis of transit practice', Transportation Research Board, TCRP Synthesis, 53. Washington DC.
- Kytöjoki, J., Nuortio, T., Braysy, O. and Gendreau, M. (2007) 'An efficient variable neighborhood search heuristic for very large scale vehicle routing problems', *Computers & Operations Research*, 34: 9, 2743-2757.
- Lao, Y. e Liu, L. (2009) 'Performance evaluation of bus lines with data envelopment analysis and geographic information systems', *Computers, Environment and Urban Systems*, 33: 4, 247-255.

- Laporte, G. (1997) 'Vehicle routing', In: Amico M., Maffioli F., Martello S., editors, *Annotated Bibliographies in Combinatorial Optimization*, 223-240. Wiley, Chichester.
- Laporte, G. e Osman, I. (1995) 'Routing problems: A bibliography', *Annals of Operations Research*, 61: 227-262.
- Laws, R., Enoch, M., Ison, S. e Potter, S. (2009) 'Demand responsive transport: a review of schemes in England and Wales', *Journal of Public Transportation*, 12: 1, 19-37.
- Li, X. e Quadrifoglio, L. (2010) 'Feeder transit services: Choosing between fixed and demand responsive policy', *Transportation Research Part C*, 18: 5, 770-780.
- Litman, T. (2009) 'Transportation Cost and Benefit Analysis', *Victoria Transport Policy Institute*. [online: Accessed on: Julho, 2012] Available from <URL:www.vtpi.org/tca/>
- Liu, R., Van Vliet, D. e Watling, D. (2006) 'Microsimulation models incorporating both demand and supply dynamics', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40: 2, 125-150.
- Liu, S., Duffy, A., Whitfield, R. e Boyle, I. (2010) 'Integration of decision support systems to improve decision support performance', *Knowledge and Information Systems*, 22: 3, 261-286.
- Lu, Q. e Dessouky, M. (2006) 'A new insertion-based construction heuristic for solving the pickup and delivery problem with time windows', *European Journal of Operational Research*, 175: 2, 672-687.
- Lucas, K. (2006) 'Providing transport for social inclusion within a framework for environmental justice in the UK', *Transportation Research Part A*, 40: 10, 801-809.
- Lucas, K., Tyler, S. e Christodoulou, G. (2009) 'Assessing the 'value' of new transport initiatives in deprived neighbourhoods in the UK', *Transport Policy* 16: 3, 115-122.
- Luo, Y. e Schonfeld, P. (2007) 'A rejected-reinsertion heuristic for the static Dial-A-Ride Problem', *Transportation Research Part B: Methodological*, 41: 7, 736-755.
- Mação. (2014) 'Projeto de transporte a pedido na área do médio Tejo', [online: Accessed on: Junho, 2014] Available from <URL:http://transporteapedido.mediotejo.pt/>
- Macedo, R. (2011) 'Models and Algorithms for Hard Optimization Problems', Doctoral thesis. University of Minho. *Production and Systems Department of the Engineering School*. Braga. Portugal.
- Mageean, J. e Nelson, J. (2003) 'The evaluation of demand responsive transport services in Europe', *Journal of Transport Geography*, 11: 4, 255-270.
- Mageean, J., Nelson, J. e Wright, S. (2004) 'Telematics-based demand responsive transport: the phone and go experience', *Traffic Engineering Control*, 45: 2, 66-71.
- Marinakis, Y. e Migdalas, A. (2007) 'Annotated bibliography in vehicle routing', *Operational Research*, 7: 1, 27-46.
- May, A., Kelly, C. e Shepherd, S. (2006) 'The principles of integration in urban transport strategies', *Transport Policy*, 13: 4, 319-327.
- McDonagh, J. (2006) 'Transport policy instruments and transport-related social exclusion in rural Republic of Ireland', *Journal of Transport Geography*, 14: 5, 355-366.

- Mitrović-Minić, S., Krishnamurti, R. e Laporte, G. (2004) 'Double-horizon based heuristics for the dynamic pickup and delivery problem with time windows', *Transportation Research Part B: Methodological*, 38: 8, 669-685.
- Moseley, M. e Packman, J. (1983) 'Mobile services in rural areas', University of East Anglia, Norwich.
- Muelas, S., LaTorre, A. e Peña, J. (2014) 'A variable neighborhood search algorithm for the optimization of a dial-a-ride problem in a large city', *Expert Systems with Applications*, 40: 14, 5516-5531.
- Mulley, C. (2010) 'Promoting social inclusion in a deregulated environment: Extending accessibility using collective taxi-based services', *Research in Transportation Economics*, 29: 1, 296-303
- Mulley, C. e Nelson, J. (2009) 'Flexible transport services: A new market opportunity for public transport', *Research in Transportation Economics*, 25: 1, 39-45.
- Mulley, C., Nelson, J., Teal, R., Wright, S. e Daniels, R. (2012) 'Barriers to implementing flexible transport services: An international comparison of the experiences in Australia, Europe and USA', *Research in Transportation Business & Management*, 3: 3-11.
- Myers, M. e Newman, M. (2007) 'The qualitative interview in IS research: Examining the craft', *Information and Organization*, 17: 1, 2-26.
- Nagy, G. e Salhi, S. (2005) 'Heuristic algorithms for single and multiple depot vehicle routing problems with pickups and deliveries', *European Journal of Operational Research*, 162: 1, 126-141.
- Nanry, W. e Barnes, J. (2000) 'Solving the pickup and delivery problem with time windows using reactive tabu search', *Transportation Research Part B: Methodological*, 34: 2, 107-121.
- Nelson, J. e Phonphitakchai, T. (2012) 'An evaluation of the user characteristics of an open access DRT service', *Research in Transportation Economics*, 34: 1, 54-65.
- Nelson, J., Wright, S., Masson, B., Ambrosino, G. e Naniopoulos, A. (2010) 'Recent developments in Flexible Transport Services', *Research in Transportation Economics*, 29: 1, 243-248.
- Ng, S., Wai, O., Li, Y., Li, Z. e Jiang, Y. (2009) 'Integration of a GIS and a complex three-dimensional hydrodynamic, sediment and heavy metal transport numerical model', *Advances in Engineering Software*, 40: 6, 391-401.
- Nutley, S. e Thomas, C. (1992) 'Mobility in rural Ulster: travel patterns car ownership and local services', *Irish Geography*, 25: 67-82.
- Oncan, T., Cordeau, J. e Laporte, G. 'A tabu search heuristic for the generalized minimum spanning tree problem', *European Journal of Operational Research*, 191: 2, 306-319.
- Pagès, L., Jayakrishnan, R. e Cortés, C. (2006) 'Real-time mass passenger transport network optimization problems', *Transportation Research Record* 1964: 229-237.
- Palmer, K., Dessouky, M. e Zhou, Z. (2008) 'Factors influencing productivity and operating cost of demand responsive transit', *Transportation Research Part A*, 42: 3, 503-523.
- Pankratz, G. (2005) 'A grouping genetic algorithm for the pickup and delivery problem with time windows', *Operational Research Spectrum*, 27: 21-41.

