

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



O papel da simulação na definição e avaliação de sistemas de transportes flexíveis

Nuno Teixeira

RELATÓRIO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: Professora Teresa Galvão
Coorientador: Professor Rui Gomes

2014-01-27

A Dissertação intitulada

“O papel da Simulação na Definição e Avaliação de Sistemas de Transportes Flexíveis”

foi aprovada em provas realizadas em 11-02-2014

o júri



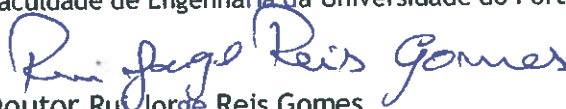
Presidente Professor Doutor Fernando Arménio da Costa Castro e Fontes
Professor Associado do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professor Doutor Ricardo Jorge Silvério Magalhães Machado
Professor Associado com Agregação Departamento de Sistemas de Informação da
Escola de Engenharia da Universidade do Minho



Professora Doutora Maria Teresa Galvão Dias
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Doutor Rui Jorge Reis Gomes
Investigador da FCTUC

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



Autor - Nuno Filipe Sousa Teixeira

“Quando o homem compreende a sua realidade, pode levantar hipóteses sobre o desafio dessa realidade e procurar soluções. Assim, pode transformá-la e o seu trabalho pode criar um mundo próprio, o seu Eu e as suas circunstâncias.” - Paulo Freire

"A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original" - Albert Einstein

“Muda, que quando a gente muda, o mundo muda com a gente, a gente muda o mundo na mudança da mente e quando a gente muda o mundo anda para a frente” - Gabriel Contino

Resumo

Nas últimas décadas o setor dos transportes públicos tem vindo a rever o seu papel na sociedade. A necessidade de serviços de qualidade e de inclusão social resultou, em vários casos, na implementação de serviços de transporte flexível, STF. Estes serviços de transporte procuram ajustar a oferta à procura com itinerários e agendamentos variáveis conforme a procura e, por vezes, combinados com otimização de rotas. As vantagens dos STF em termos de inclusão social, mobilidade, descongestionamento de trânsito, ou impacto ambiental são evidentes. No entanto, este tipo de serviços pode facilmente apresentar insustentabilidade financeira ou falta de qualidade de serviço, o que se traduz numa maior exigência ao nível da gestão operacional, necessitando de soluções (muitas vezes) em tempo real considerando vários critérios.

No âmbito deste projeto pretende-se analisar os resultados da utilização de uma ferramenta de simulação de serviços de transportes flexíveis através da utilização da mesma num caso de estudo de desenho de um STF. A simulação é baseada em processos estocásticos e permite obter uma avaliação dos custos e também da qualidade de serviço.

Foi efetuado um inquérito aos pólos geradores de tráfego, do concelho de Vila do Conde, relacionados com as áreas como da saúde, ensino, trabalho e ação social motivadores dos grandes fluxos diários de pessoas. Os dados obtidos foram tratados para obter uma estimativa da procura discretizada no tempo, por freguesia, no formato de uma matriz O-D. Este estudo em conjunto com um estudo da acessibilidade e necessidades de transporte em grande parte não satisfeitas pelo serviço público de transportes, serviu de base para o desenho esboços de diferentes serviços de transporte flexível. Testaram-se os serviços com formulações bastante disparees em termos de horário, distribuição temporal dos pedidos, tipo de reserva e itinerário. O projeto pretende obter conclusões sobre a utilidade da simulação na definição e planeamento de Serviços de Transporte Flexível com base na simulação destes dois serviços em dezenas de cenários com milhares de horas de operação.

Palavras-chave: Integração social, Serviço de transporte Flexível, Simulação, Processo Estocástico

Abstract

In the last decades, the public transport sector has been re-evaluating its role in the society. The need of social inclusion and quality of transport service led, in many cases, to the implementation of Demand Responsive Transports (DRT). These services plan the transport offer according to the observed demand through flexible routes and reservations and may, eventually, involve route optimization. The advantages of DRT in terms of social cohesion, mobility, traffic, environment and service quality are fairly obvious. On the other hand, these services might easily generate financial unsustainability or insufficient quality levels, which implies a more advanced operational management with real time solutions involving multiple objectives.

In the scope of this project, results of a real study case of DRT design using a DRT simulation software tool will be analysed. The simulation is based in stochastic processes and enables service cost assessment and quality evaluation with indexes as mean pickup time delay and total distance travelled. A survey was developed with the heavy traffic generating activities, located in Vila do Conde, related with the society main activities like work, education, health and social action which induce great flows of people. The resulting data was processed to obtain an estimation of the demand discretized in time, per village, in the form of a OD Matrix, which was complemented by a study of the transport needs to develop drafts of the DRT services for simulation. We propose a service design for a school service for students and for a service mostly dedicated for health centers users and for other kind of travels. Both services were simulated with very distinct setups in terms of schedule, temporal distribution of requests, type of reserve and route, being each one simulated in dozens of scenarios and during hundreds of service hours.

Key Words: Social inclusion, Demand Responsive Transport, Simulation, Stochastic Process

Agradecimentos

Os melhores agradecimentos à minha mãe e ao resto da minha família que me apoiaram em todos os dias de trabalho, em especial à minha mãe que me ajudou todos os dias e apoiou incentivando-me a dar o meu melhor.

Um agradecimento também aos meus amigos que sempre me incentivaram a continuar a melhorar o trabalho desenvolvido.

Um agradecimento especial ao Professor Rui Gomes pela disponibilidade de numerosas vezes se deslocar à faculdade para reunir e por disponibilizar o software que desenvolveu para ser utilizado nesta dissertação.

Agradeço também a Professora Teresa Galvão pela boa disposição e experiência que disponibilizou na execução deste projeto.

Índice

Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Enquadramento do trabalho	1
1.2 - Tema	1
1.3 - Objetivos	1
1.4 - Estrutura do Relatório	2
Capítulo 2	1
Revisão de Literatura	1
2.1 Serviço de Transporte Flexível	1
2.2 Principais objetivos dos STF	2
2.3 O contexto dos STF em Portugal	3
2.4 Como caracterizar o tipo de serviço de transporte flexível?.....	4
2.4.1 Conceito de "itinerário, paragens e horário"	5
2.4.2 Conceito de sistema de solicitação de serviço/reserva	8
2.4.3 Conceito de integração modal	10
2.4.4 Conceito de afetação de veículos	11
2.4.5 Arquitetura de um STF e soluções tecnológicas	11
2.4.6 Modelação da procura para STF's: Modelo Quatro Passos	17
2.5 A Utilização de Simulação no contexto dos STF	19
2.5.1 Ferramenta de simulação.....	19
2.5.1.1 Requisitos Funcionais.....	21
2.5.1.2 Requisitos Não Funcionais	22
2.5.1.3 Estrutura Lógica	22
2.5.1.4 Funcionalidades e Parâmetros	23
2.5.2 O sistema "NU DRT".....	24
2.6 Casos de Implementação	25
2.6.1 "Texxi" (Táxi coletivo).....	25
2.6.2 "Bush Taxi"	26
2.6.3 "RingBuss".....	26
2.6.4 "Flexibus"	27
2.6.5 Táxi Coletivo de Beja	27
Capítulo 3	29
Metodologia	29
3.1 Introdução.....	29
3.2 Avaliar necessidades de transporte.....	30
3.3 Estudar de fluxos de pessoas	30
3.4 Simulação	33
Capítulo 4	35

Caso de Estudo: Simulação de Cenários de Serviços de Transporte Flexível no concelho de Vila do Conde	35
4.1 Avaliação das necessidades de transporte na área em estudo	35
4.2 Estudo do fluxo de pessoas aplicado aos STF	39
4.4.1 Atração de viagens.....	39
4.4.2 Geração de Viagens e Estimativa de Fluxos	40
4.3 Esboço de STF's	42
4.3.1 “STF Ensino”	42
4.3.2 “STF Saúde e Outros”	43
4.4 Simulação	43
4.4.1 Configurações do STF Ensino	43
4.4.2 Configurações do STF Saúde e Outros	44
Capítulo 5	45
Discussão dos Resultados Obtidos.....	45
5.1 Introdução	45
5.1.1 Nomenclatura: STF Ensino.....	45
5.1.2 Nomenclatura: STF Saúde e Outros	46
5.2 Resultados da Simulação: STF Ensino	47
5.3 Resultados da Simulação: STF Saúde e Outros	49
5.4 Síntese dos Resultados.....	53
Capítulo 6	54
Reflexões Finais.....	54
6.1 Balanço	54
6.2 Trabalho Futuro.....	55
Referências	56
Anexos	60

Lista de figuras

Figura 2.1 - Definição dos objetivos de STF como parte intrínseca do conceito	3
Figura 2.2 - Corredor de paragens com paragens adicionais	5
Figura 2.3 - Corredor de paragens com desvios (por solicitação) pré-definidos.....	6
Figura 2.4 - Paragens Pré-definidas ao longo de um corredor	7
Figura 2.5 - Variações do ponto final de partida e chegada	7
Figura 2.6 - Combinação de locais de paragem aleatórios numa zona	8
Figura 2.7 - Resumo esquemático dos Cenários de solicitação e reserva	10
Figura 2.8 - Intermodalidade autocarro-comboio	10
Figura 2.9 - Esquema funcional - Adaptado da Fonte: (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004).....	12
Figura 2.10 - Esquema das tecnologias usadas no STF	13
Figura 2.11 - Etapas do MQP	18
Figura 2.12 - Estrutura de alto nível do sistema	21
Figura 2.15 - Estrutura lógica da integração do sistema.....	23
Figura 4.1 - Mapa de Vila do Conde no distrito do Porto	36
Figura 4.2 - Mapa de Densidade Kernel com Frequências de transportes em cada Paragem ..	37
Figura 4.3 - Índice de Mobilidade	38
Figura 4.4 - Zonas organizacionais de STF	39
Figura 4.5 - Número Diário de Frequentadores por Polo.....	40
Figura 4.6 - Zonas STF Escola	40
Figura 4.7 - Zonas STF Saúde e Outros.....	41
Figura 4.8 - Procura diária discretizada no tempo (STF ensino).....	42

Figura 4.9 - Períodos de Serviço	43
Figura 4.10 - Cenários de simulação - STF Ensino.....	44
Figura 4.11 - Cenários de simulação - STF Ensino.....	44
Figura 5.1 - Período1: Impacto da variação do nº de veículos.....	47
Figura 5.2 - Períodos 1,2,3 e 4: Variação de Custos de Deslocação	49
Figura 5.3 - STF Saúde: Variação do Atraso.....	51
Figura 5.4 - STF Saúde: Variação do V. de Vendas.....	51
Figura 5.5 - Variação do Lucro = Vol. Vendas - Custo Deslocação	52
Figura 5.6 - Impacto da diminuição do Número de Paragens no Atraso, Pedidos insatisfeitos e Custo de Deslocação	52

Lista de tabelas

Tabela 3.1 - Questões do Inquérito	32
Tabela 3.2 - Pesos do I _G	34
Tabela 4.1 - Matriz O-D STF Ensino	41
Tabela 4.2 - Matriz O-D STF Saúde	41
Tabela 5.1 - Nomenclatura das Configurações do STF Ensino.....	46
Tabela 5.2 - Nomenclatura dos Cenários do STF Ensino	46
Tabela 5.3 - Nomenclatura das Configurações do STF Saúde	46
Tabela 5.4 - STF Ensino: Variação do N° Paragens	48
Tabela 5.5 - Variação do N° de Veículos	50

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

ASR	<i>Automatic Speech Recognition</i>
CAN	<i>Campus Area Network</i>
DARP	<i>Dial a Ride Problem</i>
DOD	<i>Degree of Dynamism</i>
DRT	<i>Demand Responsive Transport</i>
DVR	<i>Dynamic Vehicle Routing</i>
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
IVR	<i>Interactive Voice Response</i>
IVT	<i>In Vehicle Terminal</i>
MQP	Modelo Quatro Passos
OBU	<i>Onboard Units</i>
PRN	<i>Private Radio Network</i>
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SCC	Sistema Central de Controlo
SIG	Sistema de Informação Geográfico
SMS	<i>Short Message Service</i>
STC	Serviços de Transporte Coletivo
STF	Sistemas de Transporte Flexível
STP	Serviços de Transporte Público
TP	Transporte Público
UOV	Unidade Operacional de Veículos

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Enquadramento do trabalho

O presente relatório descreve o trabalho realizado no âmbito do Projeto de Mestrado Integrado de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Este trabalho surge na sequência de uma tese de doutoramento (Gomes 2013) no contexto da qual foi desenvolvida uma ferramenta de simulação utilizada neste trabalho.

1.2 - Tema

O tema principal deste trabalho consiste na definição e aplicação de uma metodologia para análise da necessidade de transporte com o objetivo de avaliar o contributo de uma ferramenta de simulação na avaliação de cenários de Serviços de Transportes Flexíveis.

O projeto desta dissertação propõe-se a estudar e utilizar um conjunto de ferramentas informáticas para, de forma mais eficiente se estude a necessidade de transporte e se esboce STFs dedicados às necessidades locais do caso de estudo de Vila do Conde. A informação relativa aos fluxos de pessoas e aos fluxos de pessoas é fornecida à ferramenta de simulação. O tratamento destes resultados sobre a performance dos serviços em termos de custos e qualidade do serviço permitirá tirar elações sobre os serviços e consequentemente sobre contributo da ferramenta.

1.3 - Objetivos

Os objetivos chave são então:

- Perceber e caracterizar serviços de transporte flexíveis

- Avaliar as necessidades de serviços de transporte flexível e estudar o fluxo de pessoas em Vila do Conde
- Desenhar esboços de Serviços de Transporte Flexível adequados ao caso de estudo
- Avaliar o contributo da ferramenta de simulação para a avaliação de cenários de Serviços de Transporte Flexível

1.4 - Estrutura do Relatório

O relatório apresentado estrutura-se em seis capítulos que se seguem ao presente capítulo introdutório.

O segundo capítulo descreve a revisão sobre o tema abordado e o conhecimento existente sobre STF, assim como as práticas atualmente desenvolvidas, esclarecendo conceitos e familiarizando o leitor com o assunto em questão.

O terceiro capítulo apresenta a definição de uma metodologia para estudo da necessidade de transporte e dos fluxos de pessoas.

O quarto capítulo apresenta o caso de estudo abordado e a caracterização geográfica e social da zona em análise e da oferta de serviços e mobilidade disponível. A metodologia adotada na definição do caso de estudo é, igualmente, apresentada neste capítulo, incluindo o esboço de STFs e a preparação para a simulação.

No capítulo cinco reúnem-se os resultados da simulação mais interessantes com uma análise crítica dos resultados.

Os comentários finais sobre o trabalho realizado são abordados no último capítulo, no qual são, também, apontadas algumas linhas de reflexão e investigação futura.

Capítulo 2

Revisão de Literatura

O conceito de transporte público flexível surgiu em 1968 nos Estados Unidos da América e a implementação do primeiro serviço de transporte público flexível surgiu passados 2 anos. Este serviço de transporte visava assegurar o serviço à população em geral em áreas rurais de menor densidade populacional. Alguns anos após a sua implementação, o serviço foi também direcionado para pessoas com mobilidade condicionada.

Alguns autores, como (Mulley et al 2012), (Polytechnio 2008) ou (Brake et al. 2006), têm contribuído para a divulgação das definições e conceitos usados hoje como referência. Estas definições encontram-se no início da maioria das obras e relatórios sobre o Serviço de Transporte Flexível (STF). Se por um lado as definições apresentadas são bastante semelhantes, por outro verificam-se diferenças na forma de conceber o serviço - no *design*. Em geral, os autores concordam sobre os princípios básicos como a reserva prévia, a baixa capacidade veículos e otimização de rotas, mas os seus pontos de vista diferem quanto à sua utilização ou modo de operação do serviço.

2.1 Serviço de Transporte Flexível

O conceito de STF engloba a definição de *Demand Responsive Transport* (DRT), mas é um pouco mais generalista, abrangendo todas as ofertas de transporte de passageiros cujos serviços sejam flexíveis em uma ou mais dimensões de aspetos como rota, afetação de veículos, operador, modo de pagamento e tipos de utilizador (Mulley et al. 2012). O conceito de DRT trata-se de um serviço integrado e flexível centrado no utilizador, situado entre a rigidez dos transportes públicos convencionais e a flexibilidade do táxi, reunindo a vantagem da flexibilidade do táxi com um equilíbrio económico, contributo da aproximação ao transporte convencional, embora o próprio táxi já seja ele mesmo considerado um STF. O DRT foi definido como qualquer forma de transporte nos quais a provisão diária do serviço é

influenciada pela procura dos seus utilizadores numa determinada área e que é normalmente associada aos serviços de transporte público operados por veículos como os miniautocarros e *maxi-taxis* (carrinhas de passageiros com capacidade que pode chegar até aos 10 lugares).

A operacionalização do serviço pode estar a cargo de diferentes entidades, individualmente ou em parcerias, como operadores de transporte, empresas de táxis, empresas de aluguer de carros ou administração local. Os serviços podem, ainda, estar integrados no sistema de transportes, enquanto rebatimento nas redes de transporte público regular (Brake et al. 2006).

2.2 Principais objetivos dos STF

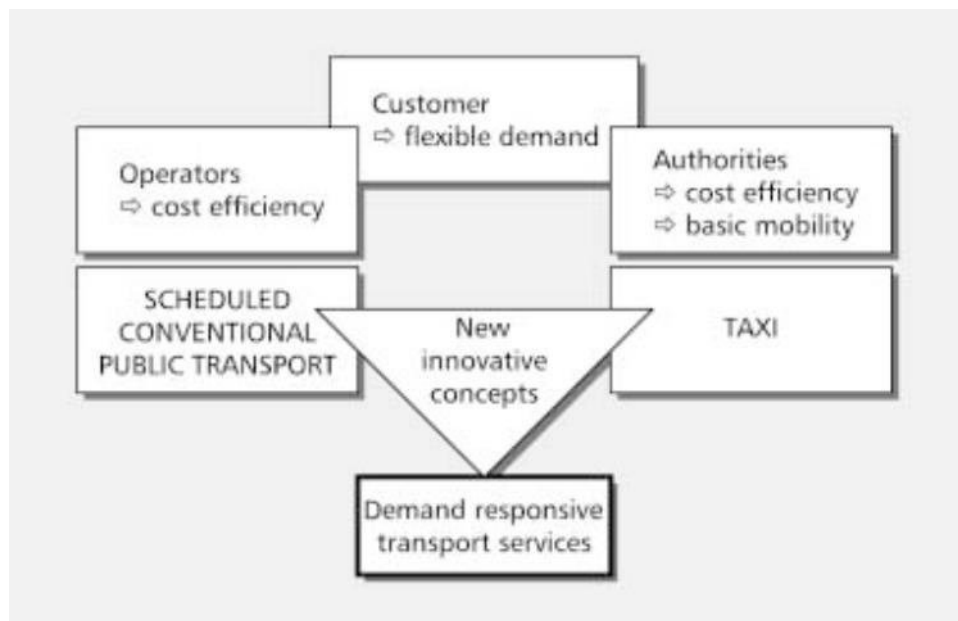
Tal como todo serviço de transporte público, o serviço de transporte flexível e respetivas estratégias de planeamento deverão ser concretizadas tendo em consideração fatores de ordem social e ambiental, privilegiando a mobilidade coletiva.

Por outro lado, no desenho do serviço de transporte é necessário ter em consideração aspetos essenciais relativamente à entidade que gere o serviço como a sua capacidade organizacional, a capacidade de tornar o negócio autossustentável financeiramente e a capacidade de identificar e responder às necessidades dos utilizadores, acompanhando a evolução das cidades e padrões de mobilidade.

O conceito de sustentabilidade no contexto da mobilidade assenta não só na relevância crescente da dimensão económica (através da consideração dos custos indiretos gerados pelas deslocações, rentabilidade, acidentes, congestionamento, entre outros), mas também das dimensões ambiental e social (através de medidas e ações que promovam a sustentabilidade ambiental, assim como a equidade social no acesso a bens e serviços e combatam a exclusão social¹) (Sousa, Ferreira e Fernandes 2009).

Na identificação dos objetivos dos STF é necessário ter em conta como estes serão o resultado das necessidades dos *stakeholders* do serviço, resumidamente esquematizado na Figura 2.1.

¹exclusão social - é um processo que limita a participação dos indivíduos na sociedade, devido à falta de acesso a oportunidades sociais como cuidados de saúde, comércio, locais de lazer, as quais dependem fortemente de meios de transporte (Margalha 2009).



Fonte: (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004)

Figura 2.1 - Definição dos objetivos de STF como parte intrínseca do conceito

A necessidade de responder à mudança das necessidades dos utilizadores do serviço e a necessidade de racionalizar os serviços de transportes público tradicional, tornando-o mais eficiente, e por último a necessidade da política pública de transportes garantir a mobilidade básica da população e criar alternativas ao uso do veículo próprio (Finn 2012), com o intuito de reduzir a congestão e poluição, são no seu conjunto a base dos serviços de Transporte Flexível (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004).

Os objetivos dos STF baseiam-se na integração social e distribuição equilibrada dos serviços assumindo também um carácter de serviço público, colmatando desvantagens da inflexibilidade do transporte convencional e o custo elevado do transporte flexível proporcionado pelo táxi. O objetivo principal de um STF deve ser, talvez utopicamente, prestar um serviço de transporte capaz chegar a toda população residente em qualquer local da área abrangida pelo serviço com um foco especial nas áreas mais afastadas dos transportes públicos convencionais e a indivíduos com necessidades especiais de mobilidade, ao mesmo tempo funcionar como uma interligação complementar com estes transportes.