- Paquette, J., Cordeau, J. e Laporte, G. (2009) 'Quality of service in dial-a-ride operations', *Computers & Industrial Engineering*, 56: 4, 1721-1734.
- Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia (2010) 'Diretiva 2010/40/UE'. [online: Accessed on: Fevereiro, 2012] Available from
<URL:http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Planeamento/DocumentosEstrategicosPlanos/DocumentosEstrategicosInternacionais/Documents/DirectivaITS2010%20_40_UE_PT.pdf>
- Parragh, S., Doerner, K. e Hartl, R. (2008b) 'A survey on pickup and delivery problems. Part II: Transportation between pickup and delivery locations', *Journal für Betriebswirtschaft*, 58: 2, 81-117.
- Parragh, S., Doerner, K. e Hartl, R. (2008a) 'A survey on pickup and delivery problems. Part I: Transportation between customers and depot', *Journal für Betriebswirtschaft*, 58: 1, 21-51.
- Parragh, S., Doerner, K. e Hartl, R. (2010) 'Variable neighborhood search for the dial-a-ride problem', *Computers & Operations Research*, 37: 6, 1129-1138.
- Parragh, S., Pinho de Sousa, J. e Almada-Lobo, B. (2014) 'The Dial-a-Ride Problem with Split Requests and Profits', *Transportation Science*. 1-24. [online: Accessed on: Julho, 2014] Available from
<URL:<http://dx.doi.org/10.1287/trsc.2014.0520>>
- Paulley, N., Balcombe, R., Mackett, R., Titheridge, H., Preston, J., Wardman, M., Shires, J. e White, P. (2006) 'The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership', *Transport Policy*, 13: 4, 295-306.
- PETI (2014). PETI - Plano Estratégico de Transportes e Infraestruturas. Governo Português [online: Accessed on: Abril, 2014] Available from
<URL: <http://www.portugal.gov.pt/pt/os-temas/peti3mais/peti3mais.aspx>>
- Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C. e Medaglia, A. (2013) 'A review of dynamic vehicle routing problems', *European Journal of Operational Research*, 225: 1, 1-11.
- Pinder, T. (2006) 'The future DRT: TaxiLink and LinkUp. Personal communication', Social Exclusion Unit (SEU). (2003). *Making the connections: Final report on transport and social exclusion*. [online: Accessed on: Fevereiro, 2014] Available from
<URL:http://www.ilo.org/emppolicy/what/pubs/lang-en/docName-WCMS_ASIST_8210/index.htm>
- Politis, I., Papaioannou, P. e Basbas, S. (2012) 'Integrated Choice and Latent Variable Models for evaluating Flexible Transport Mode choice', *Research in Transportation Business & Management*, 3: 24-38.
- Preston, J. (2003) 'The bus industry under Labour', In: Docherty, I., Shaw, J. (Eds.), *A New Deal for Transport? The UK's Struggle with the Sustainable Transport Agenda*, Blackwell, Oxford.
- PWC (2004) PWC - Price waterhouse Coopers 'Taxas de depreciação e de amortização fiscal' [online: Accessed on: Fevereiro, 2014] Available from
<URL:<http://www.pwc.pt/pt/guia-fiscal-2012/irc/taxas-depreciacao-amortizacao-fiscais.jhtml#>>

- QREN (2007). QREN – Conhecimento e Desenvolvimento Tecnológico Proposta de Programa Operacional 2013. (2007) [online: Accessed on: Fevereiro, 2012] Available from <URL:http://incentivos.qren.pt/document/20071019_PO_FC.pdf>
- Quadrifoglio, L. e Li, X. (2009) ‘A methodology to derive the critical demand density for designing and operating feeder transit services’, *Transportation Research Part B*, 43: 10, 922-935.
- Quadrifoglio, L., Dessouky, M. e Ordóñez, F. (2008a) ‘Mobility allowance shuttle transit (MAST) services: MIP formulation and strengthening with logic constraints’, *European Journal of Operational Research*, 185: 2, 481-494.
- Quadrifoglio, L., Dessouky, F. e Ordóñez, F. (2008b) ‘A simulation study of demand responsive transit system design’, *Transportation Research Part A*, 42: 4, 718-737.
- Quadrifoglio, L., Dessouky, M. e Palmer, K. (2007) ‘An insertion heuristic for scheduling mobility allowance shuttle transit (MAST) services’, *Journal of Scheduling*, 10: 1, 25-40.
- Quadrifoglio, L., Hall, R. e Dessouky, M. (2006) ‘Performance and Design of Mobility Allowance Shuttle Transit Services: Bounds on the Maximum Longitudinal Velocity’, *Transportation Science*, 40: 3, 351-363.
- Ramani, T., Zietsman, J., Knowles, W. e Quadrifoglio, L. (2011) ‘Sustainability Enhancement Tool for State Departments of Transportation Using Performance Measurement’, *Journal of Transportation Engineering*, 137: 6, 404-415.
- Rekiek, B., Delchambre, A. e Saleh, H. (2006) ‘Handicapped Person Transportation: An application of the Grouping Genetic Algorithm’, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 19: 5, 511-520.
- Renaud, J., Boctor, F. e Ouenniche, J. (2000) ‘A heuristic for the pickup and delivery traveling salesman problem’, *Computers & Operations Research*, 27: 905-916
- Rolo, S. (2011) ‘Proposta para uma mobilidade sustentável na freguesia de Carcavelos’, *Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente*, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Ropke, S. e Cordeau, J. (2006) ‘Branch-and-cut-and-price for the pickup and delivery problem with time windows’, *Technical Report*. CRT-2006-21, CRT, Université Montréal, Canada.
- Ropke, S., Cordeau, J. e Laporte, G. (2007) ‘Models and branch-and-cut algorithms for pickup and delivery problems with time windows’, *Networks*, 49: 4, 258-272
- Ropke S. e Pisinger D. (2006a) ‘An adaptive large neighborhood search heuristic for the pickup and delivery problem with time windows’, *Transportation Science*, 40: 4, 455-472.
- Ropke S. e Pisinger D. (2006b) ‘A unified heuristic for a large class of vehicle routing problems with backhauls’, *European Journal of Operational Research*, 171: 750-775
- Sabbour, S., Lasi, H. e Tessin, P. (2012) ‘Business intelligence and strategic decision simulation’, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 61: 1130-1137.
- SAMPLUS (2000) ‘A Basic System Architecture and Technical Solutions for DRT’, WP4, Deliverable 4.1, versão 4, [online: Accessed on: Julho, 2008] Available from

- <URL:ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/telematics/docs/tap_transport/samplus_d4.1.pdf>
- Santos, G., Behrendt, H., Maconi, L., Shirvani, T. e Teytelboym, A. (2010) 'Part I: Externalities and economic policies in road transport', *Research in Transportation Economics*, 28: 1, 2-45.
- Savelsbergh, M. e Sol, M. (1995) 'The general pickup and delivery problem', *Transportation Science*, 29: 1, 17-29.
- Savelsbergh, M. e Sol, M. (1998) 'Drive: Dynamic routing of independent vehicles', *Operations Research*, 46: 4, 474-490.
- Schalekamp, H., Mfinanga, D., Wilkinson, P. e Behrens, R. (2009) 'An international review of paratransit regulation and integration experiences: Lessons for public systems rationalisation and improvement in South African cities', 28th Southern African Transport Conference: Sustainable Transport, Pretoria. [online: Accessed on: Fevereiro, 2011] Available from <URL: www.acet.uct.ac.za>
- Schönberger, J., Kopfer, H. e Mattfeld D. (2003) 'A combined approach to solve the pickup and delivery selection problem', *Operations Research Proceedings*, In: Leopold-Wildburger U., Rendl F. e Wäscher G. (eds.) *Operations Research Proceedings 2002*, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, pp. 150-155.
- SESR (2006). SESR - Scottish Executive Social Research. (2006) 'Review of Demand Responsive Transport in Scotland', [online: Accessed on: Abril, 2012] Available from <URL:http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/118404/0029110.pdf>
- Sheu, J. (2007) 'A hybrid fuzzy-optimization approach to customer grouping-based logistics distribution operations', *Applied Mathematical Modelling*, 31: 6, 1048-1066.
- Shioda, R., Shea, M. e Fu, L. (2008) 'Performance Metrics and Data Mining for Assessing Schedule Qualities in Paratransit', *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2072: 139-147.
- Silva, J. (2012) 'Conceptualização de um sistema de transporte flexível para indivíduos com dificuldades de locomoção', *Dissertação de mestrado*, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho, Guimarães.
- Slater, A. (2002) 'Specification for a dynamic vehicle routing and scheduling system', *International Journal of Transport Management*, 1: 1, 29-40.
- Stead, D. e Banister, D. (2013) 'Transport policy scenario-building', *Transportation Planning and Technology*, 26: 6, 513-536.
- Telhada, J., Dias, A., Sampaio, P., Pereira, G. e Carvalho, M. (2013) 'An integrated simulation and business intelligence framework for designing and planning demand responsive transport systems', *4th International Conference on Computational Logistics proceedings*. 24-26 de setembro 2013, Copenhaga, Dinamarca. *Computational Logistics*, 98-112.
- Toth, P. e Vigo, D. (2002) 'Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem', *Discrete Applied Mathematics*, 123: 1-3, 487-512.
- Transport Act (1985). UK. [online: Accessed on: Fevereiro, 2012] Available from <URL:http://www.opsi.gov.uk/RevisedStatutes/Acts/ukpga/1985/cukpga_19850067_en_1>