2.3 O contexto dos STF em Portugal

Atualmente não se prevê nenhum projeto de transportes flexíveis em funcionamento por iniciativa do Estado Português (PET 2011). Nos últimos anos, em geral notaram-se claras melhorias a vários níveis nos transportes públicos portugueses. Contudo, estes têm obtido resultados insatisfatórios em cenários de baixa procura, característicos das zonas suburbanas e rurais de baixa densidade populacional, seja por número reduzido de habitantes ou por

dispersão em pequenos aglomerados e até mesmo em zonas urbanas em determinados períodos. Surge então a necessidade de uma solução adaptável às particularidades destas zonas e/ou períodos do dia. Seguindo o exemplo dos casos de sucesso dos STF em vários países europeus, o Governo Português pretende, quando as circunstâncias o permitirem, tomar medidas para implementar estes sistemas de transporte (PET 2011).

Segundo o Governo Português, “os transportes flexíveis do setor público deverão estar vocacionados para:

- servir equipamentos ou zonas específicas que não geram uma procura que justifique um serviço convencional;
- garantir um serviço de transporte nos espaços periféricos, onde a densidade populacional não justifica a implementação de uma oferta de transporte público convencional, representando um complemento à rede existente e permitindo a eliminação de redundâncias no serviço público de transportes;
- responder às necessidades específicas da população mais envelhecida.” (PET 2011)

O Governo Português prevê também a integração dos serviços de transporte flexíveis nos serviços públicos de transporte convencionais visto que não se trata de um serviço concorrente, mas sim complementar, visando colmatar as lacunas e insuficiências do serviço convencional estabelecido. De um modo geral, o objetivo dos STF portugueses será disponibilizar mobilidade ao público em geral de modo eficiente para alcançar custos sustentáveis e procurar eliminar redundâncias na prestação de serviços.

2.4 Como caracterizar o tipo de serviço de transporte flexível?

As topologias dos serviços de transporte flexíveis podem-se dividir em vários conceitos, cuja aplicação não é necessariamente mutuamente exclusiva em cada serviço. Para cada conceito podem-se verificar vários cenários (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004).

- Conceito de “itinerário, paragens e horário”
- Conceito de sistema de solicitação de serviço/reserva
- Conceito de integração modal
- Conceito de afetação dos veículos

Os parâmetros a dimensionar na definição de um STF, e que definem o nível flexibilidade do serviço, envolvem os itinerários, as paragens e os horários que podem variar segundo níveis bem definidos. A experiência de implementação deste tipo de serviços permite constatar uma grande variabilidade e diversidade de soluções adaptadas às necessidades do público-alvo e às características dos operadores ou entidades locais envolvidas (IMTT 2011a). Cada conceito prevê determinados cenários pelos quais pode alternar na definição de um STF e no seu conjunto caracterizam todos os tipos serviço de transporte flexível.

2.4.1 Conceito de "itinerário, paragens e horário"

O itinerário de um serviço de transporte corresponde ao conjunto de paragens que são servidas com uma determinada ordem. O itinerário e a flexibilidade do horário são encarados como parte deste conceito.

Num serviço público de transporte estes elementos são previamente estabelecidos. No caso do STF, o percurso, paragens e horário podem ser definidos momentos antes da viagem ou durante a mesma.

O conceito de flexibilidade de "itinerário, paragens e horário" é estabelecido tendo em consideração as diferentes tipologias de paragens (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004). Estas tipologias são definidas a seguir e ilustradas nas figuras seguintes.

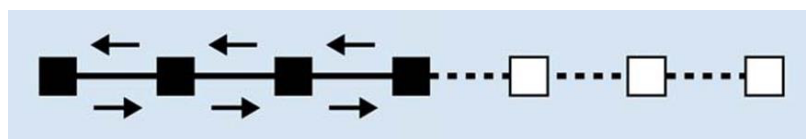
- Paragem fixa, paragem e horário pré-definidos, em que a paragem é sempre servida. Será representada pelo símbolo ■ nas figuras seguintes;
- Paragem e horário pré-definidos, em que a paragem apenas é servida quando existe solicitação por parte do cliente. Representada por □ ;
- Paragem pré-definida que apenas é servida mediante solicitação por parte do cliente. Representada por ○ ;
- Local de paragem aleatório, identificado através de morada ou local de referência ou pelo cidadão na rua, quando o autocarro passa por um itinerário identificado - normalmente, linha azul no pavimento do arruamento. Representado por △.

Podem-se encontrar os seguintes cenários base:

Cenário 1: Percursos, paragens e horário pré-definidos, parcialmente fixos

O serviço é parcialmente coincidente com o serviço regular e as paragens a servir, o percurso e o horário são estabelecidos previamente.

O nível de flexibilidade consiste na possibilidade de incluir paragens adicionais ao longo do percurso pré-estabelecido (Figura 2.2), consoante a procura e os tempos de espera em paragem, denominados momentos de passagem, pré-definidos.

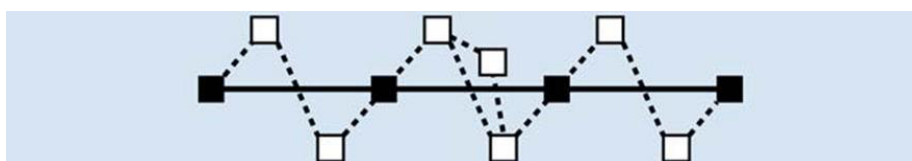


Fonte: (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004)

Figura 2.2 - Corredor de paragens com paragens adicionais

Cenário 2: Desvios ao longo de um percurso e paragens pré-definidas, ao longo de um corredor

O serviço tem paragens e horário pré-definidos, mas é possível efetuar desvios do percurso fixo para servir outras paragens (extra) definidas previamente, em caso de solicitação. Estas paragens estão localizadas num corredor, ao longo do percurso fixo, o que significa que os desvios são relativamente curtos (Figura 2.3). Contudo, o desvio demora mais tempo do que o percurso fixo, o que torna necessário encontrar um equilíbrio entre os desvios e as margens temporais face ao horário pré-definido.



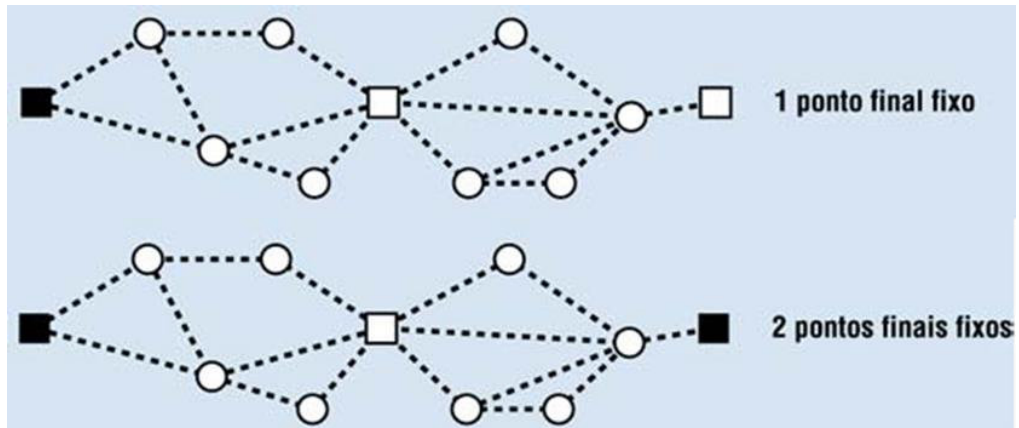
Fonte: (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004)

Figura 2.3 - Corredor de paragens com desvios (por solicitação) pré-definidos

Cenário 3: Paragens Pré-definidas ao longo de um corredor

Apresenta paragens pré-definidas num determinado corredor em que algumas das paragens têm horário de passagem pré-definido para estruturar o serviço. Normalmente uma das paragens terminais corresponde a uma paragem com horário pré-definido. O serviço pode ser concebido com paragens sem horário pré-definido. É importante referir que a localização das paragens ao longo de um corredor simplifica a organização do serviço, uma vez que a distância a percorrer entre paragens não varia muito. Este cenário pode apresentar um ou mais pontos finais fixos (Figura 2.4).

Existem exemplos descritos na secção 2.6 Casos de Implementação mais à frente no documento, que em determinada fase do serviço correspondem a este cenário. O “Flexibus” é um bom exemplo, no qual dois miniautocarros percorrem um percurso fixo com paragens pré-definidas e sem horário em que pode efetuar desvios em caso de solicitação de transporte por pessoas com mobilidade condicionada localizadas em instituições de apoio social com as quais existe acordo de prestação de serviço. Caso os desvios não tivessem pontos pré-definidos, considerar-se-ia que o serviço relativamente ao “itinerário, paragens e horário” seria uma combinação deste cenário com o Cenário 5 (ver adiante).



Fonte: (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004)

Figura 2.4 - Paragens Pré-definidas ao longo de um corredor

Cenário 4: Paragens pré-definidas numa zona

Esta tipologia de serviço apresenta paragens pré-definidas, numa determinada área. Habitualmente, apenas uma paragem apresenta horário de passagem pré-definido, para permitir a viabilidade de organização do serviço. A distância entre paragens e o respetivo tempo de percurso é variável, dependendo das paragens a servir.

No caso de nenhuma das paragens apresentar horário de passagem pré-definido, as paragens serão todas servidas mediante solicitação, estando muito próximo do serviço de táxi.

Este cenário apenas apresenta viabilidade económica se forem introduzidas limitações para evitar que o veículo realize uma viagem para cada solicitação. Estas limitações podem corresponder, por um lado, à introdução de uma paragem com horário de passagem pré-estabelecido ou fixo (Figura 2.5). Além disso, é necessário que a solicitação de transporte seja de acordo com o cenário 3 tal como é especificado no “Conceito de sistema de solicitação de serviço/reserva”(IMTT 2011a).

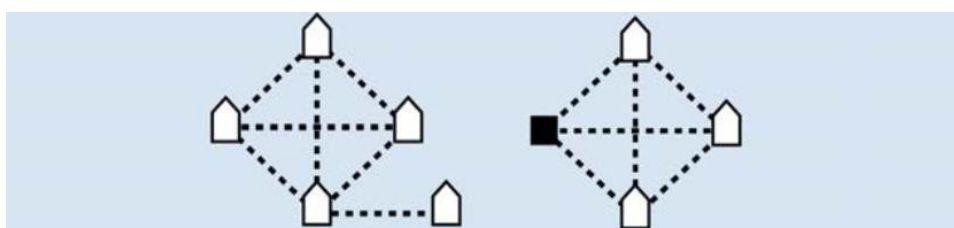


Fonte: (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004)

Figura 2.5 - Variações do ponto final de partida e chegada

Cenário 5: Combinação de locais de paragem aleatórios numa zona

Este cenário consiste numa evolução do Cenário 4, com a diferença de todos os locais da área de serviço poderem ser servidos, deixando de haver paragens pré-definidas do anterior cenário. No caso de o serviço de transporte dedicado a grupos de pessoas com mobilidade reduzida, é necessário ter em atenção os tempos de entrada e saída de passageiros (Figura 2.6).



Fonte: (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004)

Figura 2.6 - Combinação de locais de paragem aleatórios numa zona

2.4.2 Conceito de sistema de solicitação de serviço/reserva

O sistema de reserva constitui um componente fundamental do STF e implica três etapas:

- a. requisição de transporte com a identificação da origem e destino da viagem e os respetivos momentos de partida e chegada;
- b. proposta de serviço por parte do operador;
- c. confirmação do pedido ou declínio da proposta, por parte do cliente.

Na etapa a) a especificação da requisição pode incluir os seguintes aspetos:

- local de partida (morada ou local de referência);
- local de chegada (morada ou local de referência);
- hora de partida e de chegada;
- número de passageiros (lugares necessários);
- pedido específico (sobretudo relacionado com categorias de utilizadores com necessidades especiais, como pessoas com mobilidade reduzida).

Em serviços do operador em que o processo de proposta de viagem seja mais complexo, a etapa b) pode ser dividida nas ações de comunicação preliminar da viagem e de comunicação definitiva da viagem. Na primeira ação, são apresentadas uma ou várias possibilidades para a viagem com intervalos alargados para as horas de partida e de chegada (cerca de 30 minutos). Na segunda ação são igualmente apresentadas uma ou várias possibilidades para a viagem, mas com intervalos mais curtos para as horas de partida e de chegada (cerca de 5 minutos).

A sequência de etapas e diferentes momentos em que ocorrem as ações podem originar diferentes cenários (IMTT 2011a):

Cenário 1: Viagens não reservadas previamente

Consiste na “Reserva a Bordo” (*On-boarding booking*) em que requisição do serviço é efetuada diretamente ao motorista. Seguindo a regulamentação do serviço, o motorista permitirá ou não a entrada do novo passageiro. Em serviços que se focam na otimização da eficiência do serviço, este tipo de pedidos são normalmente declinados (IMTT 2011a).

Cenário 2: Reserva direta

O cliente efetua a requisição do serviço, recebe a lista de propostas e comunica a confirmação. Em geral a confirmação do serviço pode ser efetuada num intervalo de 30 minutos a 2 horas antes da hora de partida. A antecedência do pedido tende a ser diminuído pelos operadores.

Na secção 2.6, mais à frente no documento, é mencionado o serviço “Texxi” no qual a solicitação do serviço é efetuada através de SMS com a indicação do código postal do destino para onde o cliente se pretende deslocar, recebendo de seguida uma resposta com a confirmação e marcação do serviço.

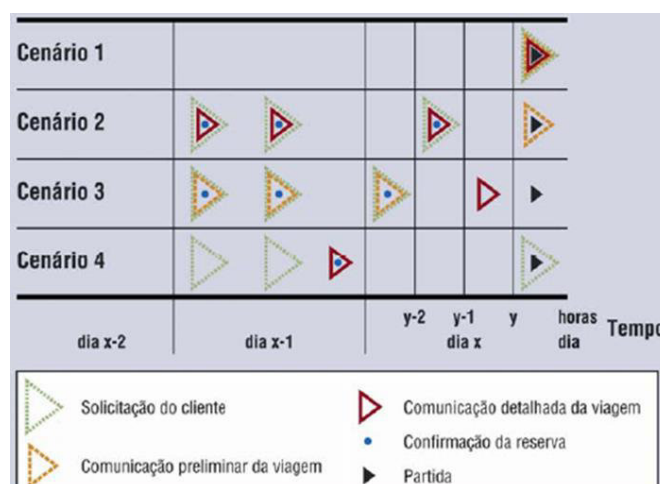
Cenário 3: Período de Comunicação da viagem alargado

O operador propõe de horários de partida e chegada alargados e apenas informa a hora de partida exata ao utilizador momentos antes da partida.

Cenário 4: Recolha prévia de todas as solicitações de viagens

Os dados das requisições de viagem são recolhidas previamente permitem encontrar um percurso otimizado. Em seguida é feita a proposta de serviço e o cliente procede à confirmação do seu pedido. Geralmente este procedimento realiza-se antecipadamente podendo ser até um dia antes da viagem.

Os vários cenários podem-se resumir esquematicamente como representado na Figura 2.7.



Fonte: (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004)

Figura 2.7 - Resumo esquemático dos Cenários de solicitação e reserva

2.4.3 Conceito de integração modal

O STF pode também funcionar como um serviço complementar do serviço público de transporte de diferentes formas, nos quais o grau de complementaridade espacial e temporal com a rede convencional pode variar. Assim, o papel do transporte flexível pode apresentar vários cenários não mutuamente exclusivos (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004):

Cenário 1: Rebatimento (Interface)

O serviço flexível funciona como serviço de ligação à rede de transporte público convencional, sendo a interface de transporte ou paragem/estação para os passageiros que pretendem deslocar-se de e para o serviço convencional (Figura 2.8). Importa salientar que esta complementaridade na generalidade dos casos define um sincronismo de horários entre os STF e os STP (Serviços de Transporte Público). Na secção 2.6 Casos de Implementação, mais à frente no documento, existe um exemplo que envolve o conceito de integração modal no cenário de interface. No serviço “RingBuss” em que o transporte de passageiros é feito sobretudo de e para a estação ferroviária, tratando-se de um STF complementar e sincronizado com o transporte público convencional existente.



(Adaptado da Fonte: commons.wikimedia.org, 26 de Janeiro de 2013)

Figura 2.8 - Intermodalidade autocarro-comboio

Cenário 2: Rede

Em que tem o papel de serviço adicional de complemento à rede ou de substituição de linhas que não são rentáveis no local ou período com necessidade de transporte.

Cenário 3: Destino Específico

Semelhante ao Cenário 2. Serviço focado em locais específicos como aeroportos, hospitais, pólos de emprego/serviço entre outros. Nos Estados Unidos da América é bastante comum a implementação de STF nos aeroportos.

Cenário 4: Substituição

Em que o serviço tem a função de substituição integral ou parcial do serviço de transporte coletivo convencional.

2.4.4 Conceito de afetação de veículos

Este conceito define as várias formas como os veículos se encontram alocados a cada serviço, segundo determinadas características (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004).

Afetação fixa: A disponibilidade de um veículo com capacidade e características determinantes para o serviço a realizar.

Afetação extensível: O serviço é baseado num número fixo de veículos e inclui a possibilidade de recorrer a um veículo suplementar caso se justifique. Nesta situação é fundamental avaliar as necessidades do serviço básico e do serviço adicional.

Afetação dinâmica: Num cenário ideal o operador tem à sua disposição uma frota de com várias categorias de veículos para prestar o serviço. As categorias dos veículos variam em capacidade, acessibilidade e equipamento especial, entre outros. Pode eventualmente haver partilha de veículos entre operadores.

Embora este cenário permita prestar um serviço ideal de STF, onde é possível responder de forma mais eficiente a cada solicitação de serviço, num contexto real é necessário encontrar um equilíbrio entre as necessidades da população em geral e a oferta do operador de modo a garantir a sustentabilidade económica do serviço.

2.4.5 Arquitetura de um STF e soluções tecnológicas

A gestão e operação de um STF necessitam do suporte de tecnologias de informação com maior precisão e controlo, relativamente ao serviço de transporte convencional, (embora

haja uma tendência para o serviço de transporte convencional adotar tecnologias dos STF), para permitir poder atingir uma maior eficiência.

A arquitetura funcional do sistema vai depender de como são feitas as marcações de viagens, da otimização (ou não) em tempo real, das rotas, entre outras, que, caso seja implementada, implicará a necessidade de haver uma monitorização do serviço.

Os subsistemas que suportam as funções do sistema de transporte flexível podem ser agrupados por áreas funcionais que caracterizam a arquitetura funcional e cujas interações (fluxos de informação) estão representadas no esquema da Figura 2.9.

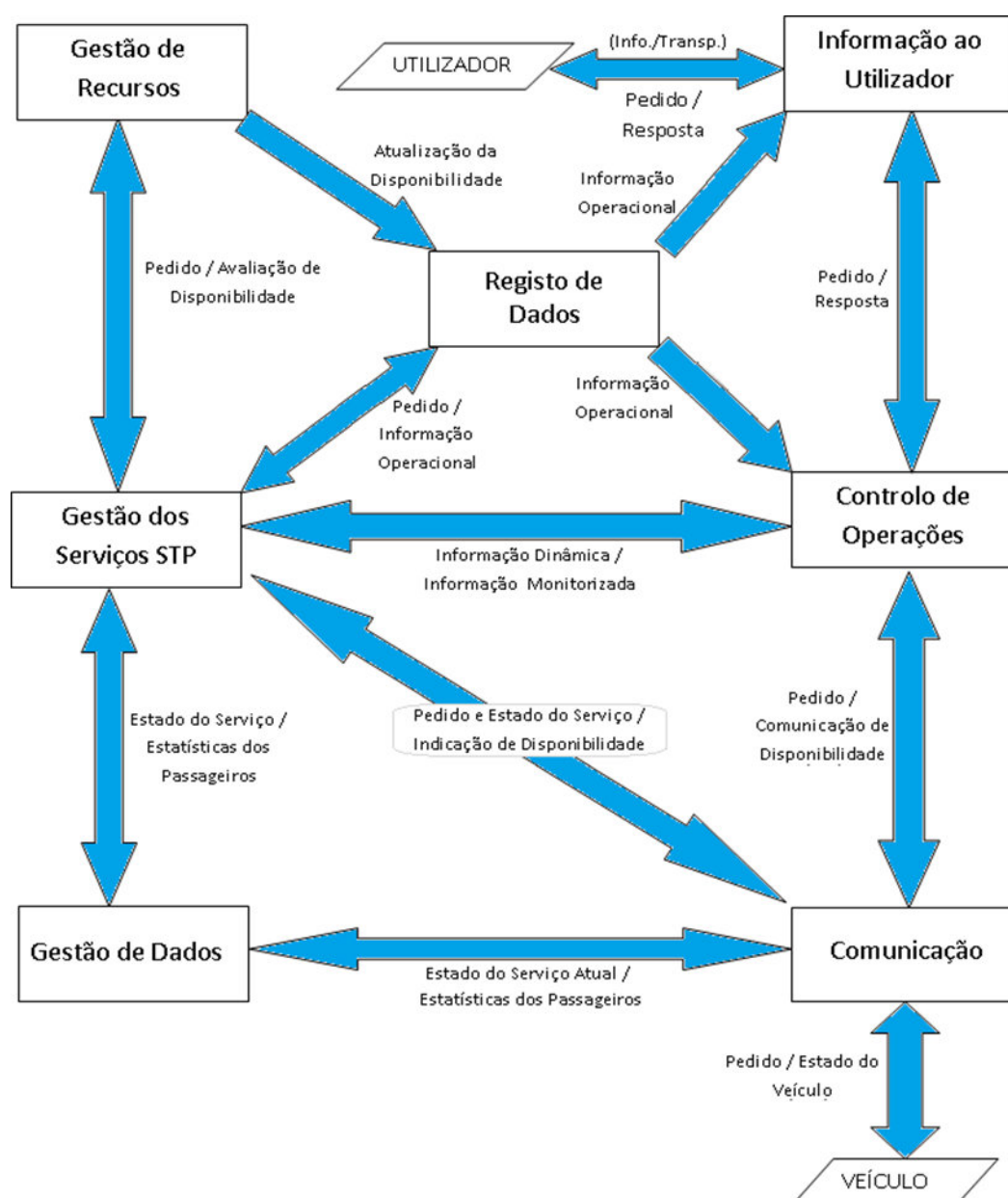


Figura 2.9 - Esquema funcional - Adaptado da Fonte: (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004)

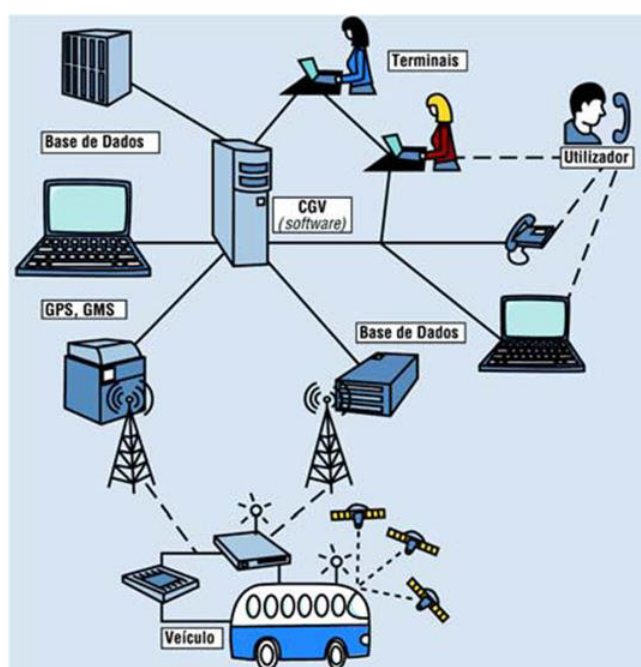
No contexto atual de evolução tecnológica, as potencialidades dos STF são fortemente suportadas por tecnologias como sistemas móveis de comunicação, GPS (*Global Positioning System*) e *software* de gestão e de informação geográfica. As soluções implementadas nos STF em alguns casos baseiam-se adaptações destas tecnologias de modo a permitirem responder aos requisitos e particularidades destes sistemas e tornarem-se menos dispendiosas.

A arquitetura de um Sistema de Transportes Flexíveis engloba como principais sistemas (Ambrosino, Nelson e Romanazzo 2004):

1. Sistema Central de Controlo, SCC
2. Sistema de Interface com Cliente
3. Unidades Operacionais de Veículos, UOV (*On-board Units, OBU*)
4. Sistema de Comunicação em Rede, SCR

Em seguida, estes sistemas são descritos mais detalhadamente.

Em baixo apresenta-se na Figura 2.10 um resumo esquemático da arquitetura de um STF com as tecnologias potencialmente utilizadas.



Fonte: (IMTT 2011a)

Figura 2.10 - Esquema das tecnologias usadas no STF

1. Sistema Central de Controlo, SCC

O SCC é o centro de operações onde são geridas as principais funcionalidades como a marcação de cada pedido e respetiva reserva, afetação de veículos, planeamento de rotas e a monitorização de serviços.

Sendo um dos principais sistemas constituintes dos STF, é importante descrever a sua arquitetura mais detalhadamente. Estes sistemas são normalmente do tipo cliente-servidor, permitindo múltiplos operadores do SCC interagirem com o sistema de gestão do STF e processar vários pedidos de clientes simultaneamente. A arquitetura básica do SCC inclui as seguintes plataformas de hardware e software:

- Servidor central é um servidor que tem como funções o planeamento e de gestão de viagens através de um sistema de informação geográfica. Assim, além de adicionar, modificar e remover pedidos de viagem ainda faz marcação de cada viagem e do respetivo veículo e executa algoritmos de otimização de rotas com parâmetros de tempos de espera necessários ao planeamento de cada percurso, estimativa do tempo de viagem, tempo de espera previsto entre outros. Permite ainda a monitorização de todos os dados de planeamento e de balanço bastante úteis para gerir o serviço pelo operador e motorista. Assim este servidor deve apresentar uma boa capacidade de processamento.

- Servidor base de dados, com funções de armazenamento de dados relativos aos passageiros, aos níveis de procura, às viagens e aos recursos do STF, veículos e motoristas; controlo do acesso à informação partilhada; gestão de dados estatísticos como taxas de serviço, tempo médio por viagem, entre outros; interface de comunicação com o sistema de informação central, normalmente o Sistema de Informação Geográfico (SIG), para fornecer dados necessários para o planeamento de viagens. Dados sobre horários de outros serviços públicos, dados sobre a gestão de afetação de veículos e motoristas.

O Terminal operacional, composto pelo menos pelos seguintes elementos básicos:

- um monitor para gerir os pedidos e verificar a posição do veículo relativamente ao percurso definido;
- um terminal de comunicações via rádio para estabelecer contacto com motoristas e com o veículo;
- um dispositivo de registo automático ou manual da e entrada de passageiros.

2. Interface com o Cliente

Esta interface permite ao utilizador do serviço poder contactar o SCC para fazer reservas, cancelamentos ou colocar questões sobre o serviço, ou até mesmo para receber notificações automáticas.

Atualmente esta interface pode ser estabelecida através de várias tecnologias como telefone (atendimento manual ou automático), telemóvel ou *smartphone* (SMS) ou internet (pelo site). Os dispositivos de contacto com o cliente que podem normalmente ser encontrados no SCC podem ser o servidor telefónico, que usa chamadas telefónicas automáticas e SMS pré-definidas para executar tarefas automáticas de receber pedidos de serviço e transmitir informação aos clientes sobre serviços requisitados; o atendedor automático de chamadas, dispositivo que pode recorrer à tecnologia IVR (*Interactive Voice Response*) ou mesmo ASR (*Automatic Speech Recognition* - o utilizador comunica verbalmente com o sistema automático de atendimento), sendo uma alternativa ao servidor telefónico; o servidor Web que fornece automaticamente informação e contabilização de reservas via internet, necessitando de ter informação sincronizada com os outros servidores do sistema DRT através do servidor central.

3. Unidades operacionais de Veículos

As UOV são, nomeadamente:

- Computador de bordo (*In Vehicle Terminal*, IVT)
- Sistema de localização
- Sistema de Comunicações

Este conjunto de recursos tecnológicos além de permitir a comunicação do motorista com a central, permite também armazenar, tratar e analisar em tempo real todos dados de cada trajeto de uma forma eficiente, o que permitirá ao motorista verificar o estado atual da viagem e efetuar alterações à mesma quando necessário. O motorista terá acesso de forma gráfica às informações do sistema com dados topológicos e de localização necessários à viagem. A integração destes recursos permite alterações na rota no decorrer da viagem (seja por ocorrência de condicionantes do trânsito rodoviário, ou por situações de desistência de passageiros, ou surgimento de uma nova solicitação de viagens, ou outras), segundo uma lógica de restrições na rede de estradas. O uso integrado do sistema de localização com software GIS permite visualizar a localização do veículo no mapa.

As unidades operacionais de veículos também incluem dispositivos dedicados aos passageiros, nomeadamente um dispositivo de validação do título de transporte, um dispositivo de gestão de pagamentos e contagem de passageiros. Estes dispositivos permitem ao motorista de modo manual ou automático registar, contabilizar e cobrar o serviço prestado a cada passageiro.

4. Sistema de comunicação em rede

Este sistema inclui as ligações que permitem a comunicação interna entre as unidades operacionais do veículo (através de uma *Campus Area Network*, CAN, por exemplo) e o sistema de comunicação externa, de longo alcance, que têm com função de estabelecer a comunicação entre o veículo e o SCC seja apenas comunicação de voz através de um comunicador de radio por *Private Radio Network* (PRN) ou comunicação de voz e dados através de um dispositivo telefónico com cartão GSM (*Global System for Mobile Communications*), por GPRS (*General Packet Radio Service*) ou *Edge* conhecido atualmente por 3G. Além da comunicação de dados, esta última tecnologia apresenta as vantagens de recorrer a uma infraestrutura de comunicações largamente implementada e cobrir uma maior área geográfica, o que ganha importância para serviços de transporte em áreas rurais bastante dispersas.

Seguidamente apresentam-se breves apreciações sobre algumas das tecnologias (anteriormente mencionadas) para aplicação nas principais funções do sistema.

Reserva

O uso de serviços telefónicos sofisticados podem ajudar a melhorar o acesso ao serviço, sobretudo em termos de facilidade de interação para o utilizador. A tecnologia IVR apresenta como vantagens permitir um atendimento e interação automáticos e a desvantagem de exigir um projeto cuidadoso dos diálogos (Gomes 2007). O estado de desenvolvimento da tecnologia é maduro e bastante implementada em Portugal (Multisystems 2002).

Marcação do Serviço

O uso de sistemas automáticos de marcação de serviço permitem ao operador do serviço organizar a marcação diária do serviço. Esta tecnologia de informação encontra-se num estado de desenvolvimento bastante avançado e pode ser ajustado para ter em consideração vários fatores como necessidades individuais do utilizador, eficiências individuais dos motoristas e condições de trânsito várias vezes por dia (Multisystems 2002). A análise contínua das marcações de serviço diárias permite ao operador fazer ajustes em do sistema automático de marcações para tornar o sistema mais eficiente.

Gestão da Frota

Os sistemas de localização do veículo permitem a monitorização e avaliação contínua do serviço o que permite a contínua otimização do serviço (Martins 2006). Além disso estes sistemas melhoram significativamente a resposta a alterações no serviço. Os AVL permitem saber a localização exata do veículo através de dispositivos GPS instalados nos veículos. Esta

tecnologia apresenta um estado maduro de desenvolvimento e já existe um número considerável de empresas do setor dos transportes e outras a utilizar esta tecnologia.

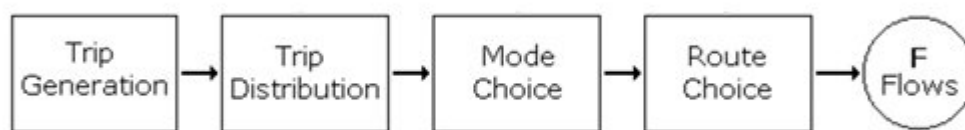
2.4.6 Modelação da procura para STFs: Modelo Quatro Passos

A história da modelação da procura por fluxo de pessoas é largamente dominada pelo Modelo Quatro Passos (MQP) (McNally 2007). Atualmente, a modelação das viagens, numa abordagem prática, é sobretudo desenvolvida por métodos focados nas viagens (*trip-based methods*) em vez de métodos focados em atividades (*activity-based methods*) (McNally e Rindt 2007). Contudo, estes métodos exigem recursos avançados de aquisição de dados, envolvendo normalmente entidades locais e necessita de um período de vários anos para aquisição de dados, modelação, e subseqüentes exercícios de estimação, reduzindo substancialmente a sua aplicabilidade (McNally 2007)(Donnelly 2010). Na última década, o planeamento dos transportes tem apresentado questões que ultrapassam o MQP, como o impacto nos preços da circulação nas estradas por tipo de veículo, nível de utilização das estradas, nível de congestionamento, entre outras. No contexto deste projeto, e sendo os recursos disponíveis mais básicos, é mais adequado aplicar o MQP básico. Existem várias adaptações do modelo, contudo raramente aplicadas na prática, seja por falta de *software* ou por inercia das agências, em seguida apresenta-se uma abordagem básica do modelo (McNally 2007).

Modelo de 4 Passos é uma *framework* que permite estimar redes de tráfego e funções da procura de transporte no tempo, assim como funções de performance de tráfego entre os nós da rede enumeração dos possíveis percursos. Os padrões de viagens são previstos com base nas relações entre locais de emprego, habitação e locais de acesso ao transporte avaliadas através de inquéritos.

O tipo e quantidade de viagens dependem de parâmetros de utilização do solo introduzidos no modelo. Zonas ou áreas geográficas são tomadas como unidades de análise que incorporamos dados de utilização do solo e podem variar em tamanho ao longo do modelo. Fronteiras geralmente incluem a área da rede regional e as divisões naturais ou feitas pelo homem, assim como canais e rodovias.

O conceito de rede no MQP consiste numa abstração do sistema de viagens e simplificada para um conjunto de nós e ligações. Expondo de um modo simples, o MQP os quatro passos do modelo são a Geração de Viagens (1), Distribuição de Viagens (2), Escolha do meio de transporte(3) e Definição de Rotas (4).



Adaptado da Fonte: (McNally 2007)

Figura 2.11 - Etapas do MQP

1) Geração de Viagens, *Trip Generation*

A geração de viagens recebe dados socioeconômicos e com base em informação de inquéritos estima o número de viagens destinadas a cada zona. A frequência das viagens é medida, avaliando a predisposição para serem feitas viagens. A necessidade de dados é tradicionalmente respondida através de inquéritos que ajudem a caracterizar as deslocações diárias. O resultado dos inquéritos suporta também certas calibrações e ajustamentos na execução dos passos seguintes. Os inquéritos devem fornecer dados socioeconômicos relativos a habitações e pessoas, dados sobre deslocações diárias.

2) Distribuição de Viagens, *Trip Distribution*

As viagens geradas são distribuídas de modo a corresponderem à atração de viagens e a refletirem o tempo e custo implicados.

Na geração de viagens, as referências são as zonas. Neste passo a geração de viagens assume que as pessoas têm a tendência de viajar para zonas próximas da sua. Dados relativos a todos os elementos do sistema de transportes, serviços e infraestruturas suportam a execução desta etapa e das seguintes. Este processo pode, por exemplo, ser desenvolvido pelo “*gravitymodel*” que deriva da relação de forças gravitacionais entre dois corpos, com base nos seus corpos se distancia entre estes. Assim o número de viagens entre zonas está diretamente relacionado com o nível de desenvolvimento do uso de terrenos de cada zona, por exemplo o número de empreendimentos de empreendimentos de oferta de bens e serviços de cada zona.

3) Escolha do meio de Transporte, *Mode Choice*

Este passo prevê quais os meios de transporte escolhidos para cada viagem. O perfil do viajante (rendimentos, género, idade, etc). o motivo da viagem (compras, educação, trabalho, lazer, etc) e características do meio de transporte (custo, tempo, etc) afetam a escolha do meio de transporte. As escolhas de meios de transporte são integradas nas matrizes origem-destino.

4) Definição de Rotas, *Route Choice*

As matrizes origem-destino são afetadas à rede, tendo em consideração as taxas de ocupação dos veículos e o balanceamento da geração e atração de viagens. A dimensão tempo é introduzida na matriz de modo a refletir a distribuição de viagens observada em determinados períodos do dia (distinção entre períodos manhã e tarde por exemplo).

O processo dos quatro passos requer quantidades significativas de dados ao longo da sua execução. O resultado é um conjunto de análises aprofundadas do fluxo diário de pessoas. O processo identifica o impacto no tráfego no sistema geral e em cada ligação avaliadas através da relação entre a capacidade e o volume das infraestruturas rodoviárias e mede vários dados: distância de viagem, tempo de viagem, número de viagens, tempo de atraso, tempos de viagem com congestionamento, fluxos médios e de pico diários (direcionais e não direcionais), etc.

2.5 A Utilização de Simulação no contexto dos STF

As ferramentas de simulação e análise constituem um poderoso instrumento de avaliação do desempenho de sistemas e têm sido usadas intensivamente na literatura dos transportes entre outras (Quadrifoglio, Dessouky e Ordóñez 2008).

O recurso a sistemas de software de simulação tornou-se essencial para gerir o planeamento do serviço. A simulação pode abranger o planeamento relativo às marcações de clientes, afetação de veículos e a definição de rotas, paragens e horários entre outros, permitindo a validação de modelos de serviço otimizados que dotam os STF de uma rápida capacidade de resposta à procura e de uma maior flexibilidade em termos de tempo e localização do cliente ao mesmo tempo que permite diminuir os custos associados à prestação do serviço aumentando a eficiência.

Nesta secção serão abordadas duas ferramentas de simulação. Na secção 2.5.1, será apresentada uma ferramenta integrada num Sistema de Apoio à Decisão, desenvolvida por (Gomes 2013). Na secção 2.5.2 será brevemente apresentada uma outra ferramenta alternativa, desenvolvida por *Transit Cooperative Research Program*. No âmbito deste trabalho, será utilizado a ferramenta de simulação desenvolvida por (Gomes 2013) por se adequar ao caso de estudo e por uma questão de disponibilidade.

2.5.1 Ferramenta de simulação

Nesta revisão de literatura o Sistema de Apoio à Decisão (SAD), que inclui o Sistema de Simulação utilizado, será focado segundo o seu projeto de desenvolvimento. No tópico

seguinte é explicado o Sistema de Simulação utilizado, desenvolvido no âmbito da tese de doutoramento (Gomes 2013).

A ferramenta de simulação e apoio à decisão utilizada é resultado do trabalho de desenvolvimento de um protótipo de sistema de apoio à decisão desenvolvido pelo coorientador deste projeto no âmbito do seu doutoramento. O Sistema de apoio à decisão é baseado no modelo *Dynamic Vehicle Routing*, DVR, e integra otimização e simulação para minimização de custos operacionais e maximização da qualidade de serviço (Gomes 2013).

O sistema de apoio à decisão que integra o modelo de simulação utilizado no contexto do presente trabalho apresenta algumas características específicas, nomeadamente, os veículos tem capacidade limitada, os pedidos devem ser satisfeitos dentro de uma determinada janela de tempo, qualquer paragem ao longo do percurso pode ser um ponto, predefinido, para recolha ou saída de passageiros com uma certa incerteza e variação associadas ao número de paragens ao longo do percurso e aos tempos de viagem.

O STF pode ter pedidos por reserva ou em tempo real o que condiciona a operação dinâmica ou estática do serviço do serviço. A operação dinâmica implica que as rotas e horários sejam constantemente atualizados.

O desenvolvimento desta ferramenta baseou-se na modelação de eventos aleatórios por modelos estocásticos para geração de pedidos no espaço (localização de origens e destinos) e tempo (hora de recolha e entrega pretendidas) e tempo esperado de cada deslocação entre dois pontos. O modelo implementado não tem em consideração os detalhes dos fluxos de tráfego nem os tempos de paragem devido a congestionamentos de tráfego ou condicionantes da via. O tempo de percurso entre dois pontos é escolhido aleatoriamente segundo uma distribuição log-normal em função do tempo de entrada do veículo na ligação entre os nós.

O sistema de simulação gera dois tipos de pedidos podem ser pedidos por reserva antecipada, ou pedidos em tempo real, podendo ser combinados ambos numa relação quantificada, designada por *Degree of Dynamism*, DOD (Gomes 2013). O tempo entre cada par de pedidos consecutivos é modelado por uma distribuição exponencial negativa. A localização de origens e destinos, isto é, locais de recolha de passageiros e locais de saída dos mesmos, são definidos segundo a matriz Origens-Destinos, OD, da área de serviço. O sistema não contempla a possibilidade de haver um tempo de espera de passageiros no local de recolha. Os eventos associados ao utilizador do serviço seguem distribuições de *Poisson*, aplicada à geração de pedidos de transporte, cancelamentos de pedidos e não comparências dos utilizadores na paragem. Eventos associados ao veículo como chegada à paragem ou avarias durante o serviço são também modelados por distribuições de *Poisson*.

No contexto dos STF, os veículos tem capacidade limitada, os pedidos devem ser satisfeitos dentro de uma determinada janela de tempo, qualquer paragem ao longo do percurso pode ser um ponto, predefinido, para recolha ou saída de passageiros com uma

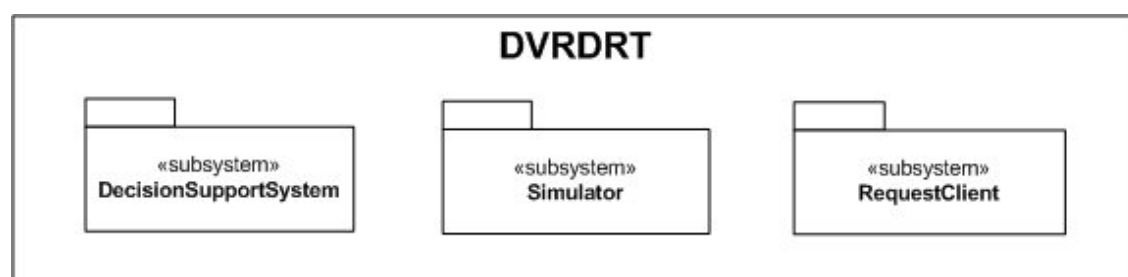
certa incerteza e variação associadas ao número de paragens ao longo do percurso e aos tempos de viagem.

O modelo do *Dial-a-Ride Problem*, DARP, adequa-se aos STF pois além de procurar minimizar os custos operacionais e a distância percorrida pela frota, maximiza a qualidade do serviço. Baseia-se em indicadores como o tempo médio de espera ou a bordo. O STF pode ter pedidos por reserva ou em tempo real o que condiciona a operação dinâmica ou estática do serviço. A operação dinâmica implica que as rotas e horários sejam constantemente atualizados. Além do problema de responder a múltiplos objetivos e embora normalmente o serviço nunca funciona totalmente em modo dinâmico, gerir o STF pode tornar-se numa tarefa fortemente dinâmica, sendo necessário soluções em tempo real. A complexidade destes problemas e o tempo necessário aos seus métodos de otimização tornam-nos pouco aplicáveis e a solução ótima é em geral impossível de determinar. O planeamento do serviço é crucial para os sistemas STF, os decisores devem compreender como as diferentes formas de operar o serviço afeta a sua performance.

O sistema não contempla a possibilidade de haver um tempo de espera de passageiros no local de recolha. Os eventos associados ao utilizador do serviço seguem distribuições de *Poisson*, aplicada à geração de pedidos de transporte, cancelamentos de pedidos e não comparências do utilizadores na paragem. Eventos associados ao veículo como chegada à paragem, pausas durante o serviço são também modelados por distribuições de *Poisson*, exceto os atrasos na chegada aos locais.