- Transport Act (2000). UK. [online: Accessed on: Junho, 2013] Available from
<URL:<http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2000/38/contents>>
- Velaga, N., Beecroft, M., Nelson, J., Corsar, D. e Edwards, P. (2012) 'Transport poverty meets the digital divide: accessibility and connectivity in rural communities', *Journal of Transport Geography*, 21: 102-112.
- Velaga, N., Nelson, J., Wright, S. e Farrington, J. (2012) 'The Potential Role of Flexible Transport Services in Enhancing Rural Public Transport Provision', *Journal of Public Transportation*, 15: 1, 111-131.
- Velaga, N., Rotstein, N., Oren, N., Nelson, J., Norman, T. e Wright, S. (2012) 'Development of an integrated flexible transport systems platform for rural areas using argumentation theory', *Research in Transportation Business & Management*, 3: 62-70.
- VIRGIL (2000). VIRGIL – Verifying and strengthening rural access to transport services. Verkeer, L. (2000) 'Deliverable 5 final report' [online: Accessed on: Abril, 2012] Available from
<URL:<http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200310/virgil.pdf>>
- Wang, C., Quddus, M., Enoch, M., Ryley, T. e Davison, L. (2014) 'Multilevel modelling of Demand Responsive Transport (DRT) trips in Greater Manchester based on area-wide socio-economic data', *Transportation*, 41: 3, 589-610.
- Wilson, N., Sussman, J., Higonnet, B. e Goodman, L. (1970) 'Simulation of a computer-aided routing system (CARS)', *Highway Research Record* 318: 66-76.
- Wong, K., Han, A. e Yuen, C. (2014) 'On dynamic demand responsive transport services with degree of dynamism', *Transportmetrica A: Transport Science*, 10: 1, 55-73.
- Wright, S., Nelson, J., Cooper, J. e Murphy, S. (2009) 'An evaluation of the transport to employment (T2E) scheme in Highland Scotland using social return on investment (SROI)', *Journal of Transport Geography*, 17: 6, 457-467.
- Wright, S. (2013) 'Designing flexible transport services: guidelines for choosing the vehicle type', *Transportation Planning and Technology*, 36: 1, 76-92.
- Yin, R. (2002) 'Case Study Research, Design and Methods', 3rd ed. Newbury Park, Sage Publications.
- Xiang, Z., Chu, C. e Chen, H. (2006) 'A fast heuristic for solving a large-scale static dial-a-ride problem under complex constraints', *European Journal of Operational Research*, 174: 2, 1117-1139.
- Xiang, Z., Chu, C. e Chen, H. (2008) 'The study of a dynamic dial-a-ride problem under time-dependent and stochastic environments', *European Journal of Operational Research*, 185: 2, 534-551.
- Zhang, X., Paulley, N., Hudson, M. e Rhys-Tyler, G. (2006) 'A method for the design of optimal transport strategies', *Transport Policy* 13: 4, 329-338.
- Zhao, J. e Dessouky, M. (2008) 'Service capacity design problems for mobility allowance shuttle transit systems', *Transportation Research Part B*, 42: 2, 135-146.
- Zhong, Y. e Cole, M. (2005) 'A vehicle routing problem with backhauls and time windows: a guided local search solution', *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41: 2, 131-144.

ANEXOS

A INDICADORES DE DESEMPENHO

Indicadores de desempenho do *National Cooperative Highway Research Program* (Cambridge Systematics *et al.*, 2006) para o transporte em geral, adaptados para o serviço DRT.

Tabela A.1. Indicadores de desempenho. Adaptados de Cambridge Systematics *et al.* (2006).

Categories	Indicadores
Preservação de ativos	<ul style="list-style-type: none"> – Vida útil restante dos veículos. – Percentagem de ativos elegíveis para substituição. – Índice da dívida (razão entre a deterioração ou perda de valor e a reposição de valor).
Mobilidade e acessibilidade	<ul style="list-style-type: none"> – Índice de tempo de viagem (razão entre o tempo de viagem do DRT e o tempo de deslocação pelo CMC em TI). – Quantidade adicional de quilómetros devido a desvios do CMC. – Taxa de viagens (número de viagens por hora ou por dia) – Tempo médio de viagem entre origem e destino de cada passageiro. – Percentagem de tempo extra que o passageiro tem de permitir de forma a chegar no horário pretendido 95% das vezes. – Desvio padrão do tempo médio de viagem entre uma origem e o seu destino. – Tempo total de atrasos. – Tempo total em vazio de cada veículo. – Custo por viagem para cada par de origem e destino. – Percentagem de população que trabalha a X quilómetros de casa. – Tempo que o veículo demora a chegar à paragem de origem de cada passageiro, dentro da janela temporal. – Percentagem de residentes com TI.
Operações e manutenção	<ul style="list-style-type: none"> – Número de passageiros por veículo.kilómetro ou por veículo.hora. – Custo por passageiro.viagem. – Taxa de ocupação total dos veículos. – Taxa de ocupação parcial dos veículos.
Segurança	<ul style="list-style-type: none"> – Número anual de acidentes. – Taxa anual de ferimentos graves/ligeiros. – Custos de implementação de medidas de segurança. – Número de queixas relativas a questões de segurança.
Desenvolvimento económico	<ul style="list-style-type: none"> – Número de empregos a uma distância de X minutos das suas residências. – Impactes dos transportes, como por exemplo na criação de emprego. – Custo médio por viagem.
Impactes ambientais	<ul style="list-style-type: none"> – Quantidade de emissões (CO₂, CO, NO_x, NMVOC, PM) produzidas pelos veículos. – Consumo médio dos veículos por quilómetro. – Percentagem de veículos que utilizam combustíveis alternativos. – Percentagem de queixas sobre o barulho dos veículos.
Impactes sociais	<ul style="list-style-type: none"> – Percentagem de projetos de transporte que incluem os residentes. – Nível de serviço e seu impacto na comunidade.

Tabela A.2. Adaptados de Shioda *et al.* (2008).

Categories	Indicadores
Com efeitos positivos na qualidade	<ul style="list-style-type: none">- Número de passageiro por hora.- Número de viagens por hora.
Com efeitos negativos na qualidade	<ul style="list-style-type: none">- Tempo total que o veículo circula em vazio.- Tempo de espera do passageiro.- Tempo total acumulado de atrasos dos passageiros para a JT.- Tempo total acumulado de viagem para todos os passageiros (tempo total dentro do veículo).- Tempo médio de viagem.- Distância média de viagem.- Distância máxima de uma viagem.- Proporção de distâncias maiores ou iguais a cinco quilômetros.

Tabela A.3. Adaptados de Quadrifoglio *et al.* (2008).

Indicadores
<ul style="list-style-type: none">- Número de veículos necessários para satisfazer a procura.- Distância total viajada pelos veículos diariamente.- Distância total viajada pelos veículos em vazio diariamente.- Tempo que os veículos estão sem passageiros.

Tabela A.4. Adaptados de Chandra e Quadrifoglio (2013a,c).

Indicadores
<ul style="list-style-type: none">- Distância total viajada.- Tempo a bordo do veículo.- Tempo de espera do cliente na paragem pelo veículo.- Número de passageiros por veículo*hora.- Custo do passageiro.- Veículo*km por operador.- Custo por veículo*km.- Custo por veículo*hora.- Eficiência de combustível da frota.- Razão entre custo e receita das tarifas.

Os indicadores de desempenho pretendem medir a qualidade do serviço. Essa qualidade pode ser classificada segundo várias categorias. Paquette *et al.* (2009) considerou as oito categorias definidas por Pagano e McKnight (1983) para serviços *paratransit*, sendo alguns comuns ao serviço DRT. Posteriormente essas categorias foram adaptadas por outros autores como Knutsson (1999), que considerou apenas seis atributos importantes.

Tabela A.5. Adaptados de Paquette *et al.* (2008).

Categorias	Indicadores
Confiança	<ul style="list-style-type: none"> - Percentagem de atrasos ou cancelamento de serviço. - Tempo de espera do cliente na paragem de origem. - Percentagem de chegadas ao destino a horas. - Tempo de atraso durante as viagens.
Conforto	<ul style="list-style-type: none"> - Percentagem de reclamações da limpeza do veículo. - Percentagem de reclamações da condução para cada motorista. - Percentagem de reclamações do ar condicionado e ventilação. - Número de paragens com abrigo para o embarque. - Número de paragens com bancos para o embarque.
Conveniência para efetuar reserva	<ul style="list-style-type: none"> - Número de reclamações de dificuldades de alterar as reservas. - Percentagem de embarques na JT escolhida pelo passageiro. - Tempo de antecedência para a reserva da viagem. - Número de reclamações no processo de reserva da viagem de volta.
Extensão do serviço	<ul style="list-style-type: none"> - Número total de horas de serviço. - Percentagem de acessos sem restrições onde o veículo pode ir. - Percentagem de pedidos de serviço ao fim do dia. - Taxa de reservas recusadas.
Acesso aos veículos	<ul style="list-style-type: none"> - Número de reclamações da largura do corredor. - Número de reclamações da altura do primeiro degrau. - Número de reclamações do número de degraus. - Distância da residência à paragem de origem ou da paragem de destino ao local pretendido.
Segurança	<ul style="list-style-type: none"> - Probabilidade de agressão pessoal. - Probabilidade de queda dentro do veículo. - Probabilidade de acidente de viação.
Características dos motoristas	<ul style="list-style-type: none"> - Número de reclamações da cortesia e afabilidade. - Número de reclamações da satisfação de necessidades gerais. - Número de reclamações do asseio e profissionalismo.
Recetividade	<ul style="list-style-type: none"> - Número de reclamações da cortesia e afabilidade dos operadores telefónicos. - Número de reclamações da dificuldade em obter informação clara sobre o serviço. - Percentagem de queixas e sugestões dos clientes.