2.5.1.1 Requisitos Funcionais

A figura 2.12 mostra a estrutura de alto nível do sistema, cujos subsistemas



Fonte: (Gomes 2013)

Figura 2.12 - Estrutura de alto nível do sistema

2.5.1.2 Requisitos Não Funcionais

A característica mais importante que o sistema deve apresentar é um nível de performance capaz de gerar boas soluções em tempo real, capaz de acompanhar o grau de dinamismo. A natureza multitarefa da interface de planeamento de rotas deve ser garantida. Esta característica é muito importante para garantir um bom nível de usabilidade do sistema: quando o algoritmo toma mais tempo que o esperado a executar o planeamento das rotas, a interface não deve ficar em espera, devendo permitir ao operador executar outras tarefas enquanto o algoritmo corre.

O sistema deve ainda permitir o carregamento contínuo de dados e aceder a especificações para que os diferentes modelos de dados (área de serviço, veículo, e geração de viagens) e pedidos avançados de transporte sejam facilmente adicionados e rapidamente acedidos. A arquitetura deve permitir clientes, tal como aplicações “cliente” para efetuar pedidos de transporte, promovendo a interoperabilidade entre diferentes tecnologias, tais como as mencionadas anteriormente neste segundo capítulo. Em termos de usabilidade, a aplicação do SAD e os módulos clientes devem ser simples de interagir e apresentar uma curva suave de aprendizagem.

2.5.1.3 Estrutura Lógica

O “*DecisionSupportSystem*” disponibiliza duas interfaces, uma dedicada aos pedidos (*IRequest*) e outra dedicada eventos em tempo real (*IEvents*). A *IRequest* permite às aplicações cliente desenvolvidas inserirem novos pedidos de transporte e pedidos de cancelamentos. A *IEvents* permite, por exemplo, aos sistemas externos inserirem eventos para replaneamento de rotas. Os veículos podem ser equipados com dispositivos que enviam para o SAD para reportar eventos como “*vehicle breakdown*”, pausa no serviço, e “*no show*”, não comparência do passageiro na paragem.

Na figura 2.15 encontra-se esquematizada a estrutura lógica da integração das diferentes camadas do sistema *Decision Support System*.

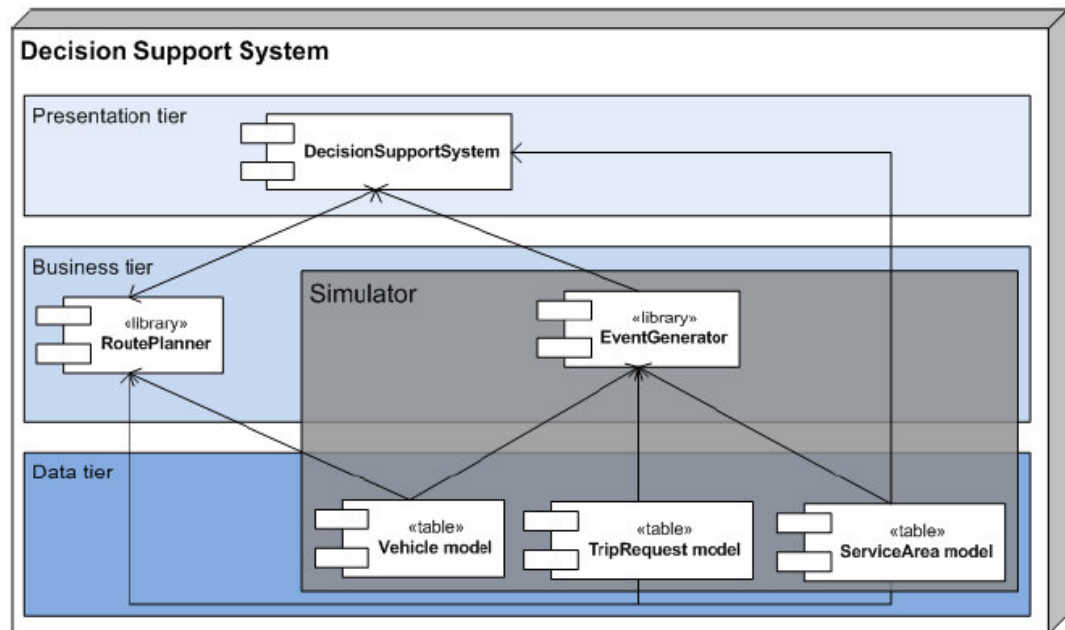


Figura 2.13 - Estrutura lógica da integração do sistema

Fonte: (Gomes 2013)

2.5.1.4 Funcionalidades e Parâmetros

O sistema de simulação permite definir a frota com capacidade homogênea e permite o recurso a veículos subcontratados, com diferente capacidade, custo de aquisição e custo de combustível. A frota própria e a frota subcontratada podem ser definidas pela determinação dos seguintes parâmetros:

- Capacidade, homogênea a todos os veículos
- Custo de aquisição de cada veículo
- Custo de combustível por quilómetro
- Velocidade Comercial

O preço da tarifa introduzido no simulador pelo utilizador é comum às duas frotas.

O utilizador do simulador determina a taxa de geração de pedidos, taxa de cancelamentos e taxa de não comparências de utilizadores do STF. A distribuição de *Poisson* está na base da determinação dos intervalos de tempo entre pedidos, e da geração de cancelamentos de pedidos e de não comparências.

O utilizador pode definir o tempo de operação do serviço e a janela de tempo dentro da qual podem gerados pedidos. O tempo esperado de viagem é estimado com base no tempo médio de viagem e respetivo desvio padrão de acordo com estudos de mobilidade da área de serviço estudada (Babo 2009). O *Degree of Dynamism* é regulado em valores percentuais pelo utilizador, sendo que quando este toma o valor nulo corresponde apenas haver a pedidos por reserva e o seu valor máximo, a apenas haver pedidos em tempo real.

Esta ferramenta permite definir o tempo de serviço, o número total de eventos associados ao cliente do serviço, nomeadamente pedidos de transporte, cancelamento dos mesmos e não comparências na paragem. A ocorrência de cada um destes eventos são determinadas pelo utilizador através da definição da taxa de ocorrência de cada um, tendo em conta o tempo total de serviço. A taxa de pedidos de transporte, ao contrário das restantes, apenas influência o resultado da simulação caso sejam definidos pedidos em tempo real.

O simulador define a rede através de um conjunto de nós, que representam as paragens e um conjunto de ligações que representam as ruas e caminhos que ligam as paragens. O fluxo entre os nós é estimado e introduzido pelo utilizador sob a forma de vetor origem e vetor destino, resultantes da matriz OD. O simulador também tem, como entrada, a área de serviço a estudar, sob a forma de um grafo constituído por nós que representam a localização real dos possíveis pontos de paragem e por ligações entre esses nós que representam os caminhos que ligam esses pontos.

2.5.2 O sistema “NU DRT”

Várias análises detalhadas de experiências de STF estão na base dos software e modelos de simulação (Schofer et al. 2003). O “NU DRT” é um exemplo de uma ferramenta de software de simulação e planeamento do serviço de transporte flexível que se apresenta nesta secção como um contraexemplo da ferramenta da secção anterior.

Este software (instalável num computador comum) suporta as principais funções necessárias para a operacionalização do serviço, permitindo, entre outras funções, dimensionar a frota em função da procura do serviço. Esta ferramenta é usada nas etapas iniciais de planeamento do serviço DRT com o intuito de se obter uma base bastante aproximada do que serão os requisitos do veículo que vão por sua vez suportar o estudo da viabilidade e o desenho específico do serviço. A partir de parâmetros básicos caracterizadores da área e mercado abrangidos pelo serviço DRT, o “NU DRT” executa uma simulação estocástica das viagens (Schofer et al. 2003). Este software estima o número de veículos necessários para servir um mercado em específico, sendo assim possível, com o apoio desta ferramenta, tomar decisões quanto ao custo e viabilidade da implementação de um novo serviço DRT, da expansão de um serviço pré-existente ou da substituição de um serviço de rotas fixas com um serviço DRT.

O sistema permite obter uma estimativa muito boa dos tempos de serviço tendo em conta fatores relacionados com contexto geográfico, o tipo de utilizador, níveis de procura estimada, tipo de marcação de reserva, entre outros (Schofer et al. 2003).

A execução do programa informático começa por simular os padrões espaciais e temporais das viagens diárias para uma amostra representativa de dias de serviço. Seguidamente, a frota de veículos é afetada às viagens definidas e cresce gradualmente até a procura estar

totalmente satisfeita. O resultado da simulação é um relatório com o desempenho estatístico do sistema (Schofer et al. 2003).

Os requisitos necessários para a utilização do NU DRT são:

- definição da área a ser servida (com parâmetros de caracterização do mercado)
- definição dos tipos de utilizadores do serviço (idosos e/ou indivíduos com incapacidades motoras ou público em geral);
- capacidade do veículo de TF;
- nº de horas diárias de serviço;
- requisitos de qualidade de serviço;
- saídas diárias a serem transportados.

Embora este software de análise necessite de dados geográficos (através de software GIS por exemplo) e de uma estimativa de procura do serviço (fornecida por um modelo por exemplo) entre outros dados, constitui uma ferramenta poderosa e bastante completa para a simulação, gestão, análise, avaliação financeira e de desempenho e otimização do serviço de transporte flexível permitindo o controlo dos custos e a melhoria significativa do serviço ao nível da qualidade. Relativamente à avaliação do serviço, feita através de um conjunto de indicadores, esta poderia ainda ser complementada por indicadores baseados no feedback aos utilizadores e população da área de serviço.

2.6 Casos de Implementação

2.6.1 “Texxi” (Táxi coletivo)

O “Texxi” é um STF de uma empresa privada de Liverpool, R. Unido, e que consiste na partilha de um táxi por vários utilizadores. O serviço é requisitado através de SMS com a indicação do código postal do destino para onde o cliente se pretende deslocar, recebendo de seguida uma resposta com a confirmação e marcação do serviço.

O conceito do sistema surgiu de um problema de Investigação Operacional aplicado aos mercados financeiros. O algoritmo de otimização usado agrupa, numa ordem de serviço, os pedidos que apresentem destinos aproximadamente na mesma direção. O motorista recebe instruções com o número de passageiros a recolher e os destinos pretendidos e segue um percurso flexível com paragens próximas destes.

Este sistema apresenta os benefícios de proporcionar aos utilizadores tarifas mais económicas relativamente às praticadas num táxi normal e apresentar maiores lucros por distância percorrida para o prestador do serviço. Além dessas vantagens ainda contribui para redução do tráfego urbano e consequente diminuição da emissão de CO₂.

Na minha opinião, neste caso, a fácil integração deste STF deveu-se a um facto característico do país. A capacidade para 5 passageiros do tradicional táxi inglês permitiu o uso deste mesmo veículo no STF, o que torna pouco dispendiosa a implementação do serviço e permite alcançar níveis de eficiência mais elevados relativamente aos táxis usuais em outros países. A utilização dos táxis tradicionais conseguiu manter a familiaridade do público com o veículo e reduzir os custos relativamente à aquisição de viaturas especializadas. O telemóvel como dispositivo para efetuar pedidos consegue difundir e facilitar o acesso ao serviço e ainda transmitir uma imagem moderna do serviço. De um ponto de vista de planeamento do serviço um ponto fulcral para o sucesso foi provavelmente a eficiência do algoritmo usado para definir as rotas.

2.6.2 “Bush Taxi”

O “Bush Taxi” é um táxi ou qualquer outro veículo que inicia o percurso em horas não exatamente definidas com vários destinos dependendo da procura e cujo preço pode variar conforme as condições da viagem e do cliente. O principal objetivo é agrupar conjuntos de passageiros de modo alcançar taxas de rentabilidade tão altas quanto possível mesmo que por vezes a capacidade do veículo seja ultrapassada, enquanto se proporciona um serviço aceitável aos clientes (Polytechnio 2008). Este serviço reflete em grande parte a aplicação dos STF nos países menos desenvolvidos. Não há recurso a tecnologias, não há condições para pessoas com mobilidade reduzida e as “regras” do serviço variam conforme o local e o contexto. Contudo, este sistema consegue ser bastante eficiente, tendo em conta o custo por número de clientes e a dimensão das áreas abrangidas.

Numa breve análise penso que é possível concluir que se trata de um serviço focado na redução de custos em detrimento da qualidade do serviço, conseguindo assim alcançar uma eficiência satisfatória. Contudo este serviço, implementado em qualquer país desenvolvido, provavelmente não conseguiria atingir os níveis padrão de qualidade suficientes para satisfazer os utilizadores, devido à falta de garantias de níveis de conforto satisfatórios e à irregularidade de horários demasiado acentuada.

2.6.3 “RingBuss”

O “Ringbuss” é um STF implementado no município de Höör na Suécia, com 13 mil habitantes. O serviço baseou-se na integração do transporte especializados existentes com o transporte flexível aberto ao público em geral.

O transporte geral de passageiros é feito sobretudo de e para a estação ferroviária, tratando-se de um STF complementar do transporte convencional existente. Todas as partidas e chegadas do serviço estão sincronizadas com o horário da estação ferroviária, tendo horário fixo. O veículo apresenta uma rota flexível no percurso de partida da estação em que os

passageiros provenientes da estação é deixado no local que indicarem, sendo distribuídos pelos vários aglomerados da zona. Para viajarem neste sentido é necessário que os passageiros façam a marcação prévia do serviço por telefone para central. O percurso para a estação é fixo e o veículo efetua 4 paragens fixas no município, não sendo necessário fazer qualquer pedido de transporte.

A área abrangida pelo serviço encontra-se subdividida por 8 zonas, denominadas “Ringbuss Areas”. Os utilizadores do serviço são agrupados em cada veículo dependendo da área em que residem. A definição dos percursos não recorre a nenhuma tecnologia, sendo o motorista responsável por essa função.

O serviço é financiado em 60% pela autoridade pública de transportes, 20% pelo poder local e 20% pelas receitas da venda de bilhetes. Cada viagem, que custava 7,40€, reduziu para 5,90€ (ENOCH et al 2004) ganhando claramente vantagem competitiva de preço ao táxi que custaria para uma viagem equivalente cerca de 30€. Esta redução dos custos, e também o aumento das receitas, apenas foi possível devido à integração do serviço ao público geral e coordenação com serviços de transporte paralelos que no seu conjunto funcionam como um serviço intermodal que promoveram a adesão e satisfação dos utilizadores.

2.6.4 “Flexibus”

O “Flexibus” é designado pelos responsáveis do projeto como um sistema de mobilidade inclusiva (CMA 2012). Trata-se de um STF a operar na zona histórica de Almada por iniciativa da autarquia com a colaboração de entidades públicas e privadas, que se destina prioritariamente à população sénior e júnior desta cidade, e venceu o prémio da semana europeia da mobilidade em 2010. O serviço tem um percurso base predefinido, sem horário estabelecido, mas estão previstos desvios para responder a pedidos de instituições de cariz social, sendo um percurso semiflexível com horário flexível. Não existem pontos de paragem mas existem pontos de encontro para a entrada de passageiros.

A frota é constituída por dois miniautocarros elétricos que apresentam uma grande eficiência em termos de custo de transporte. As tarifas de transporte são bastante acessíveis, com o preço por viagem até 0,50€ para o público sénior e júnior.

Este serviço vem promover a inclusão social da população sénior e júnior através de um serviço mais acessível.

2.6.5 Táxi Coletivo de Beja

Este projeto pioneiro de partilha de táxis coletivos em Portugal surgiu da iniciativa da Câmara Municipal de Beja, no âmbito do Plano Estratégico de Transportes e Mobilidade de Beja, PETRA (Margalha 2009). A criação deste serviço deveu-se à necessidade de melhorar a

acessibilidade entre a cidade de Beja e as freguesias vizinhas e vem colmatar a falta de transportes nos longos períodos de tempo entre as carreiras dos transportes públicos. O funcionamento deste STF é muito aproximado ao transporte ao táxi coletivo africano, apresentando um funcionamento bastante simples. Cada veículo inicia a viagem com a lotação preenchida e todas as viagens têm pontos de encontro, percursos e horários fixos. Contudo, este serviço pode iniciar o transporte com lugares vagos caso tenha que efetuar desvios no percurso para atender pedidos de pessoas com mobilidade reduzida. Estes pedidos necessitam de ser efetuados com 30 minutos de antecedência relativamente à hora estipulada para o início da viagem, enquanto os restantes utilizadores requerem o serviço através da compra de bilhetes nas plataformas de serviços públicos existentes ou diretamente no táxi.

Assim, este projeto surgiu com o objetivo de conciliar a qualidade serviço prestado com custos sustentáveis para os operadores.

Os preços das tarifas são reduzidos, dado que os motoristas de táxi cobram menos 20% por quilómetro relativamente à tarifa normal de um táxi embora os utilizadores paguem mais 10% relativamente ao transporte público convencional. O preço da tarifa não cobra o custo do serviço, sendo que 60% dos custos estão a cargo da autarquia e os restantes 40% a cargo da Rodoviária do Alentejo (Margalha 2009).

Capítulo 3

Metodologia

3.1 Introdução

Neste capítulo é proposta uma análise da metodologia no contexto da avaliação das necessidades de serviços de transporte flexível. A viabilidade da execução da framework Modelo de Quatro Passos foi uma importante referência no trabalho prático do projeto, nomeadamente no estudo dos fluxos de pessoas (Secção 3.3). Esta metodologia é, na sua maioria, uma descrição dos conceitos teóricos aplicados no estudo do planeamento de serviços que visa ao desenho de esboços de serviços e obtenção de dados para a simulação.

Antes de abordar o tema, importa definir o problema e salientar a sua importância. A revisão de literatura foi usada como base para tal e focou-se na definição do conceito e papel dos STF na sociedade e na descrição dos respetivos objetivos, arquitetura, conceitos e exemplos de implementação. A pesquisa procurou ferramentas que permitam a avaliação aprofundada das necessidades de transporte e perceber a arquitetura de ferramentas de simulação semelhantes à ferramenta a utilizar.

O planeamento de implementação de um serviço de transporte envolve a integração do serviço com a rede pública de transportes, a caracterização geodemográfica da área em estudo e a identificação de vários fatores influenciadores das necessidades diárias de transporte. Este estudo permite desenhar esboços de serviços adaptados às necessidades de transporte da área geográfica em estudo.

A simulação das configurações de STF é importante para avaliar desempenho de cada configuração, pois experimenta o sistema físico através de modelos matemáticos com base nos parâmetros para estimar a geração de pedidos nas várias zonas da área abrangida pelo serviço. A ferramenta de simulação a utilizar permitirá a manipulação de diversos parâmetros e introdução de dados que no seu conjunto definem a configuração de serviço a simular e caracterizam a rede de vias da área geográfica em que se insere o serviço de transporte. A

utilidade das funcionalidades do software de simulação foi avaliada na simulação de várias configurações de STF. A importância e robustez dos resultados na tomada de decisões de planeamento do serviço permitiu avaliar o papel do simulador na definição e avaliação dos STF.

3.2 Avaliar necessidades de transporte

Como foi apresentado no capítulo anterior, os serviços de transporte flexíveis focam-se sobretudo em aglomerados populacionais de baixa densidade e tem um papel fundamental na sua inclusão social. A avaliação do acesso a meios de transporte é sem dúvida o primeiro passo a tomar. Para esse efeito, cruzou-se informação sobre a rede de transportes com dados socio demográficos, como a densidade populacional por freguesia, permitindo avaliar as necessidades de transporte dos vários segmentos da população e serviu de base, juntamente com dados recolhidos de trabalhos anteriores, à definição de zonas organizacionais dos serviços e auxílio na estimativa de procura de transporte. A necessidade de transportes é avaliada através de um índice de mobilidade que avalia a acessibilidade das pessoas aos meios de transporte.

Os resultados da avaliação das necessidades, por sua vez, suportam a definição das zonas de serviço e o estudo dos fluxos de pessoas (baseado no MQP) que por sua vez suportam o desenho de esboços de STF e a dados necessários à simulação.

3.3 Estudar de fluxos de pessoas

Seguidamente descreve-se a utilização do MQP desenvolvida na prática no estudo dos fluxos diário de pessoas. O primeiro passo da framework consistiu em estimar o número de viagens terminadas em cada zona. A aquisição de dados que suporta este e os passos seguintes foi efetuada com recurso a um inquérito aos pólos geradores de tráfego localizados na área em estudo. O objetivo do inquérito é essencialmente caracterizar os utilizadores no segmento e localização e afluência dos locais no tempo.

Os dados relativos à população, e dados da rede de transportes regulares, sobretudo proveniente de trabalhos anteriores, foram decifrados e tratados, visto estarem em formato de base de dados destinada ao *software ArcGIS* utilizado no trabalho anterior (Cruz 2009). Os pares de coordenadas da rede de transportes, incluindo a rede de metro, foram convertidas e atribuídas a freguesia onde se localizam recorrendo à API da *Google*.

O objetivo deste levantamento é caracterizar e segmentar os frequentadores e avaliar as suas necessidades diárias de transporte no tempo. Os locais inquiridos estão associados às principais necessidades básicas que motivam a necessidade de meios de transporte, nomeadamente a educação, a saúde e o emprego, infraestruturas que asseguram o nível do

bem-estar social e qualidade de vida a todos os grupos da população, classificando-se os serviços aí prestados de interesse público, mas estes locais são sobretudo importantes, por apresentarem grande afluência diária de frequentadores, constituindo pontos determinantes na caracterização dos fluxos de pessoas. Estes locais e respetivos contactos foram obtidos por pesquisa na internet e estão listados na Tabela 3.1.

Foi arbitrada uma percentagem, entre 5% a 20%, a cada local (Tabela 3.1), relativamente ao número de frequentadores dos locais que necessitarão de transporte. Estes valores foram arbitrados com base na distância dos locais ao seu frequentador, tendo também em conta a faixa etária em que este se insere. Os serviços de apoio ao domicílio foram também apurados e nas respetivas freguesias onde atuam com serviço de transporte foram considerados como um fator de decréscimo da necessidade de transporte relativamente aos respetivos utentes, os idosos, visto que este tipo de serviço reduz a necessidade dos seus utilizadores se deslocarem da sua residência. Foi considerado que locais com transporte próprio dedicado aos seus frequentadores não geram necessidade de transporte.

No inquérito telefónico colocaram-se questões que identificassem os potenciais utilizadores, o tipo de utilizadores e as suas necessidades de deslocação, assim perguntas que ajudem a determinar os períodos de maior afluência e serviços de transporte já disponibilizados, sendo colocado um conjunto de perguntas que diferem ligeiramente conforme o tipo de local a inquirir. Nem todas as perguntas foram colocadas a todos os tipos de pólos, havendo uma distribuição de perguntas para cada tipo de polo tal como representa a Tabela 3.1.

- a) Qual o número diário aproximado de frequentadores?
- b) Qual o número aproximado de frequentadores residentes fora da freguesia?
- c) Qual o número de frequentadores com dificuldades motoras?
- d1) Quais as horas de entrada (manhã e tarde)?
- d2) Quais as horas de saída (manhã e tarde)?
- e) Existe transporte dedicado aos frequentadores?
- f) Existem transportes públicos perto do local?
- g1) Qual é o intervalo de maior afluência de pessoas de manhã?
- g2) Qual é o maior intervalo de afluência de pessoas de tarde?

Tabela 3.1 - Questões do Inquérito

	a)	b)	c)	d1)	d2)	e)	f)	g1)	g2)
Jardim de Infância, 5%	X	X	X	X	X	X			
Escola Primária, 5%	X	X	X	X	X	X			
Escola Básica, 10%	X	X	X	X	X	X			
Escola Secundária, 20%	X	X	X	X	X	X			
Centro de 3ª idade, 15%	X	X	X	X	X	X			
Centro Social, 15%	X	X	X	X	X	X			
A.T.L., 5%	X	X	X	X	X	X			
S.A.D.	X	X	X	X	X	X			
Centro de Saúde, 20%	X	X	X			X		X	X
Hospital, 20%	X	X	X			X		X	X
Pólo do Ensino Superior, 5%	X	X	X			X		X	X
Junta de Freguesia, 5%	X	X	X			X		X	X
Empresa, 5%	X	X	X	X	X		X		

No segundo passo, pretende-se estimar a fração de viagens de origem de cada zona que se destina aos locais de destino dos serviços, com referência nos segmentos da população que frequentam os mesmos. A percentagem de fluxo diário com necessidade de transporte é estimada com base no índice de mobilidade de cada freguesia de origem e no polo de destino. Assim estimou-se o fluxo de pessoas a transportar em cada ligação da rede entre as zonas, através de matrizes OD.

A distribuição dos fluxos pelas origens é orientada segundo o segmento da população abrangido pelos serviços, a localização dos pólos e as zonas a serem servidas. Os destinos da matriz são definidos segundo o objetivo do STF, as origens são as zonas abrangidas pelo serviço e os fluxos entre estes dependem do volume de frequentadores atraídos para os destinos e os segmentos da população residente em cada freguesia. O cálculo dos valores da matriz é feito através do cruzamento dos valores absolutos da número de frequentadores diários por destino e os valores percentuais relativos a cada origem. Posteriormente na definição das zonas de transporte flexível as origens são agrupadas por zonas, as zonas organizacionais do serviço.

O terceiro e quarto passos do MQP consistem em diferenciar as viagens relativamente aos meios de transporte utilizados e determinar as rotas entre origens e destinos, respetivamente. Contudo não foram concretizados neste projeto tanto por falta de meios como por não apresentar relevância para os objetivos do trabalho.

3.4 Simulação

Uma vez recolhidos os dados que permitem obter uma estimativa (ainda que grosseira) da potencial procura de um STF, poderá ser usada a ferramenta de simulação para a avaliação de diferentes cenários alternativos. Além dos dados sobre a procura potencial, será necessário estimar ainda um conjunto de parâmetros adicionais.

Nos parâmetros descritos no segundo capítulo, relativamente a variáveis de simulação associadas ao caso de estudo, encontram-se os parâmetros velocidade comercial da frota própria, velocidade comercial de veículos subcontratados, tempo médio de viagem e respetivo desvio padrão que são obtidos de estudos de mobilidade.

No processo de definição das configurações de cada serviço pretende-se variar todos os parâmetros de simulação correspondentes a uma alteração de como o serviço é prestado. Tais alterações terão impacto nos resultados de simulação relativos à performance do serviço através dos seus indicadores retirados diretamente ou calculados a partir destes.

Os resultados da simulação são tratados resultando num conjunto de índices:

- Pedidos Insatisfeitos, PI (%) - relação entre pedidos que o serviço não atendeu e o número total de pedidos, incluindo os pedidos cancelados e as não comparências.

- Atraso Médio, A (minuto): média dos atrasos na recolha de passageiros e na chegada aos destinos.

- Volume de Vendas, V(€) - volume total de vendas de tarifas ao preço estimado

- Custos de Deslocação, CD (€) - custos em combustível

- Índice de Custo Fixo da Frota Própria, CF, :

$CF = N^{\circ} \text{veículos} * i_{CF}$

$i_{CF} = \{$

10 : veículo de 48 a 73 lugares,

8 : veículo de 16 a 47 lugares

$\}$

(Custos com subcontratação e motoristas desprezados)

Por forma a permitir avaliar, num único índice, os resultados obtidos simulações de cenários alternativos, definiu-se um Índice Geral (IG) que utiliza pesos nas diferentes componentes por forma a refletir a importância relativa de cada um. Na tabela 3.1 é apresentado um exemplo dos pesos atribuídos, que foi utilizado no caso de estudo apresentado no capítulo 4. De notar que estes pesos foram obtidos empiricamente, podendo ser alterados, o que levará, naturalmente, a valores diferentes do Índice Geral.

Índice Geral, IG:

$$IG = p_{PI} \left(1 - \frac{PI}{\langle PI \rangle} \right) + p_{CD} \left(1 - \frac{CD}{\langle CD \rangle} \right) + p_A \left(1 - \frac{A}{\langle A \rangle} \right) + p_{CF} \left(1 - \frac{CF}{\langle CF \rangle} \right) + p_V \left(\frac{V}{\langle V \rangle} \right)$$

(3.1)

Tabela 3.2 - Pesos do I_G

Peso	Valor	
P_{CF}	0.8	Peso do índice de Custo Fixo da Frota Própria
P_{CD}	1,0	Peso do índice Custos de Deslocação
P_A	1,0	Peso do índice Atraso Médio
P_{PI}	1,0	Peso do índice Pedidos Insatisfeitos
P_V	1,0	Peso do índice Volume de Vendas

Na interpretação dos resultados, pretende-se, para além de analisar a performance dos índices relacionados com a qualidade e com os custos, tentar detetar tendências na alteração dos resultados relacionando-as com a evolução de determinados parâmetros de simulação. A interpretação da informação resulta em conclusões sobre a performance do serviço em vários aspetos. Estas conclusões são analisadas de modo a avaliar o contributo da simulação na definição dos transportes flexíveis.

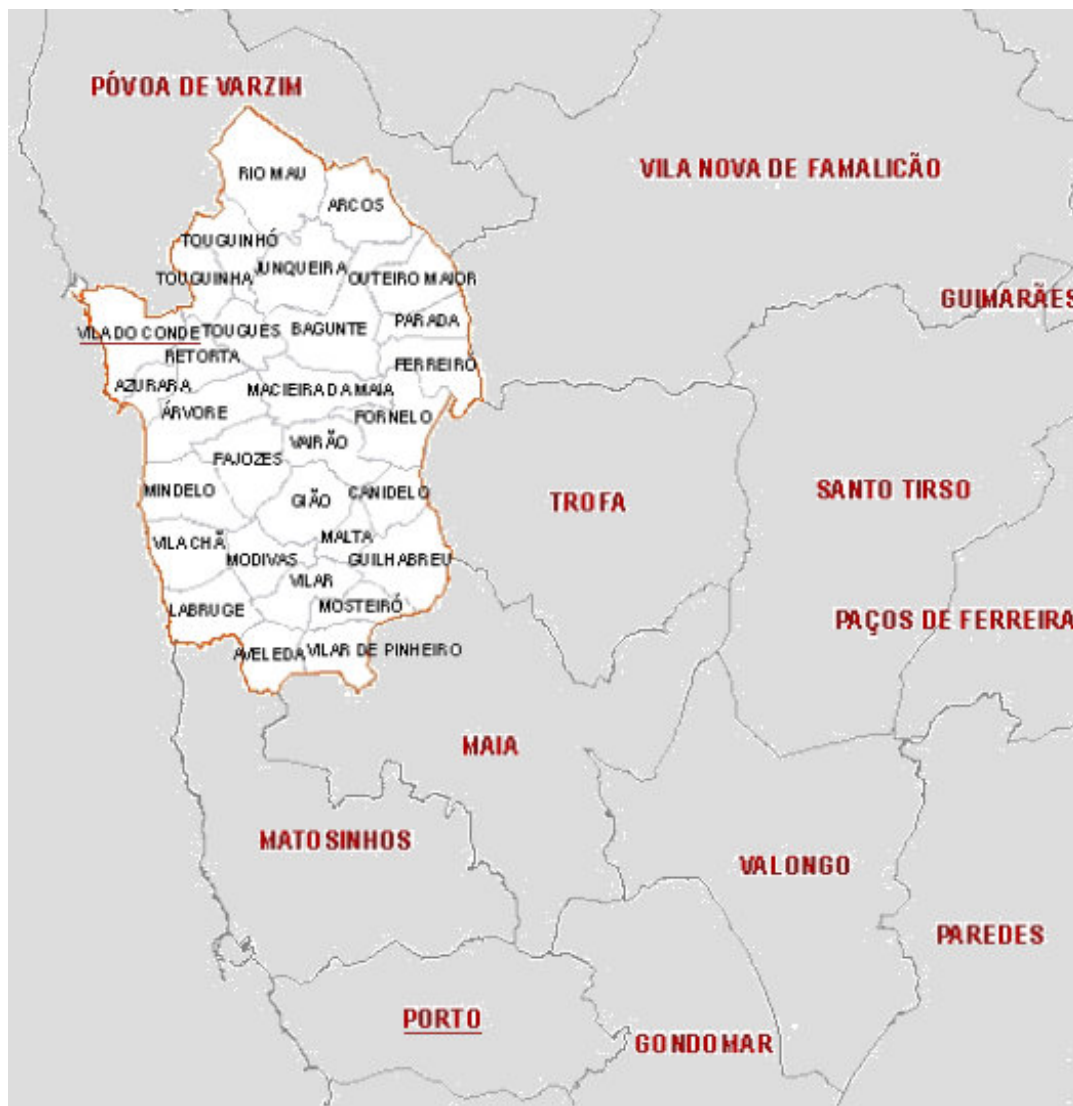
Capítulo 4

Caso de Estudo: Simulação de Cenários de Serviços de Transporte Flexível no concelho de Vila do Conde

4.1 Avaliação das necessidades de transporte na área em estudo

O caso de estudo selecionado no âmbito deste projeto foi o concelho de Vila do Conde, para o qual já tinha sido elaborado um estudo preliminar desenvolvido por Cruz (2009). A etapa inicial focou-se na análise de zonas com procura mais dispersa e nas deslocações internas entre pares origem-destino dentro da área do concelho.

O município de Vila do Conde está integrado na área metropolitana do Porto e dista a 30km do centro do Porto. O território do concelho apresenta uma área de 149 Km² e está dividido em 30 freguesias (Figura 4.1). O centro de Vila do Conde, com o mesmo nome, apresenta uma série de empreendimentos/serviços característicos de centros urbanos, sendo o único no concelho e, consequentemente, o principal centro origem/destino de viagens.



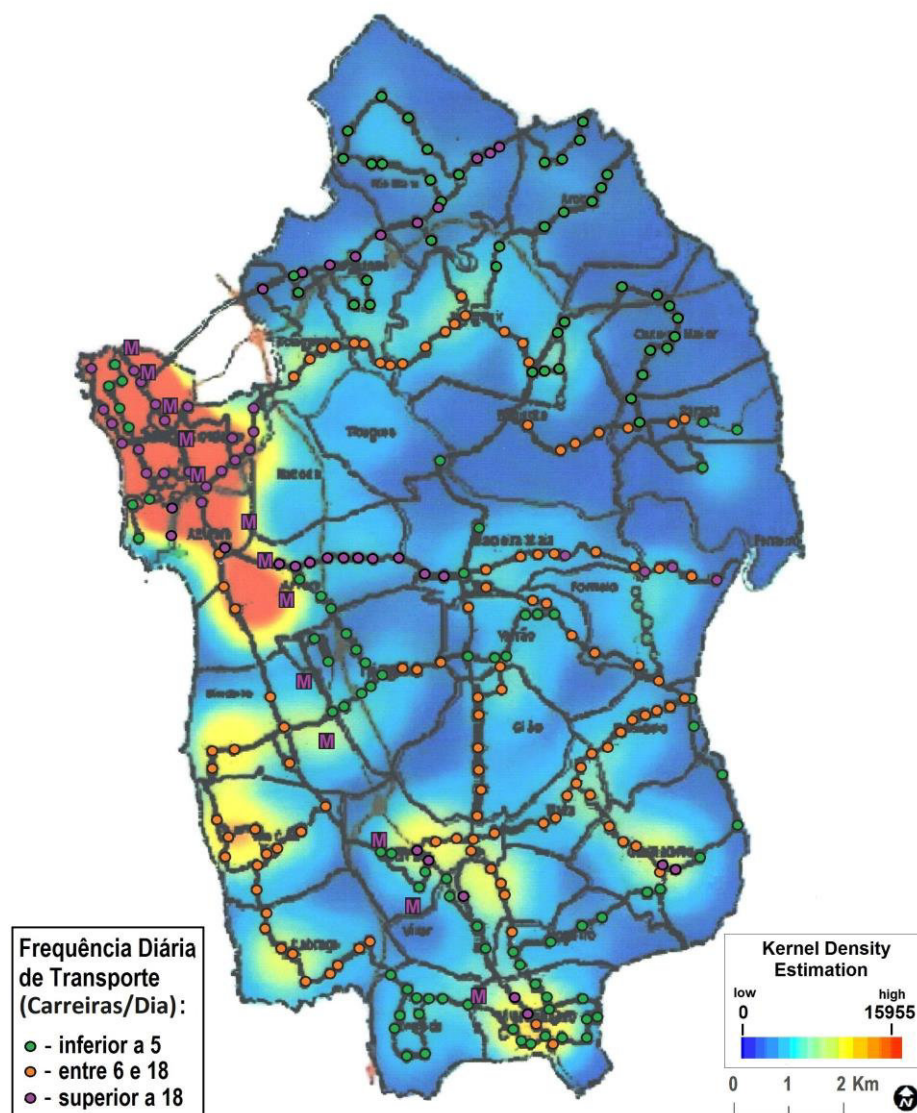
Fonte: (Cruz 2009)

Figura 4.1 - Mapa de Vila do Conde no distrito do Porto

Numa fase inicial importa identificar as fraquezas do sistema de transportes públicos existente, em particular, nas freguesias mais afastadas do centro do concelho. O ponto de partida para a avaliação do sistema consiste numa análise de trabalhos anteriores (Cruz 2009) cujos resultados foram cruzados com análises do projeto para determinar as áreas mais carentes de acesso ao sistema de transporte. A densidade média da população é de 499 habitantes por Km², podendo atingir os 828 habitantes por Km² no centro do concelho. Contudo as zonas mais isoladas do concelho, em específico as que se encontram localizadas a nordeste do concelho tendem a apresentar uma densidade de 283 habitantes por Km². Estes dados foram cruzados com o tratamento de informação dos serviços de transporte públicos e privados. A Densidade *Kernel* baseia-se em dados da população organizados por pontos que,

Caso de Estudo: Simulação de Cenários de Serviços de Transporte Flexível no concelho
de Vila do Conde³⁷

por interpolação, permitem estimar a probabilidade de residir um determinado número de pessoas ao longo de área (Lucambio 2008). As cores quentes e as cores frias, neste caso distinguem densidades de população probabilisticamente mais próximas de 828 habitantes/Km² (vermelho) ou de 283 habitantes/Km² (azul escuro), respetivamente. Esta representação juntamente com informações de todos os serviços de transporte disponíveis, em termos de frequência de transportes por paragem (Figura 5.2), permitem avaliar as freguesias com menor acesso ao sistema de transportes.



Adaptado da Fonte: (Cruz 2009)

Figura 4.2 - Mapa de Densidade Kernel com Frequências de transportes em cada Paragem

Com base neste índice, definiu-se um índice de mobilidade, numa de escada entre 1 e 6. O índice baseia-se na densidade populacional e na frequência de transportes e dispersão das

paragens, cuja relação determina o nível de acesso a meios de transporte. Assim, o valor 6 corresponde a freguesias com várias paragens com alta frequência diária de carreiras (superior a 18, na sua maioria) distribuídas pelo sua área geográfica, e o valor 1 corresponde freguesias, tipicamente com densidade populacional inferior (mas significativa) com paragens pouco distribuídas pela área geográfica e com frequências de carreiras inferiores a 5 carreiras por dia, na sua maioria.

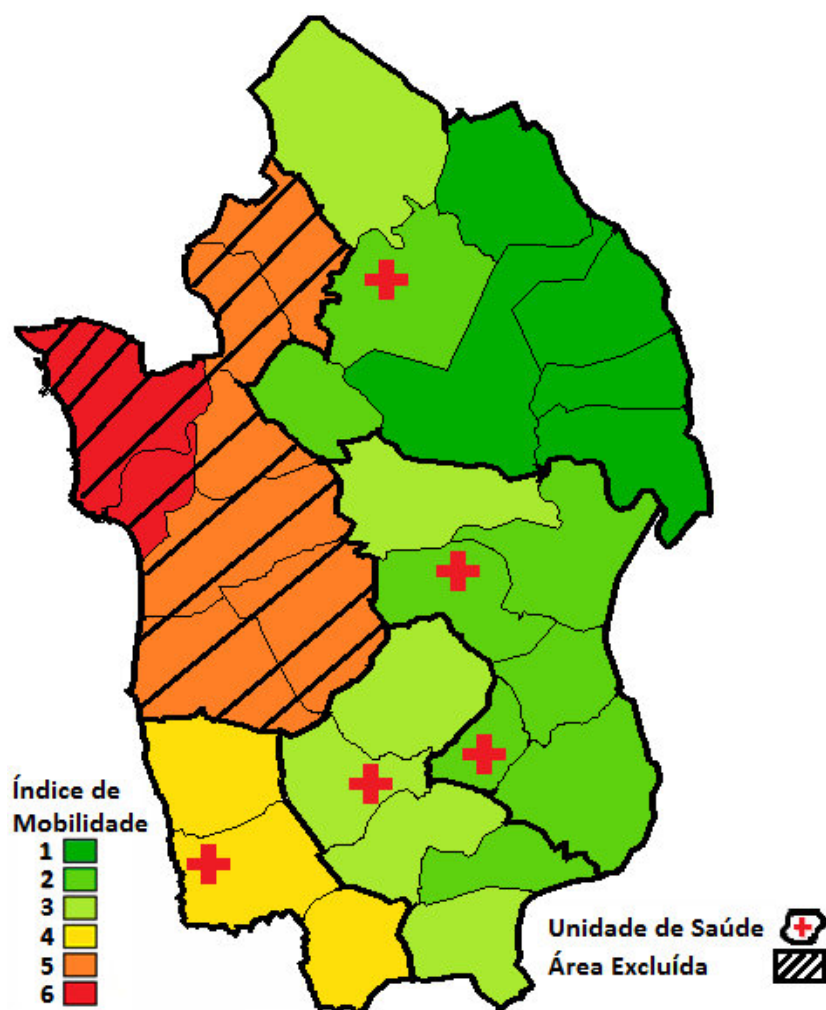


Figura 4.3 - Índice de Mobilidade

Numa fase seguinte, este índice foi agrupado por freguesia, através de um índice de mobilidade por freguesia. Este índice foi obtido considerando a zona de cada Unidade de Saúde (Figura 4.3), e dados de trabalhos anteriores (Cruz 2009) tendo permitido determinar zonas organizacionais de um serviço de transporte flexível genérico, representadas na Figura 4.4, com o intuito de apoiar numa etapa seguinte a definição de zonas dos STF a esboçar.



Figura 4.4 - Zonas organizacionais de STF

As freguesias que apresentam índice de mobilidade com níveis 5 e 6 foram excluídas, devido à grande facilidade de acesso a meios de transporte com frequências de transporte significativas que se verificam nessas freguesias, nomeadamente Árvore, Fajozes, Mindelo, Retorta, Touguinha, Touguinhó e Vila do Conde.

4.2 Estudo do fluxo de pessoas aplicado aos STF

4.4.1 Atração de viagens

O inquérito (Anexo I) efetuado resultou na tentativa de contacto de 212 locais, dos quais 95% foram efetivamente inquiridos e cerca de 80% das perguntas respondidas. Os resultados do inquérito permitiram apurar o número de frequentadores atraídos para cada freguesia que necessitam de transporte. Observou-se que as Escolas Básicas e Secundárias e as Unidades de Saúde são distintamente os pólos mais frequentados (Figura 4.5). Assim, os STF a esboçar são um serviço dedicado às escolas referidas e outro serviço dedicados às Unidades de Saúde e outros motivos, sobretudo motivos com necessidade de deslocação para o centro.