Tabela A.6. Adaptados de Costa (2008) para TP regular.

Categorias	Indicadores
Volume de transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensão da frota por tipologia de veículos. - Capacidade dos veículos da frota. - Capacidade média da frota (dividindo a capacidade pela dimensão da frota) - Número de paragens (reflete a cobertura espacial do serviço). - Volume anual de passageiros.
Desempenho da rede	<ul style="list-style-type: none"> - Intensidade do serviço oferecido (divide os pas*km diários pelo total de quilómetros percorridos pelo veículo). - Velocidade média dos veículos.
Produção de transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Veic*km diário (soma das distâncias realizadas por cada um dos veículos da frota durante um dia). - Quantidade diária de serviço oferecida (produto de veic*km diário e a capacidade média dos veículos num dia). - Utilização do serviço (Pas*km diário, produto do número de passageiros transportados e os quilómetros médios da viagem). - Eficiência laboral (divide o número de passageiros e o número de trabalhadores total).
Produtividade	<ul style="list-style-type: none"> - Produtividade da linha, ou seja, distância total percorrida por unidade de tempo (veic*km/h ou pas*km/h, produto do número de veículos (ou passageiros) e a sua velocidade media).
Eficiência do transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização dos veículos (veic*km/veic, total de quilómetros realizados num dia a dividir pela dimensão da frota). - Intensidade da utilização do serviço (Pas/(veic*km), quociente entre o número de passageiros e o veic*km para um dia). - Eficiência da utilização dos veículos em relação ao número de viagens (Pas/veic, quociente entre o volume de passageiros anual e a dimensão da frota). - Produção de cada veículo (Pas*km/veic, divide os pas*km pela dimensão da frota por dia).
Utilização	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização temporal dos veículos, (Veic*h/veic).



Universidade do Minho

B INQUÉRITO SOBRE A

MOBILIDADE DA POPULAÇÃO

O questionário que se segue tem como objetivo caracterizar os padrões de mobilidade da população nos concelhos de Amares, Terras de Bouro e Vila Verde. A realização do inquérito está a cargo da equipa de investigadores do projeto ASTRA (Transportes alternativos em áreas rurais) da **Universidade do Minho**, com a colaboração da empresa **Geoatributo**. Pretende-se conhecer melhor as necessidades atuais da população em termos de transportes, compreender os principais problemas de adequabilidade da oferta do sistema de transporte público face a tais necessidades, bem como apresentar e fundamentar um conjunto de soluções possíveis, daí a importância da sua colaboração. Todas as informações prestadas pelos inquiridos serão mantidas no anonimato.

CARACTERIZAÇÃO DO INDIVÍDUO

1. **Sexo:** M F

2. **Que idade tem?**

(Um dígito por quadrado)

3. **Onde é que reside?**

Concelho Terras de Bouro

Freguesia: _____

(Ver lista exclusões)

Lugar: _____

Código Postal: _____

4. **Qual é a sua ocupação?** (Assinalar o que melhor se adequa)

Empregado

Função/Ramo atividade: _____

Procura do 1º Emprego

Desempregado

Reformado

Estudante

Atividades da casa ou doméstica/o

Inapto por invalidez

Outro: _____

5. **Qual é a sua escolaridade?** (Uma cruz)

Não sabe ler nem escrever

Só sabe ler Sabe ler e escrever

4ª classe 9º ano

12º ano Ensino Superior

Inquiridor: _____

Número do Inquérito: _____

Local da Recolha: _____

6. **Tem carta de condução?** Sim Não

7. **Possui algum passe ou título de transporte?**

Sim Não

8. **PARA ALÉM DE SI, quantas pessoas fazem parte do seu agregado familiar?** (Um dígito por quadrado)

9. **Como é constituído o seu agregado familiar em termos de faixas etárias?** (Indicar o número de indivíduos, excluindo o inquirido)

Idade	0 10	11 20	21 30	31 40	41 50	51 60	61 70	71 80	81 90	+90
Nº										

10. **Quantos veículos de passageiros** (carros, motocicletas, etc...) **existem no seu agregado familiar?**

0 1 2 3 ou mais

11. **Com que frequência tem disponível um veículo do agregado familiar para você utilizar (como motorista ou passageiro)?** (Uma cruz por linha)

		Sempre	Muitas vezes	Raramente	Nunca
2ª a 6ª feira	Manhã				
	Tarde				
	Noite				
Sábado	Manhã				
	Tarde				
	Noite				
Domingo	Manhã				
	Tarde				
	Noite				

12. **É normalmente condutor ou passageiro?**

Condutor Passageiro Não aplicável

13. **Quantas pessoas do seu agregado familiar utilizam transporte público?** (Um dígito por quadrado)

MOBILIDADE DO INDIVÍDUO

14. Quantas vezes se desloca em algum transporte a partir de casa, em cada um dos seguintes períodos?

De 2ª a 6ª: (Uma cruz por cada linha, em cada caso)

	Todos os dias	3-4 vezes por semana	Semanal	Quinzenal	Mensal	Raramente	Nunca
De manhã							
De tarde							
De noite							

Ao Sábado: (Uma cruz por cada linha)

Ao Domingo: (Uma cruz por cada linha)

	Todos os sábados	Quinzenal	Mensal	Raramente	Nunca	Todos os domingos	Quinzenal	Mensal	Raramente	Nunca
De manhã										
De tarde										
De noite										

15. Que tipo de transporte utiliza normalmente quando faz uma deslocação a partir de casa? (Se utiliza mais do que um tipo de transporte, por favor escolha aquele que utiliza na maior parte do percurso).

	Carro/ Carrinha/ Motociclo				Autocarro	Outros			A que horas sai normalmente?
	Bicicleta/ Motociclo	Carro próprio		Boleia		Táxi	A pé	Outro	
		Condutor	Passageiro						
De 2ª a 6ª									
Sábados									
Domingos									

← Uma só cruz por linha →

16. Desloca-se para ir trabalhar? Sim Não → **Questão 25 (virar a folha)**

17. Onde fica o seu local de trabalho? Concelho: _____ Freguesia: _____

18. Quanto tempo é que demora a chegar de casa ao trabalho? minutos (aproximadamente)

19. Que meio(s) de transporte utiliza a partir de casa? 1º _____ (transbordo? →) 2º _____

20. Na deslocação de casa-trabalho ou trabalho-casa faz algum desvio? Sim Não → **Questão 22 (em baixo)**

21. Se “Sim”, por que motivo(s) o faz? _____ E com que frequência? Na ida? e/ou Na volta?

- Levar miúdos à escola → _____ vezes por semana
- Fazer compras → _____ vezes por semana
- Dar ou vir de boleia → _____ vezes por semana
- ? _____ → _____ vezes por semana

→ **22. Qual é o seu horário de trabalho?** Variável → **Questão 25 (virar a folha)**

Começa às: h e min O horário para almoço é das: h e min

às: h e min Acaba (no final do dia) às: h e min

23. Anda de transporte para ir almoçar? Sim Não

24. Se “Sim”, que meio de transporte utiliza mais frequentemente?

Bicicleta/ Motociclo	Carro/ Carrinha/ Motociclo			Autocarro	Outros		
	Carro próprio		Boleia		Táxi	A pé	Outro
	Condutor	Passageiro					

→ 25. Vai regularmente a alguma feira semanal? Sim Não → **Questão 28**

→ 26. A que feira(s) se desloca e que meio de transporte utiliza normalmente para lá ir? (Se utiliza mais do que um tipo de transporte, por favor escolha aquele que utiliza na maior parte do percurso, em cada caso.)