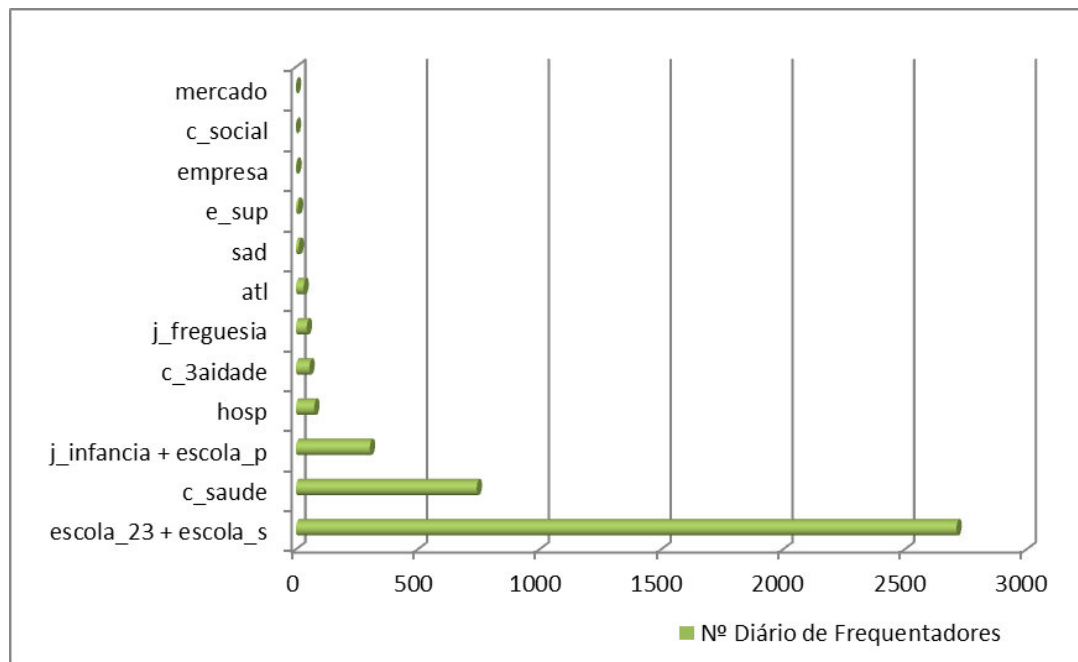


Figura 4.5 - Número Diário de Frequentadores por Polo

4.4.2 Geração de Viagens e Estimativa de Fluxos

As conclusões do estudo das necessidades juntamente com os dados dos locais de destino dos serviços e respetivas áreas organizacionais serviram de base para definir os serviços “STF Ensino” e “STF Saúde e Outros” e determinar as suas zonas organizacionais (Figura 4.6 e 4.7) e estimou-se o número diário de frequentadores com origem em cada freguesia. Assim, obtiveram-se matrizes O-D organizadas pelas zonas dos STF (Tabelas 4.1 e 4.2).



Figura 4.6 - Zonas STF Escola

Caso de Estudo: Simulação de Cenários de Serviços de Transporte Flexível no concelho de Vila do Conde⁴¹

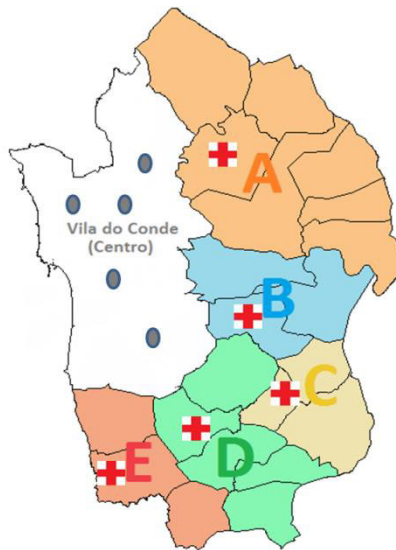


Figura 4.7 - Zonas STF Saúde e Outros

As matrizes O-D (Tabelas 4.1 e 4.2) resumem o fluxo de pessoas orientados para os destinos de cada serviço e com origem nas suas zonas organizacionais. A segunda matriz está apresentada na sua primeira forma, tendo sido alterada posteriormente com a eliminação dos destinos A, B, C, D e E, visto que estes não apresentavam fluxos significativos, sendo desprezáveis tanto para o estudo como o seu próprio objetivo simulação, visto que o simulador não consegue ter em consideração valores desta ordem de grandeza (<1%).

Tabela 4.1 - Matriz O-D STF Ensino

O / D	E1	E2	E3	E4
A	16	-	-	100
B	-	21	18	91
C	-	41	36	177

Tabela 4.2 - Matriz O-D STF Saúde

O/D	A	B	C	D	E	US(A)	US(B)	US(C)	US(D)	US(E)	VdC
A	0,7%	0,2%	0,1%	0,2%	0,3%	8,8%	-	-	-	-	11,8%
B	0,5%	0,2%	0,1%	0,2%	0,2%	-	3,0%	-	-	-	9,0%
C	0,6%	0,2%	0,1%	0,2%	0,3%	-	-	0,2%	-	-	10,4%
D	1,6%	0,5%	0,3%	0,5%	0,8%	-	-	-	0,9%	-	28,5%
E	0,9%	0,3%	0,2%	0,3%	0,4%	-	-	-	-	2,3%	15,3%

4.3 Esboço de STFs

Os locais de maior afluência apresentaram frequentadores de segmento da população diferentes e distribuições temporais do fluxo de frequentadores bastante diferentes, como se poderá confirmar ao longo desta secção, e que determinaram a definição de 2 serviços distintos (embora possam na sua implementação prática partilhar veículos, por exemplo).

Os esboços dos serviços são bases para a gerar múltiplas configurações de serviços a serem simuladas.

4.3.1 “STF Ensino”

O serviço STF Ensino dedica-se a transportar de alunos que frequentam escolas do segundo e terceiro ciclos nas viagens de casa para a escola e vice-versa. Através do inquérito, foi possível também fazer uma análise da procura no tempo que mostra que fluxo de alunos ao longo do dia tem picos bem definidos (Figura 4.8) e portanto o serviço terá períodos de funcionamento bem definidos (Figura 4.9) para o transporte de cerca de 496 alunos com necessidades de transporte.

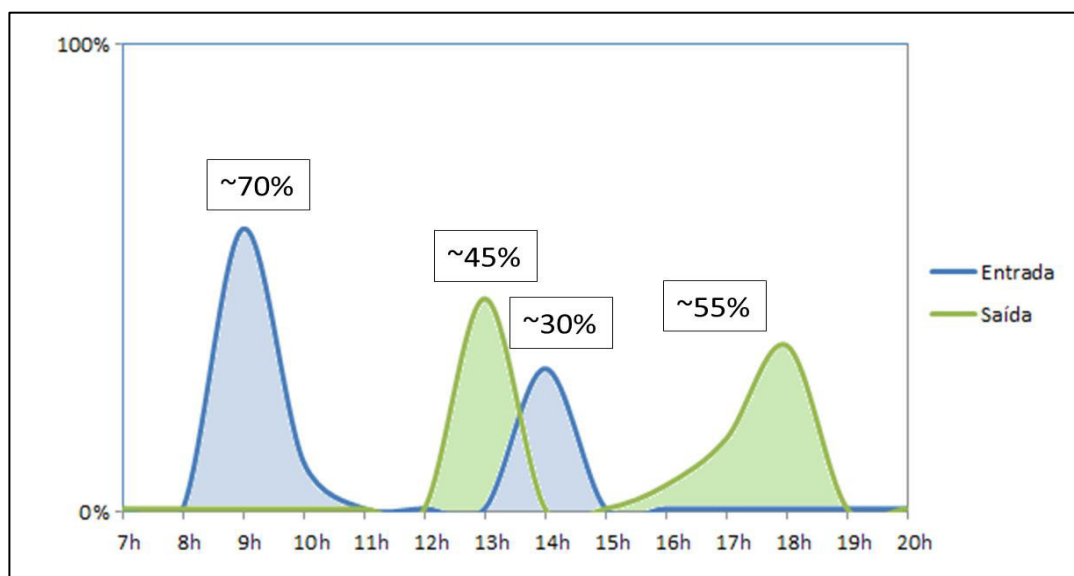


Figura 4.8 - Procura diária discretizada no tempo (STF ensino)

Tendo em conta os preços praticados pelas empresas de transporte em Vila do Conde, estima-se que a tarifa do serviço de transporte flexível será próxima dos 2 euros, visto que este é, aproximadamente valor médio cobrado pelos serviços de transporte em Vila do Conde (dados obtidos através questões colocadas a empresa de serviços de transporte local). Dado o volume de procura que se estima haver (que chega aos 350 pedidos por hora de serviço) que

Caso de Estudo: Simulação de Cenários de Serviços de Transporte Flexível no concelho de Vila do Conde⁴³

inviabiliza, em termos de performance do serviço, a implementação de pedidos em tempo real, facto confirmado por uma pequena experiência no simulador, os agendamentos/reservas de serviço apenas podem ser antecipados.

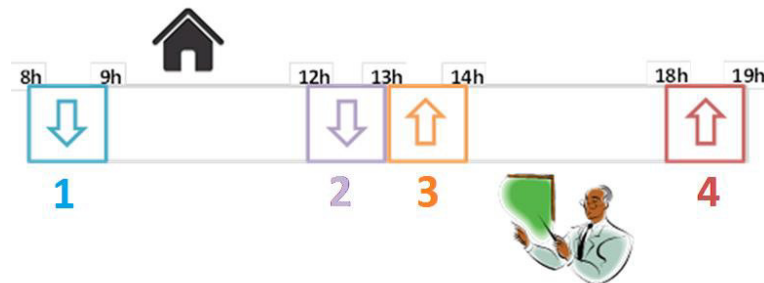


Figura 4.9 - Períodos de Serviço

4.3.2 “STF Saúde e Outros”

Este STF dedica-se ao transporte de pessoas de e para os centros de saúde e centro do concelho. Na Figura 4.10, pode-se observar o fluxo de entrada e saída de frequentadores ao longo do dia,

Segundo o inquérito efetuado, a procura das unidades de saúde apresenta-se aproximadamente constante distribuída praticamente uniformemente ao longo do dia, portanto o serviço funcionará continuamente entre as 8h00 e as 19h00.

Tal como foi explicado no STF ensino prevê-se uma tarifa próxima dos 2 euros. O serviço permite pedidos em tempo real.

4.4 Simulação

4.4.1 Configurações do STF Ensino

As configurações deste serviço basearam-se na manipulação das características do serviço esquematizadas na Figura 4.11. O valor de referência “X” (5 veículos de 73 lugares) é obtido igualando a capacidade da frota ao número total de pedidos esperados (350 pedidos) e é aumentado ou diminuído conforme os resultados. Cenários com a extinção de cada uma das escolas são também simulados. O número de paragens pode variar entre o cenário “A”, equivalente a paragens em qualquer lugar, até o cenário D com um terço das paragens de “A”. Com o intuito de testar avaliar o impacto de alteração dos destinos foram também testados cenários em que se cada uma das escolas se extingue e os alunos são recolocados conforme as áreas administrativas das escolas.



Figura 4.10 - Cenários de simulação - STF Ensino

4.4.2 Configurações do STF Saúde e Outros

As configurações deste serviço basearam-se na manipulação das características do serviço esquematizadas na Figura 4.12 com um esquema semelhante ao STF Ensino. O valor de referência “X” (2 veículos de 29 lugares) é obtido igualando a capacidade da frota ao número total de pedidos esperados (60 pedidos) e é aumentado ou diminuído conforme os resultados. O modo de reserva do serviço pode variar entre pedidos feitos antecipadamente ou em tempo real.



Figura 4.11 - Cenários de simulação - STF Saúde e Outros

Capítulo 5

Discussão dos Resultados Obtidos

5.1 Introdução

Em primeiro lugar é explicada a nomenclatura das configurações e cenários simulados. Em seguida são apresentados os resultados relevantes da simulação.

Importa salientar que o simulador impõe que a frota própria apenas pode apresentar uma capacidade única para todos os veículos, assim como a frota subcontratada (mas podem ser diferentes entre si). O simulador apenas utiliza o número necessário de veículos, caso um número inferior de veículos seja capaz de responder às solicitações de transporte. Os custos relativos a motoristas e à subcontratação foram desprezados, tendo em conta que o custo com motoristas varia com o número de veículos e ambos os custos representam valores desprezíveis comparados com o custo de aquisição de frota.

5.1.1 Nomenclatura: STF Ensino

A nomenclatura aplicada a cada configuração de serviço e cenários do STF Ensino é a seguinte:

Referência das configurações: [NºParagens*][P.Serviço**][Frota*]-[C.Destino**]

- * - Tabela 5.1
- ** - Tabela 5.2

Tabela 5.1 - Nomenclatura das Configurações do STF Ensino

Nº Paragens	Frota
A - 87 p.	1 - 5 x 73 lugares
B - 52 p.	2 - 4 x 73 lugares
C - 46 p.	3- 6 x 73 lugares
D - 28 p.	4 - 7 x 73 lugares

Tabela 5.2 - Nomenclatura dos Cenários do STF Ensino

Cenários de Destinos	Período de Serviço
“” - Todas as Escolas	1 - Início da manhã: casa->escola
“sj” - extinção da Escola da Junqueira	2 - Fim da manhã: casa ->escola
“smi” - extinção da Escola de Mindelo	3 - Início da tarde: escola->casa
“sma” - extinção da E.B. Macieira	4 - Fim da tarde: escola->casa

5.1.2 Nomenclatura: STF Saúde e Outros

A nomenclatura aplicada a cada configuração de serviço e cenários do STF Ensino é a seguinte:

Referência de cada configuração: [NºParagens***][Frota***]-[Agendamento***]

***Tabela 5.3

Tabela 5.3 - Nomenclatura das Configurações do STF Saúde

Nº Paragens	Frota	Agendamento
A - 87 p.	1 - 2 x 29 lugares	“TR” - tempo real
	2 - 2x 20 lugares+1 táxi	
B- 52 p.	3- 3 x 20 lugares	
	4 - 4 x 16 lugares	
C- 46 p.	5 - 1 x 29 lugares+ 1 táxi	“” - Por reserva
	6 - 1 x 29 lugares+ 2 táxis	
D- 28 p.	7 - 1 x 29 lugares+ 3 taxis	

5.2 Resultados da Simulação: STF Ensino

Na análise dos resultados da simulação de configurações (Anexos II) com alteração do número de veículos verificou-se serem necessários 6 veículos com capacidade para 73 passageiros que representa apresenta um custo diário de cerca de 178 euros respondendo a todos os pedidos de transporte (Figura 5.1). Os resultados da utilização de 7 veículos não demonstraram nenhuma melhoria significativa dos índices em comparação com a utilização de 6 veículos e obviamente implicaria uma aumento do custo da frota própria. A análise Volume de vendas não foi focada, visto que se espera uma procura constante dados os motivos da necessidade de transporte.

No gráfico da Figura 5.1, é possível analisar a variação percentual dos índices “Pedidos não Satisfeitos” e “Custo de Deslocação” em função do número de veículos, em relação ao primeiro cenário (4 veículos). Por exemplo, utilizando 7 Veículos o custo de deslocação é de 172 euros, o que comparado com a utilização de 4 veículos, representa um aumento de cerca de 142%.

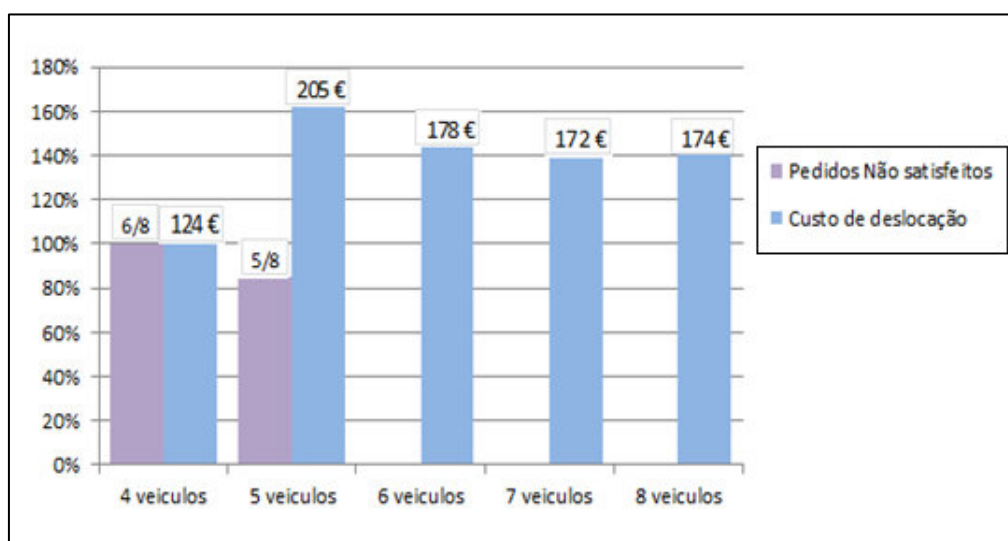


Figura 5.1 - Período1: Impacto da variação do nº de veículos

No período 1, a diminuição do número de paragens não teve impacto significativo no atraso, além disso o atraso manteve-se sempre acima dos 40 minutos, o que se pode eventualmente atribuir a um distanciamento entre a paragem de origem e o destino. Devido à diminuição do número de paragens, pois, por exemplo, entre três paragens com distâncias diferentes entre elas, se a paragem que se situa entre as outras duas deixar de existir a distância média entre paragens aumenta o que causa o aumento do atraso médio. Contudo, é notória uma ligeira diminuição do atraso e sobretudo do custo de deslocação em 22% (Tabela 5.4).

Tabela 5.4 - STF Ensino: Variação do N° Paragens

CONFIGURAÇÃO DO SERVIÇO	Atraso Médio [minutos]	Pedidos Insatisfeitos [%]	Custo de Deslocação [€]	Índice de Custo da Frota	ÍNDICE GERAL
A13	45	0,0%	178	60	-0,43
B13	44	0,0%	150	50	0,01
C13	44	0,0%	141	50	0,11
D13	41	0,0%	139	50	0,32

Os cenários de extinção de escolas apresentaram um atraso constante relativamente ao cenário com todas as escolas. Destaca-se a diminuição da frota para 5 veículos e uma descida dos custos significativa de cerca de 12% no caso da extinção da escola da Junqueira (Figura 5.1), o que, por exemplo, num mês poderia significar uma redução de custos de cerca de 440€.

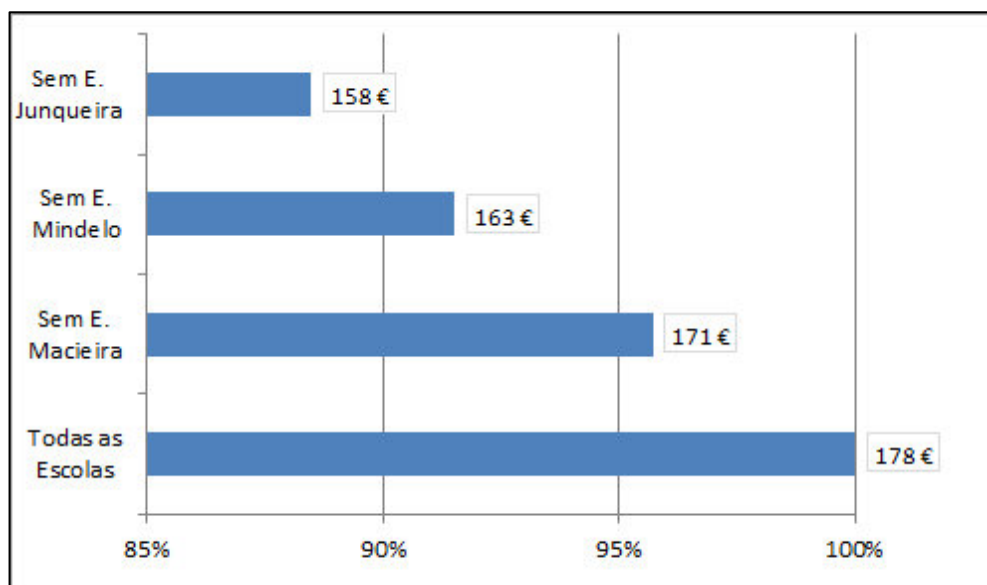


Figura 5.1 - Cenários de Extinção de Escolas

Os períodos de serviço apresentam diferentes variações do custo de deslocação, verificando-se que os períodos de transporte escola-casa apresentam uma menor redução de custos com a diminuição do número de paragens relativamente aos períodos de transporte casa- escola com variações de custo -11%, -12% e -22%, -35%, respetivamente (Figura 5.2). No mesmo gráfico pode-se observar que a configuração “a42” não apresenta uma variação dos custos continuamente decrescente, com a diminuição das paragens, o que se justifica pela diminuição para de 4 para 3 veículos efetuada pelo simulador.

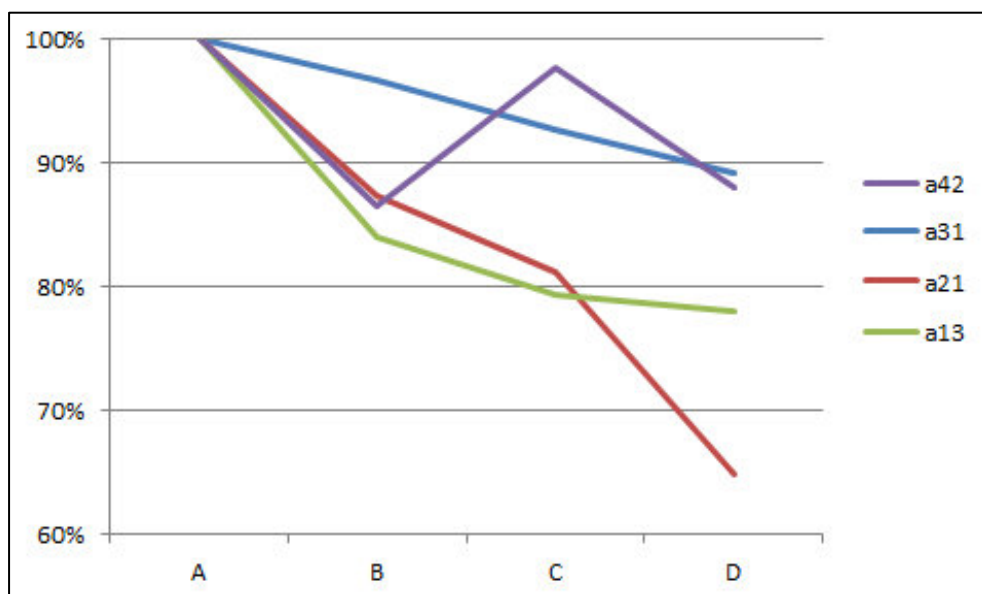


Figura 5.2 - Períodos 1,2,3 e 4: Variação de Custos de Deslocação

O custos diários totais de deslocação podem variar entre os 417 e os 606 euros entre a configurações com menor e maior número de paragens, com o número de veículos otimizado. O que se pode considerar um custo elevado, visto ultrapassar os 9000 euros por mês.

É importante salientar que este serviço for executado com viagens únicas entre a origens e os destinos (escolas), recolhendo todos os alunos com horário previsto para cada paragem os custos poderiam diminuir drasticamente. Esta configuração de serviço é muito próxima de um serviço de transporte não flexível e portanto não foi possível simular, visto que a ferramenta de simulação é dedicada à simulação de transportes flexíveis.

5.3 Resultados da Simulação: STF Saúde e Outros

A análise dos resultados da simulação de configurações (Anexos II) deste STF focou-se sobretudo no estudo do impacto da implementação de pedidos em tempo real, de modo a complementar as análises do STF Ensino.

Analisando o índice geral na Tabela 5.5, verifica-se que a melhor configuração (A11) apresenta valores bastante satisfatórios. Esta apresenta um lucro diário de 71€ utilizando apenas 2 veículos para satisfazer todos os pedidos com um atraso médio de 35 que é facilmente contornável com uma resposta ao utilizadores que requereram o serviço com propostas que tenham esse atraso em consideração.

Tabela 5.5 - Variação do N° de Veículos

CONFIG. DO SERVIÇO	Atraso Médio [minutos]	Pedidos Insatisfeitos [%]	Custo de Deslocação [€]	Volume de Vendas [€]	Índice de Custo da Frota	I _G
A11	35	1%	29	100	16	1,5
A11-TR	32	48%	16	102	16	0,2
A12	37	19%	46	84	16	0,2
A12-TR	35	15%	69	84	16	0,0
A13	9	72%	16	32	16	-1,2
A13-TR	8	77%	28	24	16	-1,6
A14	34	23%	15	80	32	-0,2
A14-TR	32	2%	29	92	32	0,5
A15	38	60%	59	66	8	-1,3
A15-TR	37	51%	71	51	8	-2,3
A16	16	23%	54	96	8	1,3
A16-TR	36	0%	50	88	8	1,4
A17	13	3%	121	94	8	0,8
A17-TR	13	8%	121	94	8	0,7

A implementação de pedidos em tempo real (50% pedidos em tempo real e 50% por reserva) nas configurações deste serviço resulta numa diminuição em 5,5% no atraso médio (Figura 5.3), o que é insignificante.

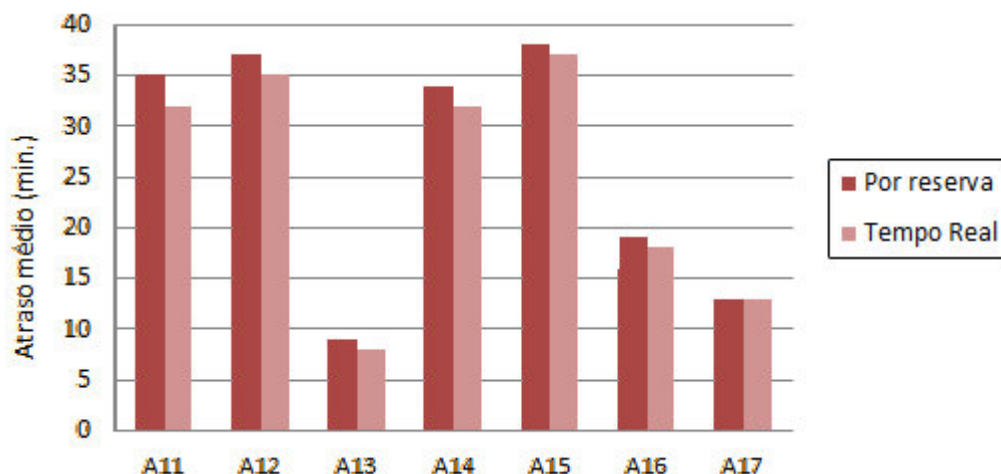


Figura 5.3 - STF Saúde: Variação do Atraso

Verificou-se que o volume de vendas aumenta com a implementação de pedidos em tempo real. Por outro lado, a variação do Volume de vendas entre cenário A para o cenário B, tende a resultar em aumentos superiores e para valores semelhantes ou superiores (Figura 5.4). Apesar de haver uma ligeira tendência para que a utilização dos veículos subcontratados para apresentar melhores resultados em termos de volume de vendas, os respectivos custos são em média (das configurações simuladas) cerca de 2,5 vezes superiores à utilização de frota própria.

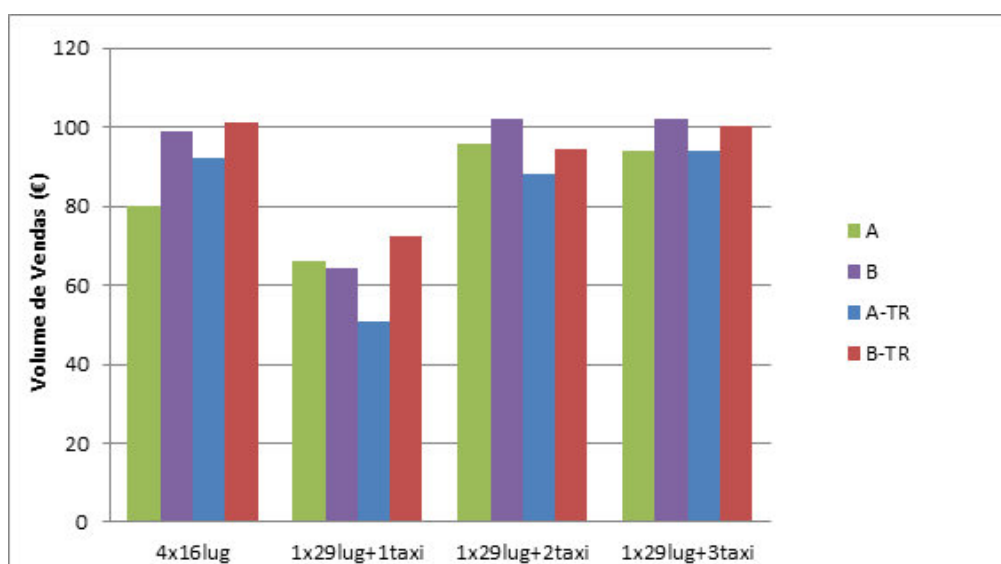


Figura 5.4 - STF Saúde: Variação do V. de Vendas

Apesar do aumento dos lucros com a redução de paragens, quando analisados tendo em conta os custos de deslocação o cenário B tende a apresentar piores resultados que o cenário A, embora essa tendência tenha indícios de ser invertida com o aumento de veículos subcontratados (Figura 5.5).

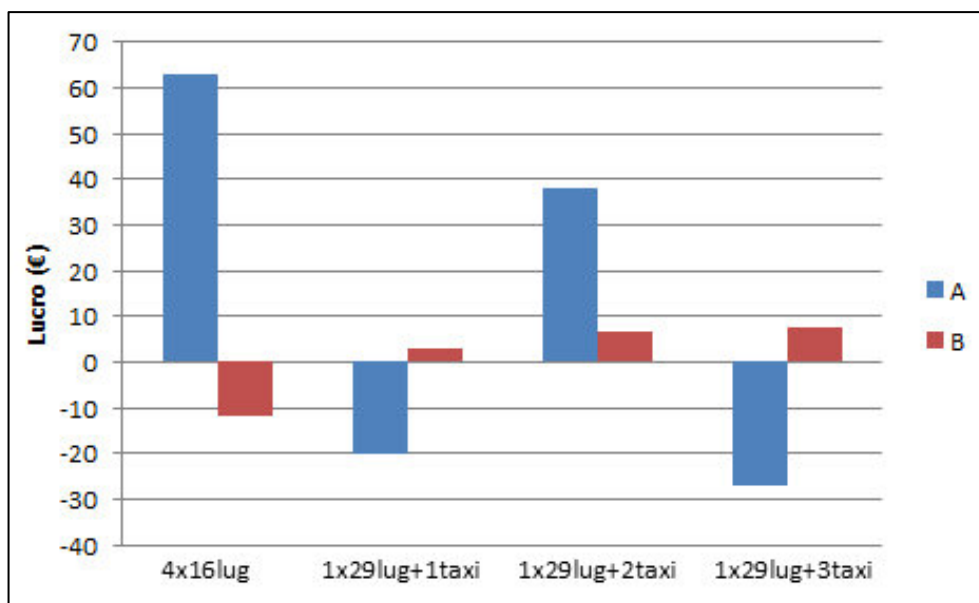


Figura 5.5 - Variação do Lucro = Vol. Vendas - Custo Deslocação

Analisando o impacto da diminuição progressiva do número de paragens entre os cenários A, B e C verifica-se que apenas os pedidos insatisfeitos diminuíram e que o custo de deslocação aumentou significativamente. Observou-se que ao contrário do que acontece com na diminuição do número de paragens no STF Ensino analisando na secção anterior em que há uma diminuição do custo de deslocação, concluindo-se que o impacto da diminuição das paragens depende do serviço simulado.

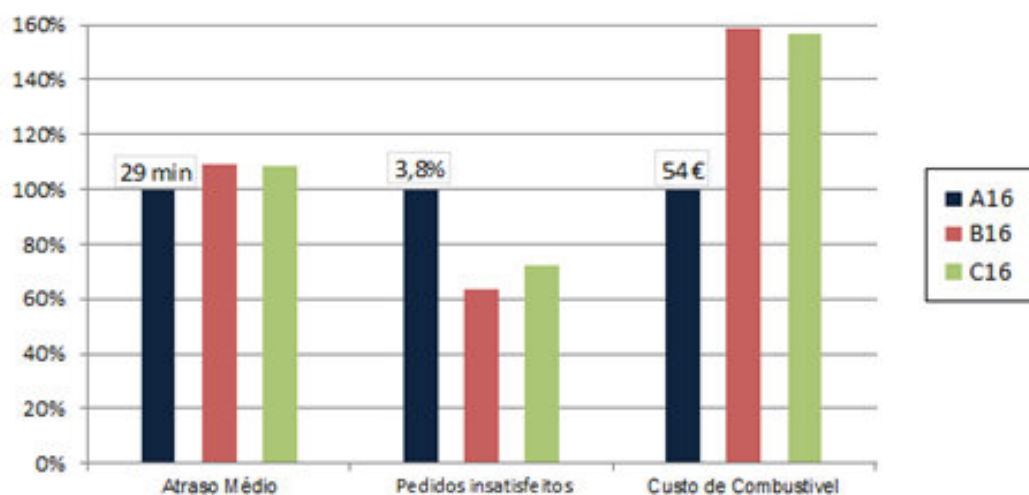


Figura 5.6 - Impacto da diminuição do Número de Paragens no Atraso, Pedidos insatisfeitos e Custo de Deslocação

5.4 Síntese dos Resultados

Relativamente ao serviço “STF Ensino” concluiu-se que para garantir o transporte de todos os alunos com um serviço de qualidade em termo de cumprimento de agendamentos nos 4 períodos de serviço são necessários no mínimo 5 veículos impostos pelo período 1 que apresenta a maior procura de transporte. Nos restantes períodos são necessários no mínimo 3 veículos. A extinção das escolas pode reduzir a frota mínima necessária para 4 veículos. Em condições de utilização da frota mínima e com o cenário com menor número de paragens (D), este serviço apresenta um custo de deslocação diário de 472 euros. Considerando o preço de tarifa estimado e a procura estimada, o serviço pode apresentar um lucro de 992 euros diários. Os resultados apresentaram indícios de que redefinir o serviço, tornando-o fixo em termos de horário, diminuiria em grande parte os custos de deslocação.

Concluiu-se que a frota necessária para assegurar o serviço “STF Saúde e Outros” tendo no geral, apresentado melhores índices de desempenho foi a utilização de 2 veículos de 29 lugares. Utilizando esta frota o lucro diário que o serviço pode vir a apresentar é de 71 euros. A implementação de pedidos em tempo real apresentou resultados positivos em termos de atraso, mas muito pouco significativos sendo em média menos 1,5 minutos de redução. No contexto destes STFs, um atraso desta ordem de grandeza conhecido à priori pode ser consideravelmente reduzido ou mesmo contornado, desde que o processo agendamento do serviço com o utilizador tenha essa condicionante em consideração.

Capítulo 6

Reflexões Finais

6.1 Balanço

Um modelo emergente de mobilidade mais abrangente no espaço e tempo e mais próximo do ritmo de vida atual, gerou novas necessidades de transporte às quais os transportes públicos não se conseguem adaptar. O Serviço de Transporte Flexível (STF) surgiu - e tem vindo a evoluir - para dar resposta a estas novas necessidades de mobilidade, combater a exclusão social, racionalizar a organização tradicional dos serviços de transportes públicos e desenvolver alternativas de transporte ao uso de veículo próprio, reduzindo o congestionamento e poluição do trânsito. Estes serviços de transporte, sendo mais dinâmicos que o transporte público tradicional, tornam-se mais complexos de planejar e gerir, o que implica decisões com maior precisão, coordenação e prontidão.

No âmbito do planeamento do serviço no qual se insere este projeto, demonstrou-se o importante papel da simulação no processo de desenho dos STFs. O processo de simulação teve em consideração condicionantes da área de estudo em conjunto com dados relativos ao serviço. Os resultados deste processo permitem identificar a melhor configuração de serviço para cada objetivo e uma solução equilibrada entre vários objetivos, observar tendências de desempenho em função do tamanho e tipo de frota, número e localização de paragens e destinos, controlar níveis de qualidade e custos de serviço e avaliar o impacto de agendamentos em tempo real. Assim, a ferramenta de simulação teve um papel crucial na identificação de incertezas, avaliação de riscos, avaliação de diferentes configurações de serviço e na avaliação da viabilidade do serviço.

6.2 Trabalho Futuro

No seguimento dos resultados obtidos, pode sugerir-se, para trabalho futuro, um estudo mais aprofundado sobre os dados recolhidos, a partir da identificação dos valores e custos monetários intrínsecos às soluções propostas, para um melhor suporte à simulação e assim contribuir para uma seleção não apenas baseadas nas melhores medidas de desempenho e alguns custos, mas também face ao total de investimentos financeiros que estas implementações exigem.

Antecedendo a uma definição dos serviços a implementar, seria benéfico a inclusão de requisitos no sistema de simulação como capacidade variável da frota própria e subcontratada, geração de pedidos de transporte com “ida e volta”. Estas alterações poderiam tornar os resultados de simulação mais ricos, com uma modelação da realidade ainda melhor.

Numa perspetiva de implementação dos serviços propostos, seria aconselhável uma análise aprofundada da política de preço de cada serviço e da capacidade financeira média da população residente na área de estudos e do valor atribuído pela mesma aos serviços propostos. Com o intuito de concretizar o projeto iniciado, seria bastante construtivo estabelecer uma colaboração com a operadora local de modo a que com um ação conjunta gerar uma sinergia de conhecimentos e capacidades entre todos estes intervenientes para se alcance a implementação das soluções de transporte flexível.

Referências

- ADETEC. 2004. Services à La Demande et Transports Innovants en Milieu Rural: De L'Inventaire à La Valorization dès Experiences. Grenoble: ADETEC. Acedido a 19 de Setembro de 2013. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/054000165/0000.pdf>
- Ambrosino, Giorgio, J.D. Nelson e M. Romanazzo. 2004. Demand Responsive Transport Services: Towards the Flexible Mobility Agency. Rome: Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment.
- Babo, António Pérez. 2009. Plano Regional de Ordenamento do Território. Porto: prot-norte. Acedido a 16 de Outubro de 2013. <http://consulta-prot-norte.inescporto.pt/plano-regional/relatorio-do-plano/relatorios-tematicos-de-caracterizacao-e-diagnostico/PROT-N%20-%20ACESSIBILIDADES-APB.pdf>
- Bakker, Petter. 1999. "Large scale Demand Responsive Transit Systems - A Local Suburban Transport Solution for the Next Millennium?." Proceedings of European Transport Conference, Stream: Public Transport Planning and Management P433: 109-125. Acedido a 18 de Setembro de 2013. <http://abstracts.aetransport.org/paper/download/id/889>
- Bolot, J. , D. Josselin e T. Thevenin. 2002. "Demand Responsive Transport in the Mobilities and Technologies Evolution." Concrete Experience and Perspectives." 5th AGILE Conference on Geographic Information Science 331-338. Acedido a 15 de Setembro de 2013. http://itcnt05.itc.nl/agile_old/Conference/mallorca2002/proceedings/dia26/Session_8/s8_Josselin.pdf
- Brake, J., Corinne Mulley, John D. Nelson, Steve Wright. 2007. "Key lessons learned from recent experience with Flexible Transport Services." Transport Policy 14 (2): 458-466. 29 de Dezembro de 2013. doi: 10.1016/j.tranpol.2007.09.001
- Brake, J., Corinne Mulley, John D. Nelson. 2006, Good Practice Guide for Demand Responsive Transport Services using Telematics. School of Civil Engineering and Geosciences,

- University of Newcastle, UK. Acedido a 16 de Setembro de 2013.
<http://www.transportconnect.org.au/resources/PDF/DRT%20good%20practice%20guide%20UK%20paper.pdf>
- CMVC. 2006. Carta educativa do concelho de Vila do Conde. Vila do Conde: C.M. Vila do Conde. Acedido a 15 de Outubro de 2013. <http://www.cm-viladoconde.pt/files/2/documentos/20080811105904557716.pdf>
- Cruz, Isabel. 2009. "The Application of GIS in the definition of DRT System Case Study Vila do Conde." MS, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto. Acedido a 16 de Setembro de 2013. repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/20326/2/mestisabelcruzapplication000084957.pdf
- Donnelly, Rick. 2010. Advanced practices in travel forecasting. Washington D.C.: Transportation Research Board. Acedido a 15 de Dezembro de 2013.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_syn_406.pdf#page=1&zoom=auto,0,792
- Enoch, Marcus P., S. Potter, G. Parkhurst e M. Smith. 2004. INTERMODE: Innovations in Demand Responsive Transport and Greater Manchester Passenger Transport Executive. Leicestershire: Department for Transport. Acedido a 16 Setembro de 2013. <http://hdl.handle.net/2134/3372>
- Finn, Brendan. 2012. "Towards large-scale flexible transport services: A practical perspective from the domain of Paratransit". Research in Transportation Business & Management 3: 39-49. Acedido a 12 de Dezembro de 2012. doi: 10.1016/j.rtbm.2012.06.010
- Finn, Brendan. 2012. "Towards large-scale flexible transport services: A practical perspective from the domain of Paratransit". Research in Transportation Business & Management 3: 39-49. Acedido a 23 de Setembro de 2013. doi: 10.1016/j.rtbm.2012.06.010
- Flexibus Almada mais à mão. 2008. Lisboa: CMA (Câmara Municipal de Almada). Acedido a 11 de Novembro de 2012. <http://www.m-almada.pt/flexibus/>
- Gomes, Rui. 2007. "Teste de Interfaces de Voz." MS, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto.
- Gomes, Rui. 2013. "Dynamic Routing for Demand Responsive Transportation Systems." PhD, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto. 15 de Setembro de 2013.
- Grzymiski, A., C. Hughes, C. Edwards. 2003. "Basics of the 4 Sep Model.". High Point Urban Area Metropolitan Planning Organization 3: 5-9. Acedido a 12 de Novembro de 2013.
<http://www.hpdot.net/HPMPO/about/newsletters/v32.pdf>
- Lucambio, Fernando. 2008. Estimador Kernel da função de densidade. Curitiba Departamento de Estatística da Universidade Federal do Paraná. Acedido a 20 de Outubro de 2013.
<http://people.ufpr.br/~lucambio/CE210/destimator.pdf>

- Margalha, Maria Goreti . 2009. Mobilidade na Cidade de Beja. Uma Realidade!. Beja: Câmara Municipal de Beja.
- McNally, Michael G. 2007. The Four Step Model. California: Department of Civil and Environmental Engineering and Institute of Transportation Studies. Acedido a 17 de Setembro de 2013. <http://www.its.uci.edu/its/publications/papers/CASA/UCI-ITS-AS-WP-07-2.pdf>
- McNally, Michael G. e Craig R. Rindt. 2007. The Activity-Based Approach. California: Department of Civil and Environmental Engineering and Institute of Transportation Studies. Acedido a 17 de Setembro de 2013. <http://www.its.uci.edu/its/publications/papers/CASA/UCI-ITS-AS-WP-07-1.pdf>
- MEE (Ministério da Economia e do Emprego). 2011. Plano Estratégico dos Transportes: Mobilidade Sustentável Horizonte 2011-2015. Lisboa: [s.n.]
- Meireles, Sara. 2009. "Sistemas de Transporte Flexível em Zonas de Procura Dispersa.", Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto. Acedido a 15 de Setembro de 2013. <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/58282>
- Mulley, Corinne, John Nelson, Roger Teal, Steve Wright e Rhonda Daniels. 2012. "Barriers to implementing flexible transport services: An international comparison of the experiences in Australia, Europe and USA". Research in Transportation Business & Management volume 3: 3-11. Acedido a 2 de Novembro de 2012. doi: 10.1016/j.rtbm.2012.04.001
- Multisystems. 2002. Innovative Practices in Paratransit Services. Washington D.C.: Easter SEALS Project Action.
- Polytechnio, Ethniko Metsovio. 2008. 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation 2008. Atenas: National Technical University of Athens
- Quadrifoglio, Luca, Maged M. Dessouky e Fernando Ordóñez. 2008. "A simulation study of demand responsive transit system design". Transportation Research Part A: Policy and Practice 42 (4): 718-737. Acedido a 2 de Janeiro de 2013. doi:10.1016/j.tra.2008.01.018
- Schofer, Joseph L., Barry L. Nelson, Ronald Eash, Mark Daskin, Ying Yang, Hong Wan, Jingfeng Yan e Laszlo Medgyesy. 2003. Resource Requirements for Demand-Responsive Transportation Services Report 98. Washington D.C.: Transit Cooperation Research Program
- Soluções de Transporte Flexível. 2011a. Lisboa: IMTT (Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres). Acedido a 18 de Novembro de 2012. http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/pacmob/sol_tflexivel/Solucoes_de_Transporte_Flexivel_Marco2011.pdf

Sousa, João Figueira de, Helder Ferreira e André Fernandes. 2009. "Transportes Colectivos em Espaço Rural e Áreas de Baixa Densidade Urbana: Abordagens e Soluções." 15º Congresso da Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional. Acedido a 23 de Janeiro de 2012.