Feiras	Carro/ Carrinha/ Motociclo			Autocarro	Outros			SEMPRE	QUINZENAL	MENSAL	
	Bicicleta/ Motociclo	Carro próprio			Boleia	Táxi	A pé				Outro
		Condutor	Passageiro								
<input type="checkbox"/> Amares (Ferreiros)								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> T. Bouro (Moimenta)								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> V. Verde (sede concelho)								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Pico de Regalados								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Prado								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> ?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

(Uma cruz por linha)

27. Com que frequência vai à(s) feira(s)?

→ 28. Quantas vezes se desloca **PROPOSITADAMENTE A PARTIR DE CASA**, para realizar cada uma das seguintes atividades?

(D = dia; T = tarde; N = Fim da tarde ou Noite)

	Quantas vezes?			Em que alturas?									Destino e transporte?	
	por Semana	por Mês	por Ano	Semanalmente			Sábado			Domingo			Concelho/Freguesia	Tipo de transporte que mais utiliza?
				D	T	N	D	T	N	D	T	N		
Compras de Hiper/Supermercado														
Assuntos pessoais (bancos, correios, etc)														
Consultas médicas														
Crianças para a escola														
Visitas a amigos ou familiares														
Lazer e desporto														
Idas à igreja														
? (especificar)														

← (Um n° por linha) → (Cruzar até 3 mais frequentes, por linha)

29. Tem algum problema físico ou de saúde que lhe dificulte a utilização de transportes públicos?

Não Sim, qual? _____

30. Alguém do seu agregado familiar está nessa situação? Não Sim, que problema é? _____

31. Se não utiliza transportes públicos, indique os principais motivos? (Indicar UM ou DOIS, no máximo)

- Falta de serviços para o(s) destino(s) desejado(s)
- Falta de horários compatíveis
- Falta de comodidade
- Dificuldade de locomoção pessoal Não sabe / Não responde
- Preço
- Prefere andar de carro
- ? (especificar) _____

32. Deixa de fazer habitualmente alguma deslocação por falta de transporte público?

Sim Não → **Questão 34**

33. Se “Sim”, para que destino(s) desejaria deslocar-se, com que frequência, com que propósito e em que horários?

Destino		Quantas vezes?			(trabalho, lazer, compras, serviços de saúde, outros serviços, etc.)	
Concelho	Freguesia	por Semana	ou por Mês	ou por Ano	Qual é o motivo da viagem?	Qual é a hora desejada de saída de casa?

→ 34. Imagine que seria possível passar a dispor de um novo serviço de transporte público num qualquer horário e destino da sua preferência. Para cada um dos seguintes tipos de serviço, diga-nos qual seria a probabilidade de o vir a utilizar.

POSSÍVEIS NOVOS SERVIÇOS DE TRANSPORTE				PROBABILIDADE DE VIR A USAR O SERVIÇO				Não sabe/ Não responde
				Muito provável	Provável	Pouco provável	Muito improvável	
A	Tem de fazer marcação	⇒ Recolhe-o à porta de casa	⇒ Leva-o diretamente ao destino					
B	Tem de fazer marcação	⇒ Recolhe-o de uma paragem próxima	⇒ Leva-o diretamente ao destino					
C	Não precisa de fazer marcação	⇒ Recolhe-o de uma paragem próxima	⇒ Leva-o diretamente ao destino					
D	Não precisa de fazer marcação	⇒ Recolhe-o de uma paragem próxima	⇒ Liga-o a outro transporte que o leva até ao seu destino					

← (Uma só cruz por linha) →

35. Quanto estaria disposto(a) a pagar por um novo serviço de transporte público coletivo que tivesse uma grande flexibilidade em termos de horários e de destinos possíveis (permitindo levá-lo para onde quer, quando quer)?

O mesmo que se paga habitualmente nos transportes coletivos Não muito mais
 Até bastante mais (se for realmente melhor) Não interessado

36. Importar-se-ia de partilhar o uso de um táxi, ou de uma pequena carrinha, com outros passageiros desconhecidos, sabendo que o preço a pagar seria semelhante ao que se paga habitualmente nos transportes coletivos?

Preferia chamar um táxi privado e pagar mais Não me importaria nada
 Depende... (especificar): _____ Não sabe/Não responde

Notas e comentários

Muito obrigado pela sua colaboração!

O inquérito apresentado foi elaborado no âmbito do projeto ASTRA à população residente no concelho de Terras de Bouro. Assim, todos os estudos prévios necessários à significância e validação dos inquéritos podem ser vistos em Ferreira (2008).

Sendo um estudo para identificar padrões de mobilidade, de forma a poderem ser construídas matrizes OD, perceber quais os meios de transporte utilizados e porque motivos o utilizam. É importante fazer com que os inquiridos compreendam qual o âmbito do estudo, para que responda de forma voluntária às questões.

Inicialmente efetuou-se um inquérito de teste designado por inquérito piloto, a uma pequena amostra, com posterior análise dos resultados para se verificar se as questões estavam claras e se havia necessidade de reformular ou acrescentar alguma questão.

O número de inquéritos efetuados deve garantir a obtenção de significância estatística e a técnica de amostragem utilizada foi aleatória, ao longo de todo o concelho, com seleção de género representativo da população.

Os dados recolhidos foram tratados pelo *software* SPSS, permitindo identificar o comportamento das variáveis e correlações entre elas.

C MATRIZES OD - PROBABILIDADES

Trabalho:

		Freguesia de Trabalho															
O/D	Residência																
	Balança	Brufe	do Gerês	Carvalheira	Chamoim	Chorenses	Cibões	Covide	Gondoriz	Moimenta	Monte	Ribeira	Caldo	Souto	Valdosende	Vilar da veiga	Braga/Outros
Balança	0,25									0,25							0,5
Brufe																	1
Campo do Gerês			0,6	0,1				0,1		0,15							0,05
Carvalheira				0,5				0,2					0,2				0,1
Chamoim					0,3	0,3		0,1		0,1							0,2
Chorenses							0,35			0,4							0,25
Cibões										0,8							0,2
Covide								0,6		0,15							0,25
Gondoriz									0,7	0,2							0,1
Moimenta									0,1	0,8							0,1
Monte							0,1			0,4			0,1				0,4
Ribeira										0,3		0,3	0,3				0,1
Rio Caldo			0,2							0,1			0,5			0,1	0,1
Souto			0,1							0,2				0,55			0,15
Valdosende													0,3		0,5		0,2
Vilar								0,1		0,6							0,3
Vilar da veiga																	0,8
																	0,2

Compras:

		Freguesia de Compras															
O/D	Residência																
	Balança	Brufe	do Gerês	Carvalheira	Chamoim	Chorenses	Cibões	Covide	Gondoriz	Moimenta	Monte	Ribeira	Caldo	Souto	Valdosende	Vilar da veiga	Braga/Outros
Balança										0,2							0,8
Brufe										0,6							0,4
Campo do Gerês			0,3							0,1							0,6
Carvalheira				0,1						0,2							0,7
Chamoim										0,3							0,7
Chorenses										0,3							0,7
Cibões										0,4							0,6
Covide								0,1		0,2							0,7
Gondoriz										0,4							0,6
Moimenta										0,5							0,5
Monte										0,1							0,9
Ribeira										0,5							0,5
Rio Caldo										0,1							0,9
Souto										0,2							0,8
Valdosende										0,2					0,1		0,7
Vilar										0,4							0,6
Vilar da veiga										0,1						0,1	0,8

Assuntos pessoais:

		Freguesia de Assuntos pessoais															
O/D	Residência																
	Balança	Brufe	do Gerês	Carvalheira	Chamoim	Chorenses	Cibões	Covide	Gondoriz	Moimenta	Monte	Ribeira	Caldo	Souto	Valdosende	Vilar da veiga	Braga/Outros
Balança										0,7							0,3
Brufe										0,9							0,1
Campo do Gerês										0,8							0,2
Carvalheira										0,8							0,2
Chamoim										0,8							0,2
Chorenses										0,8							0,2
Cibões										0,3							0,2
Covide										0,8							0,2
Gondoriz										0,8							0,2
Moimenta										0,9							0,1
Monte										0,4							0,6
Ribeira										0,8							0,2
Rio Caldo										0,7			0,1				0,2
Souto										0,8							0,2
Valdosende										0,3			0,2				0,5
Vilar										0,8							0,2
Vilar da veiga										0,7			0,1		0,1		0,1

Desporto e/ou lazer:

O/D	Freguesia de Desporto e/ou lazer													Braga/ Outros				
	Campo						Rio					Vilar da						
	Balança	Brufe	do Gerês	Carvalheira	Chamoim	Chorens	Ciboes	Covide	Gondoriz	Moimenta	Monte	Ribeira	Caldo Souto		Valdosende	Vilar	veiga	
Balança	0,05									0,3							0,65	
Brufe				0,2						0,3							0,5	
Campo do Gerês			0,2														0,8	
Carvalheira				0,7													0,3	
Chamoim				0,2													0,8	
Chorens						0,3				0,3							0,4	
Ciboes							0,1										0,9	
Covide								0,4					0,2				0,4	
Gondoriz									0,4	0,3							0,3	
Moimenta										0,5							0,5	
Monte											0,8						0,2	
Ribeira												0,1					0,9	
Rio Caldo													0,3				0,7	
Souto														0,05			0,95	
Valdosende																0,6	0,4	
Vilar																0,1	0,8	
Vilar da veiga									0,1							0,2	0,6	0,2

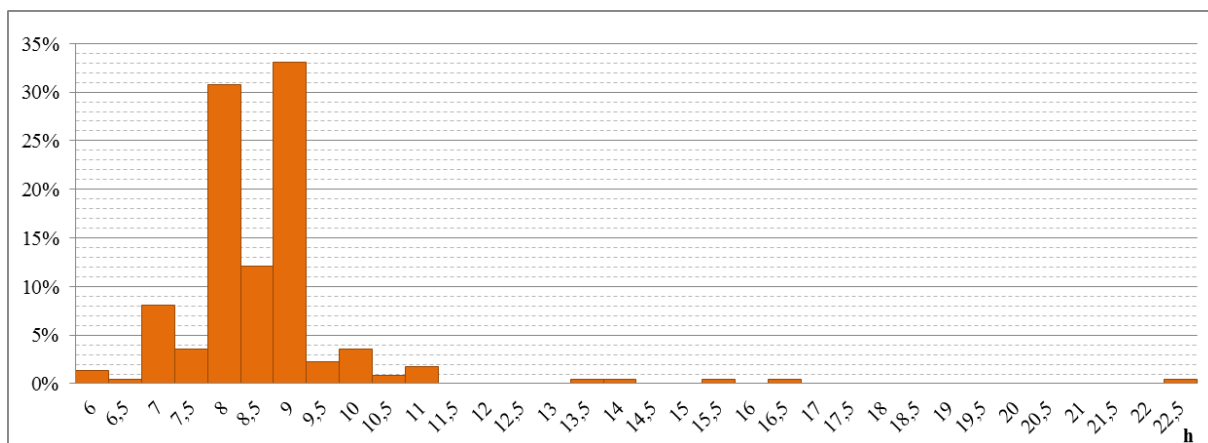
Visitar amigos e/ou família:

O/D	Freguesia de Amigos e/ou Família													Braga/ Outros			
	Campo						Rio					Vilar da					
	Balança	Brufe	do Gerês	Carvalheira	Chamoim	Chorens	Ciboes	Covide	Gondoriz	Moimenta	Monte	Ribeira	Caldo Souto		Valdosende	Vilar	veiga
Balança	0,2									0,2							0,6
Brufe				0,3													0,7
Campo do Gerês			0,2													0,2	0,6
Carvalheira										0,5							0,5
Chamoim																	1
Chorens																	1
Ciboes										0,4							0,6
Covide								0,2		0,3			0,2				0,3
Gondoriz									0,2	0,2							0,6
Moimenta									0,2		0,2					0,1	0,5
Monte																	1
Ribeira																	1
Rio Caldo										0,2		0,3					0,5
Souto											0,4		0,4				0,2
Valdosende									0,1				0,1	0,1		0,1	0,6
Vilar																	1
Vilar da veiga										0,2						0,4	0,4

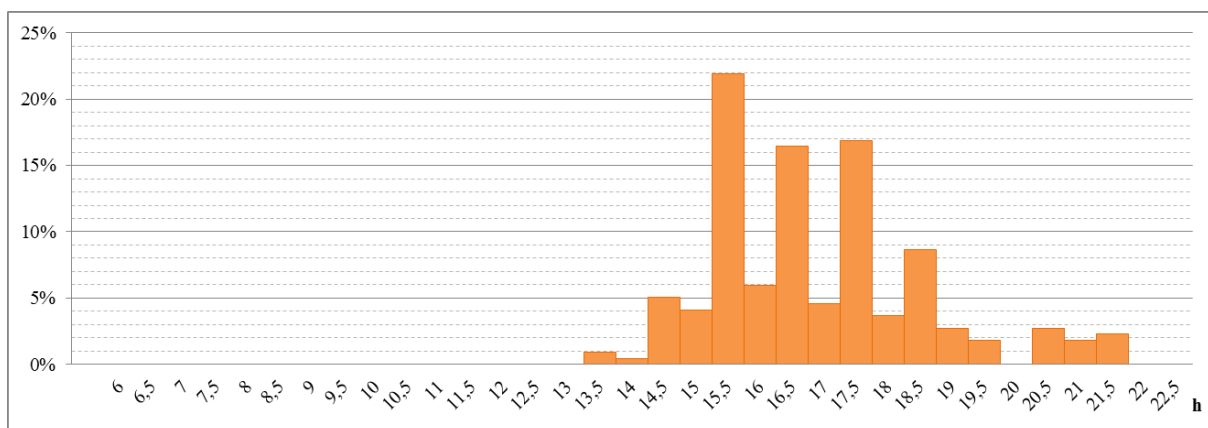
D HISTOGRAMAS DE HORÁRIOS DE DESLOCAÇÃO

Trabalho (aproximadamente 40% da população adulta)

Saída:

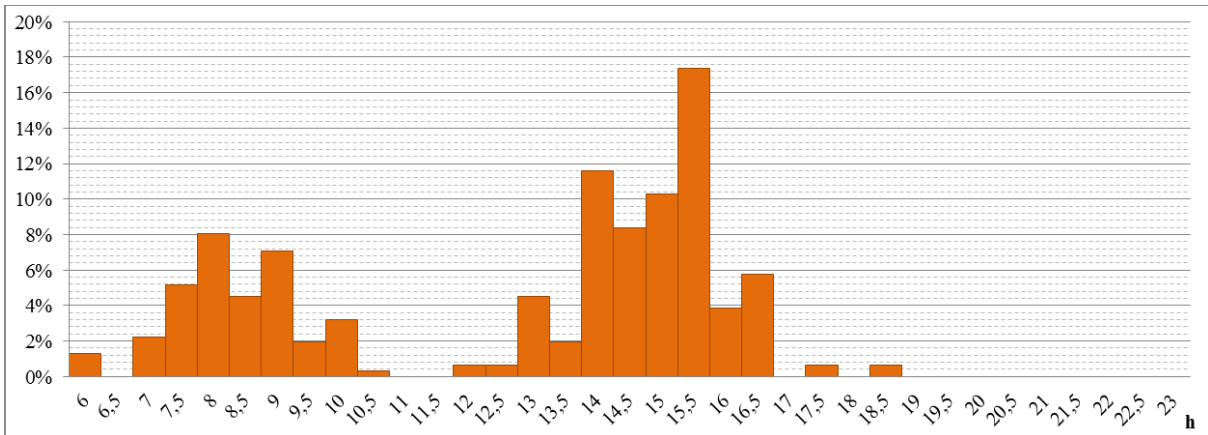


Volta:

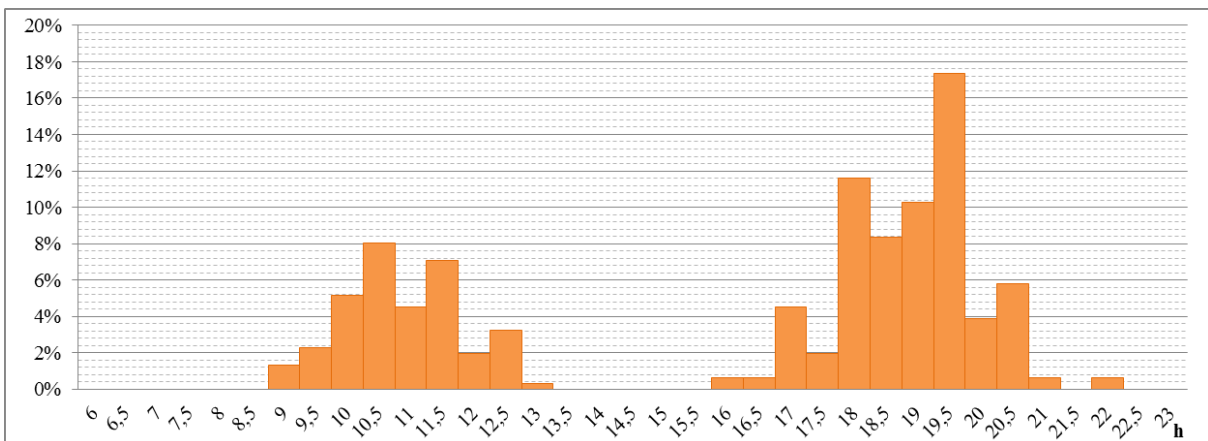


Compras (aproximadamente 15% da população adulta)

Saída:

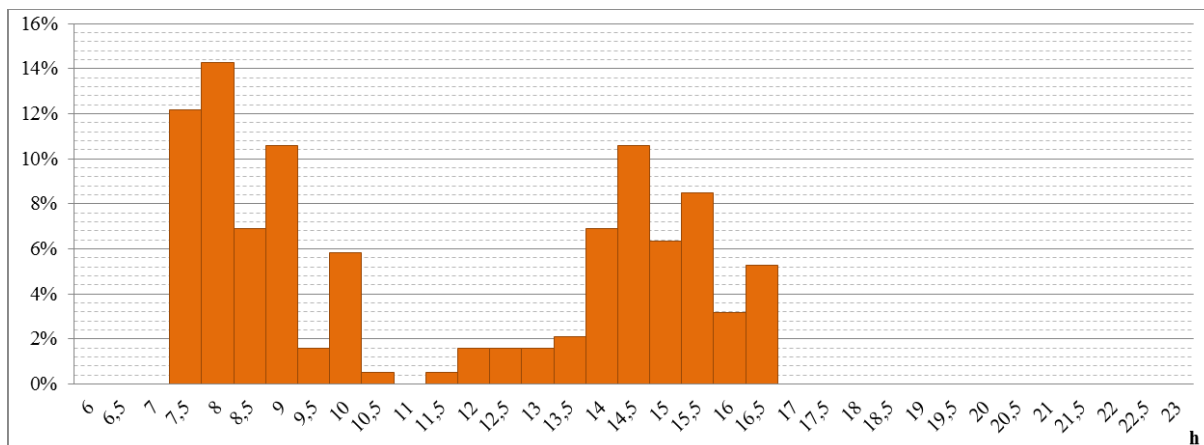


Volta:

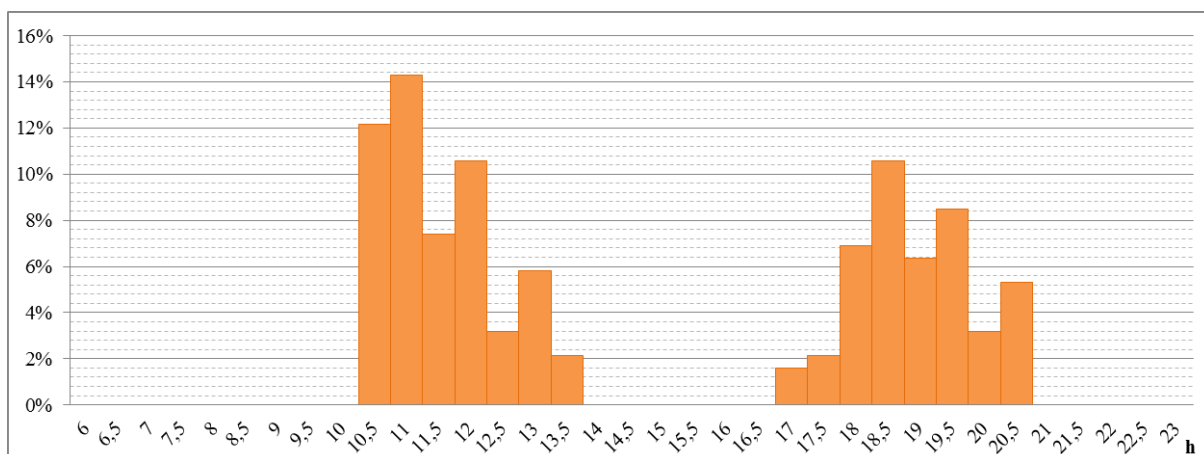


Assuntos pessoais (aproximadamente 35% da população adulta)

Saída:

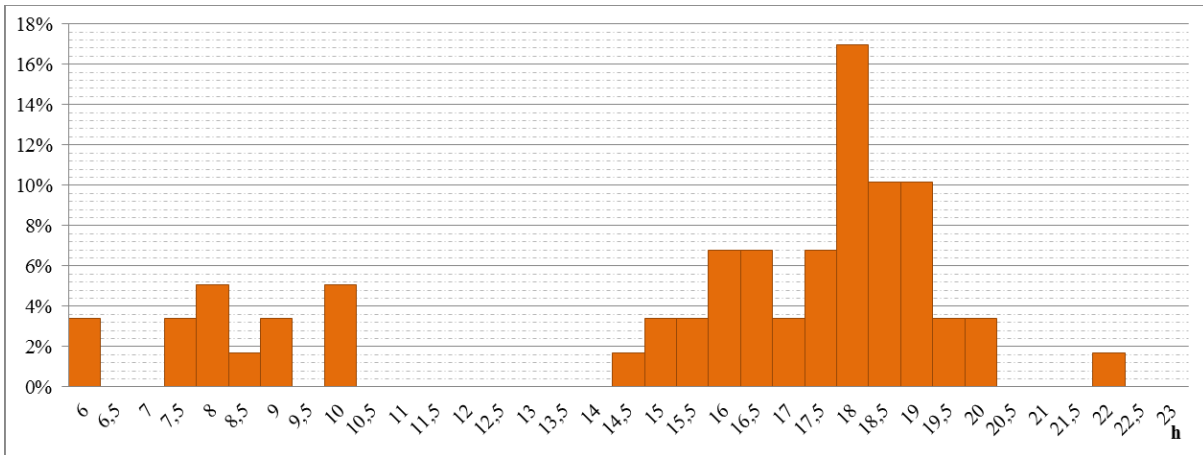


Volta:

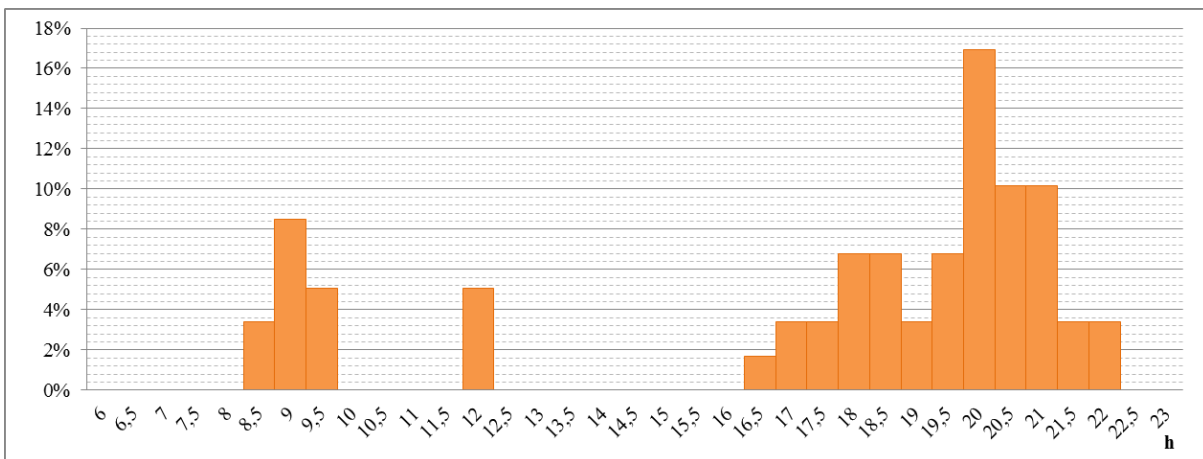


Desporto ou lazer (aproximadamente 5% da população adulta)

Saída:

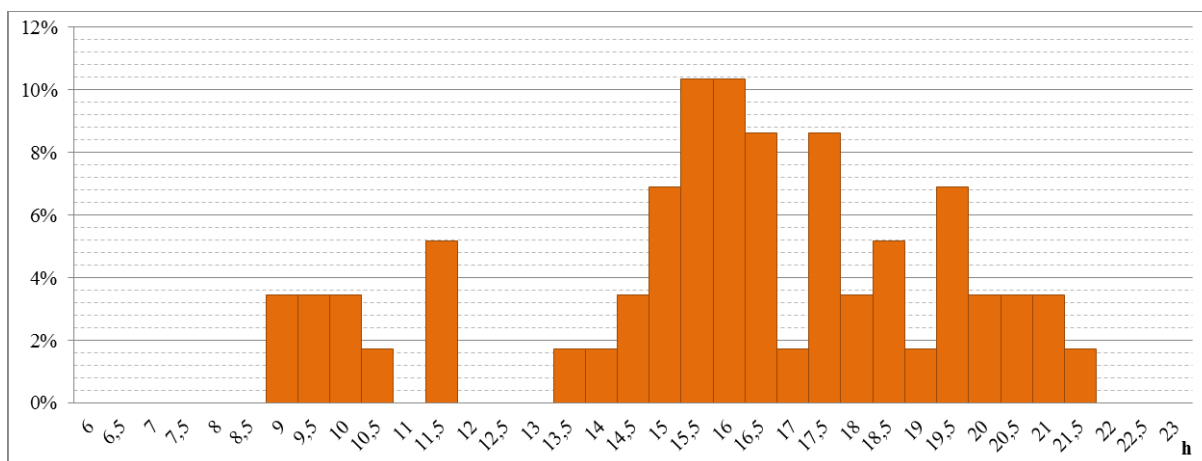


Volta:

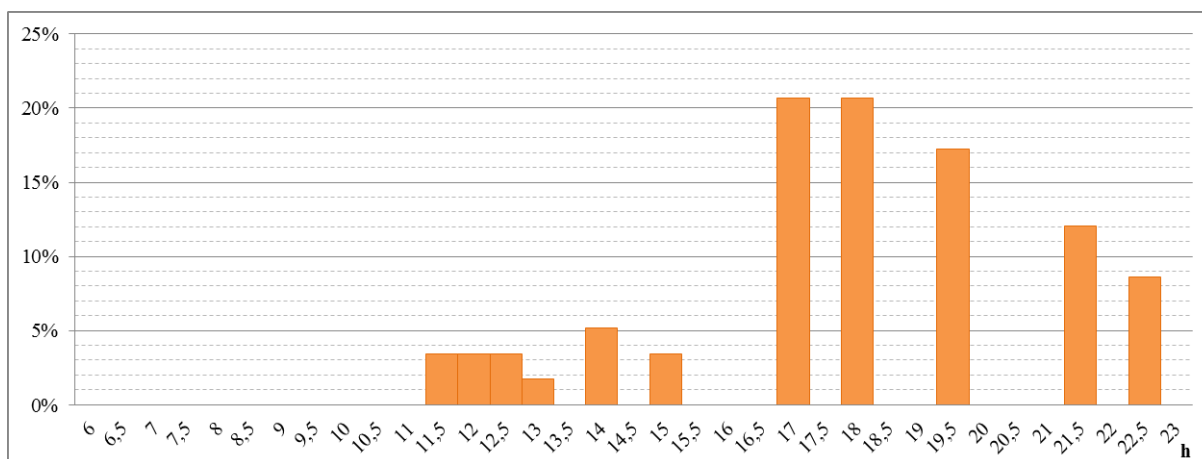


Visitar amigos ou família (aproximadamente 5% da população adulta)

Saída:



Volta:



E AUMENTO DO TEMPO

As distâncias entre as freguesias foram obtidas pelo *google maps*. Os tempos entre as freguesias do TP regular estão tabelados pelos operadores de serviço. Os tempos entre freguesias do TI foram estimados considerando-se uma velocidade média de 50km/h e as distâncias entre as freguesias. A variação dos tempos foi calculada pela diferença de tempos.

$$\text{Variação Tempos} = \frac{\text{Tempo TP} - \text{Tempo TI}}{\text{Tempo TI}} \times 100$$

Operador	Freguesias	Distâncias (Km)	Tempo TI (min.)	Tempo TP (min.)	Variação de tempos
Transdev	Moimenta – Souto	6	7,2	12,5	73,6%
	Moimenta - Covide	10	12	25	108,3%
	Moimenta - Carvalheira	11,4	13,68	15	9,6%
	Moimenta - Campo do Gerês	14,1	16,92	25	47,8%
Hoteleira do Gerês	Moimenta - Vilar da Veiga	23	27,6	36	30,4%
	Moimenta - Rio Caldo	18,4	22,08	29,5	33,6%
	Rio Caldo - Vilar da Veiga	4,8	5,76	12	108,3%
	Rio Caldo - Covide	8,6	10,32	15	45,3%
	Moimenta - Covide	10	12	20	66,7%
Verde Minho	Moimenta - Balança	3	3,6	10	177,8%
	Moimenta - Ribeira	2,2	2,64	5	89,4%
	Ribeira – Souto	2	2,4	5	108,3%
	Moimenta – Souto	6	7,2	20	177,8%
Variação média					82,8%

F CONTRATO COM OPERADOR DO SERVIÇO A PEDIDO DE MAÇÃO:



CONTRATO DE AQUISIÇÃO DE SERVIÇOS

Melhoria da Mobilidade - Transporte a Pedido no Médio Tejo – Experiência Piloto Aquisição de serviços de Transporte a Pedido para os concelhos de Abrantes, Mação e Sardoal

Entre:

Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo, representada pela Presidente do Conselho Intermunicipal da Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo, Maria do Céu de Oliveira Antunes Albuquerque, titular do Cartão do Cidadão n.º 08825269 8ZY7, cujos poderes de representação se encontram estabelecidos nos termos da Lei n.º 75/2013 de 12.09.2013, como Primeiro Outorgante,

e

Rodoviária do Tejo SA, titular do cartão de pessoa coletiva n.º 502513900, com sede na Rua do Nogueiral, Edifício Galinha, 2350-413 Torres Novas, representada no ato por Orlando Manuel Gonçalves Costa Ferreira, titular do Bilhete de Identidade n.º 2167990, e Oswaldo Manuel da Silva Moreno, titular do Bilhete de Identidade n.º 13460452, na qualidade de representantes legais, os quais têm poderes para outorgar o presente contrato, Segundo Outorgante.

Tendo em conta:

A decisão de adjudicação e acto de aprovação da minuta do contrato, tomada por deliberação do Conselho Intermunicipal da Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo, datada de 14.03.2014, relativa ao procedimento AD/06/2014;

e

Considerando que a despesa inerente ao contrato será satisfeita pela dotação orçamental na rubrica económica 02.02.20, de acordo com as Opções do Plano e Orçamento para o ano de 2014, aprovadas em reunião do Conselho Intermunicipal da Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo de dia 06.12.2014, e em Assembleia Intermunicipal da Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo de dia 17.12.2014.

O presente contrato é celebrado nos termos das seguintes cláusulas:

Cláusula 1.ª

Objecto do contrato

O Segundo Outorgante obriga-se a prestar ao Primeiro Outorgante os serviços de transporte a pedido nos concelhos de Abrantes, Mação e Sardoal de acordo com o caderno de encargos do procedimento AD/06/2014 e proposta adjudicada.

Cláusula 2.ª

Preço contratual

Pela prestação dos serviços previstos na cláusula anterior, o Primeiro Outorgante obriga-se a pagar ao Segundo Outorgante a compensação financeira nos termos do n.º 2 da cláusula 18.ª do caderno de encargos, observando-se o limite global máximo do preço contratual de 50.000,00€ e considerando os seguintes valores unitários:

- Valor fixo (coordenação e operacionalização do serviço): 45€/dia útil (corresponde a 15€/dia útil para cada concelho)
- Valor fixo (disponibilidade de viaturas): 66€/dia útil (correspondente a 22€/dia útil para cada concelho)
- Valor por km para viaturas de 4 lugares: 0,45€;
- Valor por km para viaturas de 8 lugares: 0,55€.

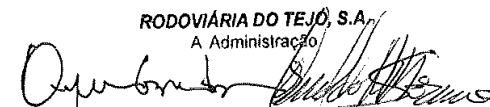
Cláusula 3.ª

Prazo de execução

A prestação de serviços inicia-se com a outorga do contrato, compreendendo um período operacional de 13 meses, com início em 01.04.2014 e vigorando até à data de 30.04.2015.

Data: 31.03.2014


Primeiro Outorgante

RODOVIÁRIA DO TEJO, S.A.
A Administração

Segundo Outorgante