<http://www.apdr.pt/congresso/2009/pdf/Sess%C3%A3o%2026/84A.pdf>

Transportes Partilhados. 2011b. Lisboa: IMTT (Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres). Acedido a 18 de Novembro de 2012.

http://www.conferenciamobilidade.imtt.pt/pacmob/transp_partilhados/Transportes_Partilhados_Marco2011.pdf

Anexos

Anexo I - Tabela Resultados do Inquérito (1/3)

id	Tipo de Pólo	Coordenadas	Estabelecimento	Morada	Cod. Postal	Localidade	Contacto	Nº Médio Diário de Freqüentadores	Nº Médio Diário de Freqüentadores de Fora da Freguesia	Nº de freq. com necessidades especiais de transporte	Horas de Entrada (h)	Horas de Saída (h)	Existe transport e dedicado aos frequentadores?
A-1	j_infancia	-8,756602	##### Jardim de Infância dos Girassóis	Rua dos Girassóis	4480-796	Vdc	252 621 162	134	0		7,5	19,0	não
A-10	j_infancia	-8,717289	##### C. Social Da Paroquia De Tougu	Rua Padre Joa	4480-530	Touguinha	252 619 770	35	3		7,0	19,0	sim
A-12	j_infancia	-8,662988	##### EB1/JI Casais	Rua da ponte 2	4480-020	Arcos	252 652 361	20	0		7,5	18,5	sim
A-130	j_infancia	-8,684309	##### Centro social e paroquial da Jur	Rua Zeca Pinhe	4480-311	Junqueira	252 653 370	18	8		7,0	18,5	escola
A-134	j_infancia	-8,718669	##### Centro social e paroquial de Mii	Rua Padre Joa	4485-568	Mindelo	252 672 909	44	22		7,5	19,0	não
A-138	j_infancia	-8,759876	##### Assoc. de Protecção à Terceira Av.	Infante D. I	4440-452	Vdc	252 613 980	60	5		7,5	19,0	sim
A-142	j_infancia	-8,754975	##### Centro social e paroquial de Ca	Av. D. António	4440-452	Vdc	252 612 425	20	2		7,5	19,0	não
A-144	j_infancia	-8,742456	##### Infantario D. Vitória	Rua do Lidador	4480-791	Vdc	252 642 025	60	16		7,5	19,0	não
A-145	j_infancia	-8,751850	##### Santa Casa da Misericórdia de ,	Travessa Gaspe	4480-659	Azurara	252 621 890	80	16		7,5	19,0	não
A-146	j_infancia	-8,740552	##### Venerável Ordem 3a de S. Fran	Rua da Junquei	4480-659	Azurara	252 624 310	40	20		7,0	19,0	sim
A-149	j_infancia	-8,725209	##### Centro Social Cultural e Recreat	Rua do Loureir	4480-119	Arvore	252 632 745	80	4		9,0	17,5	sim
A-151	j_infancia	-8,706279	##### Associação de Solidariedade So	Rua Nova de Ca	4485-094	Fajozes	252 661 374	50					
A-156	j_infancia	-8,703722	##### Centro Social e Paroquial de La	Av. Manuel Dio	4485-302	Labruge	229 279 680	15	0		7,5	19,0	não
A-160	j_infancia	-8,677562	##### Centro Social em Macieira da M	Rua de S. Salva	4485-412	lacieira da Mai	252 662 612	64	4		7,0	19,0	sim
A-163	j_infancia	-8,743987	##### Santa Casa da Misericórdia de	Rua Rainha D. I	4480-247	Vdc	252 249 100						
A-167	j_infancia	-8,729183	##### CENTRO ESCOLAR DE AREIA	Rua N. Sr.ª de	4480-125	Arvore	252 642 349	68	0		7,5	19,0	não
A-169	j_infancia	-8,644720	##### JARDIM DE INFÂNCIA DE FARILH	Lugar de Farilh	4485-060	Canidelo	229280438	35	0		9,0	17,5	
A-170	j_infancia	-8,635872	##### EB1 / JI DE FERREIRO	Lugar da Trinde	4480-250	Ferreiro	252652745	35			9,0	17,0	
A-172	j_infancia	-8,643741	##### JI DE FORNELO	Rua das Escolas	4485-122	Fornelo	933933963	25	0		9,0	17,5	sim
A-175	j_infancia	-8,639457	##### JI de S. LÁZARO	Rua de S. Lázari	4485-249	Guilhabreu	229 820 116	50	6		7,5	19,0	sim
A-176	j_infancia	-8,684613	##### JI de Lamelas	Rua de Lamelas	4480-286	Junqueira	252 652 365	45	20		7,5	19,0	não
A-177	j_infancia	-8,673481	##### JI de Macieira	Rua D. Ildefons	4485-401	lacieira da Mai	252 661 544	19	0		7,5	19,0	não
A-178	j_infancia	-8,716533	##### Agostimna bessa luis	Rua do Outeiro	4485-523	Mindelo	252652035	60,0	10		7,5	19,0	sim
A-18	j_infancia	-8,731078	##### EB1/JI de Mindelo - Areia	Rua da Escola	4485-485	Mindelo	252 671 857	60					
A-180	j_infancia	-8,642627	##### J. infancia de Outeiro	Av. Principal	4480-330	Outeiro Maior	252652933	30					x
A-181	j_infancia	-8,631357	##### J. infancia de Parada-Cruzeiro	R. do Monte 14	4480-340	Parada	252652371	30					x
A-182	j_infancia	-8,698671	##### J. de infancia de Tougues	Rua Cortinhas	4480-480	Tougues	252 662 829	16	0		9,0	17,5	sim
A-183	j_infancia	-8,714395	##### J. de infancia da Estrada	Largo da Capel	4480-524	Touguinha	252 684 034	25	4		7,5	19,0	não
A-184	j_infancia	-8,749060	##### J. de infancia Bento de Freitas	Av. Bento de Fr	4480-656	Azurara	252 684 049	40	0		7,5	19,0	
A-185	j_infancia	-8,753339	##### J. de infancia das Violetas	R. Prof. Mario	4440-452	Vdc	252 631 254	110	10		7,5	19,0	
A-20	j_infancia	-8,691478	##### EB1/JI de Aveleda	Rua da Igreja n	4485-021	Aveleda	229 284 567	30	4		7,5	18,5	sim
A-22	j_infancia	-8,693882	##### EB1/JI de Modivas	Rua da Longa	4485-595	Modivas	229 284 414	30	2		9,0	17,5	não
A-24	j_infancia	-8,660920	##### J. de infancia Padinho	Rua Adário Gon	4440-452	ilar de Pinheir	229 286 940	23	0		9,0	15,5	não
A-27	j_infancia	-8,743811	##### EB1 de Vila do Conde Nº 2 - 1/2	Rua Dr. Antóni	4480-806	Vdc	252632289	21	0		9,0	15,5	não
A-3	j_infancia	-8,744099	##### Instituto São José	Rua Comendad	4480-807	Vdc	252 631 129	125	60		7,5	19,0	não
A-30	j_infancia	-8,727184	##### EB1 / JI de Vila do Conde Nº 5	Rua Capitão Ca	4480-737	Vdc	252 642 348	21	0		7,5	19,0	não
A-32	j_infancia	-8,745979	##### EB1 de Vila do Conde Nº 6	Rua dos Bengui	4480-794	Vdc	252 614 056	45	0		7,5	19,0	não
A-34	j_infancia	-8,735562	##### EB1/JI da Azurara	Rua Rita C Man	4480-176	Azurara	252 644 421	50	20		7,5	19,0	não
A-36	j_infancia	-8,756682	##### EB1/JI de Vila do Conde - Caxin	Avenida Cidade	4440-452	Vdc	252 640 480	200	5		7,5	19,0	arriva
A-38	j_infancia	-8,693223	##### EB1/JI de Fajozes - Quintá	Rua Bernardino	4485-073	Fajozes	252 662 121	20	2		8,5	18,5	sim
A-4	j_infancia	-8,749060	##### Jardim Escola da Sta. casa da A	Avenida Bento	4480-656	Azurara	252 631 890	130	5		7,5	19,0	não
A-42	j_infancia	-8,661646	##### EB1 / JI de Malta - Igreja	Largo de Santa	4485-432	Malta	229 280 995	32	16		9,0	17,5	sim
A-43	j_infancia	-8,664689	##### EB1/JI de Mosteiro	Rua Central 10	4485-620	Mosteiro	229 285 447	18	2		9,0	19,5	sim
A-45	j_infancia	-8,719704	##### EB1/JI de Retorta - Casal do Mc	Rua Casal do M	4480-357	Retorta	252 642 399	19	13		7,5	18,5	sim
A-48	j_infancia	-8,716469	##### EB1/JI de Medados - Touguinha	Rua Laura Osór	4480-509	Touguinha	252 614 836	19	2		7,5	19,0	não
A-5	j_infancia	-8,753558	##### Jardim de Infância Frei Mauro	Rua Frei Mauro	4480-717	Vdc	252 645 980	100			7,5	19,0	
A-50	j_infancia	-8,703412	##### EB1 de Touguinhó - Monte	Rua do Monte 1	4480-577	Touguinhó	252 652 355	15	0		9,0	17,5	não
A-53	j_infancia	-8,733704	##### EB1/JI de Vila Chã - Vila-Chã	Rua do Facho 2	4485-717	Vila Cha	229 280 996	15	0		9,0	17,5	sim
A-55	j_infancia	-8,674499	##### EB1/JI de Vilar - Carrapata	4485-767 Vilar	4485-767	Vilar	229 284 613	30	0		9,0	17,5	sim
A-57	j_infancia	-8,723820	##### EB1/JI De Igreja - Vila-Chã	Rua das Escolas	4485-864	Vila Cha	229 286 825	21	0		9,0	17,5	não
A-6	j_infancia	-8,728465	##### Jardim Infância de Areia-Arvori	Rua 11	4480-062	Arvore	252 646 167	40	0		7,5	19,0	
A-65	j_infancia	-8,678731	##### EB1 / JI de Gião	Rua da Estrada	4485-176	Giao	229 285 758	55	5		7,5	19,0	sim
A-7	j_infancia	-8,743455	##### Jardim Infância Largo Doutor C	Largo Doutor Ci	4480-712	Vdc	252 644 255	30	4		7,5	19,0	não
A-8	j_infancia	-8,739920	##### Colégio Jardim das Cores	Rua das Mós 31	4480-876	Vdc	252 640 960	150	40		8,0	19,5	sim
A-9	j_infancia	-8,731622	##### Jardim de Infância do Bairro Al	Rua Bairro Alto	4480-889	Vdc	252 643 719	15	0		7,0	18,5	não
B-13	escola_p	-8,662988	##### EB1/JI Casais	Rua da ponte 2	4480-020	Arcos	252 652 361	37	0		7,5	18,5	sim
B-14	escola_p	-8,725359	##### EB1 da Junqueira (Lamelas)	Rua do Sanguin	4480-298	Junqueira	252 652 927	90	0		7,5	19,0	não
B-15	escola_p	-8,716469	##### Escola E B 1 De Touguinha	Rua Dona Laura	4480-509	Touguinha	252 614 836	101	8		7,5	19,0	não
B-16	escola_p	-8,694448	##### EB1 de Rio Mau - Bouço	Rua Central 15	4480-404	Rio Mau	252 651 356	35	2		7,5	19,0	sim
B-168	escola_p	-8,729183	##### CENTRO ESCOLAR DE AREIA	Rua N. Sr.ª de	4480-125	Arvore	252 642 349	150	0		9,0	18,5	não
B-17	escola_p	-8,660556	##### EB1 de Bagunte			Bagunte	252 651 356	66	5		7,5	19,0	não
B-171	escola_p	-8,635872	##### EB1 / JI DE FERREIRO	Lugar da Trinde	4480-250	Ferreiro	252652745	30			9,0	17,0	
B-173	escola_p	-8,643741	##### JI DE PADRÃO	Rua das Escolas	4485-122	Fornelo	967470497	40	0		9,0	17,5	sim
B-174	escola_p	-8,668017	##### EB1 / JI GONÇALO MENDES DA	Rua Gonçalo Me	4440-452	Guilhabreu	229 820 117	55	4		7,5	19,0	sim
B-179	escola_p	-8,716533	##### Agostimna bessa luis	Rua do Outeiro	4485-523	Mindelo	252652035	102	15		7,5	19,0	sim
B-186	escola_p	-8,674085	##### EB1/JI de Real	Rua nº 103	4440-452	ilar de Pinheir	229 284 262	80	0		9,0	17,5	sim
B-19	escola_p	-8,731078	##### EB1/JI de Mindelo - Areia	Rua da Escola	4485-021	Mindelo	252 671 857	55					
B-209	escola_p	-8,661312	##### EB1 de Vilar Bagunte	Rua N. Sra. Fát	4480-231	Bagunte	252 653 199	100	4				
B-21	escola_p	-8,691478	##### EB1/JI de Aveleda	Rua da Igreja n	4485-595	Aveleda	229 284 567	80	9		7,5	18,5	sim

Anexos Erro! A origem da referência não foi encontrada.61

Tabela Resultados do Inquérito (2/3)

B-213	escola_p	-8,645210	#####	EB1 de Outeiro		Outeiro Maior	252 656 115	60	5							
B-23	escola_p	-8,691026	#####	EB1 / JI de Modivas	Rua da Longa	4485-595	Modivas	230 284 414	80	9		9,0	17,5		não	
B-25	escola_p	-8,631855	#####	EB1 de Cruzeiro	Avenida do M.	4480-340	Parada	252 656 115	60	5		9,0	19,5			
B-26	escola_p	-8,747196	#####	EB1 de Vila do Conde Nº 1	Rua D. Nuno Álv	4480-946	Vdc	252643130	27	0	9,0	17,5		sim		
B-28	escola_p	-8,744811	#####	EB1 de Vila do Conde Nº 2 - 1/2	Rua Dr. Antónic	4480-806	Vdc	252 642 661	400	6	9,0	17,5		não		
B-29	escola_p	-8,733310	#####	EB1 de Vila do Conde Nº 4	Bairro Alto,	448 4480-678	Vdc	252 632 244	50	3	9,0	17,5		sim		
B-31	escola_p	-8,727184	#####	EB1 / JI de Vila do Conde Nº 5	Rua Capitão Ca	4480-737	Vdc	252 642 348	50	5	7,5	19,0		não		
B-33	escola_p	-8,745979	#####	EB1 de Vila do Conde Nº 6	Rua dos Bengui.	4480-794	Vdc	252 614 056	125	0	7,5	19,0		não		
B-35	escola_p	-8,735562	#####	EB1/JI da Azurara	Rua Rita C Mari	4480-176	Azurara	252 644 421	80	30	7,5	19,0		não		
B-37	escola_p	-8,756682	#####	EB1/JI de Vila do Conde - Caxin	Avenida Cidade	4440-452	Vdc	252 640 480	60	10	7,5	19,0		arriva		
B-39	escola_p	-8,693223	#####	EB1/JI de Fajozes - Quintã	Rua Bernardino	4485-073	Fajozes	252 662 121	50	4	8,5	18,5		sim		
B-40	escola_p	-8,678310	#####	EB1 de Macieira	R. Ventura Pere	4485-412	lacieira da Mai	252 662 171	120	5	8,0	19,0		não		
B-41	escola_p	-8,661646	#####	EB1 / JI de Malta - Igreja	Largo de Santa	4485-432	Malta	229 280 995	30	15	9,0	17,5		sim		
B-44	escola_p	-8,664689	#####	EB1/JI de Mosteiro	Rua Central 10	4485-620	Mosteiro	229 285 447	35	3	9,0	19,5		sim		
B-46	escola_p	-8,719704	#####	EB1/JI de Retorta - Casal do M	Rua Casal do M	4480-357	Retorta	252 642 399	54	35	8,5	17,5		sim		
B-47	escola_p	-8,702481	#####	EB1 de Tougues - Real	Rua central	4480-480	Tougues	252 662 101	20	10	9,0	17,5		sim		
B-49	escola_p	-8,719553	#####	EB1 de Labruge	Rua dos Quatri	\	Labruge	252 614 836	82	5	7,5	19,0		não		
B-51	escola_p	-8,703412	#####	EB1 de Touguinhó - Monte	Rua do Monte 1	4480-577	Touguinho	252 652 355	30	0	9,0	17,5		não		
B-52	escola_p	-8,667878	#####	EB1 de Vairão	Rua Padre Arm	4485-663	Vairao	252 662 195	50	5	8,0	19,0		sim		
B-54	escola_p	-8,733704	#####	EB1/JI de Vila Chã - Vila-Chã	Rua do Facho 2	4485-717	Vila Cha	229 280 996	20	0	9,0	17,5		sim		
B-56	escola_p	-8,674499	#####	EB1/JI de Vilar - Carrapata	4485-767 Vilar	4485-767	Vilar	229 284 613	70	0	9,0	17,5		sim		
B-58	escola_p	-8,723820	#####	EB1/JI De Igreja - Vila-Chã	Rua das Escolas	4485-864	Vila Cha	229 286 825	36	0	9,0	17,5		não		
B-59	escola_p	-8,637587	#####	EB1 De Guilhabreu - Parada	Rua Fonte da P	4485-288	Guilhabreu	229 820 755	42	2	9,0	17,5		sim		
B-60	escola_p	-8,646309	#####	EB1 de Canidelo - Farihe	4485-060 Canid	4485-060	Canidelo	229 284 591	30	0	9,0	17,5		sim		
B-61	escola_p	-8,642871	#####	EB1 de Fornelo - Padrão	4485-126 Forn	4485-126	Fornelo	252 661 087	37	14	9,0	17,5		não		
B-62	escola_p	-8,729183	#####	Escola Primária de Arvore - Are	Rua Nossa Senh	4480-125	Arvore	252 641 349	35	0	9,0	17,5		não		
B-63	escola_p	-8,720687	#####	Escola Primária de Arvore - Le	Lugar de Lente	4480-056	Arvore	252 641 713	34	0	7,5	19,0		sim		
B-64	escola_p	-8,725209	#####	Escola Primária de Arvore - Lou	Rua do Loureir	4480-119	Arvore	252 646 887	49	15	7,5	19,0		sim		
B-66	escola_p	-8,678731	#####	EB1 / J1 de Gião	Rua da Estrada	4485-176	Giao	229285758 ou	26	3	7,5	19,0		sim		
C-68	escola_23	-8,679529	#####	EB23 A Ribeirinha	Rua do Sol	4485-400	lacieira da Mai	252 660 120	850		8,0	18,0		não		
C-69	escola_23	-8,722656	#####	EB23 D. Pedro IV	Rua da Fonte	4480-489	Mindelo	252 670 020	750		8,0	18,0		não		
C-70	escola_23	-8,748025	#####	EB23 Frei João+ ES REGIO	Alameda Afonso	4480-794	Vdc	252 640 970	3050	182	8,0	18,0		não		
C-74	escola_23	-8,682392	#####	EB23 Carlos Pinto Ferreira	Praça Dr. Carlo	4480-260	Junqueira	252 651 910	600		8,0	18,0		não		
D-73	escola_s	-8,734521	#####	Escola Secundária D. Afonso Sa	Alameda Flâmul	4480-881	Vdc	223 389 350	650		8,0	18,0		não		
E-211	c_saude	-8,732974	#####	Conde Saude	Rua do Pindelo	4480-047	Arvore	224 108 090	40							
E-212	c_saude	-8,663067	#####	Clínica do Outeiro	Travessa de Vil	4480-236	Bagunte	252 652 395	50							
E-75	c_saude	-8,690088	#####	C. de Saúde de Modivas	Rua do Padrão	4485-592	Modivas	229 272 024	200							
E-76	c_saude	-8,720589	#####	C. de Saúde de Modivas (Exten	Rua do Parque,	4485-323	Labruge	229 271 082	300							
E-77	c_saude	-8,662809	#####	C.de Saúde de Modivas (Extens	Largo de Sta. A	4485-432	Malta	229 270 393	250							
E-78	c_saude	-8,748530	#####	C. de Saude de VDC (Santa Clar	Rua Dr. José Sc	4480-807	Vdc	252 299 030	400							
E-80	c_saude	-8,684309	#####	C. de Saude da Junqueira (S. Si	Rua Zeca Pinhe	4480-311	Junqueira	252 622 404	275							
E-81	c_saude	-8,757491	#####	C. de Saude de VCD (Navegante	Av. D. Manuel I	4480-793	Vdc	252 642 203	375							
E-82	c_saude	-8,669771	#####	C. de Saude de Vairão	Largo do Moste	4485-662	Vairao	252 662 514	65							
F-79	hosp	-8,744331	#####	Hosp. Distrital de VCD	Largo Dr. Antór	4480-711	Vdc	252622404	150							
G-11	c_3aidade	-8,717289	#####	C. Social Da Paroquia De Tougu	Rua Padre Joaq	4480-530	Touguinha	252 619 770	45	6	0,0	24,0		sim		
G-132	c_3aidade	-8,684309	#####	Centro social e paroquial da Ju	Rua Zeca Pinhe	4480-311	Junqueira	254 653 370	20	16	7,0	18,5		sim		
G-135	c_3aidade	-8,718669	#####	Centro social e paroquial de Mi	Rua Padre Joaq	4485-568	Mindelo	252 672 909	30	15	9,0	17,0		sim		
G-137	c_3aidade	-8,717363	#####	Centro social e paroquial de To	Rua Padre Joaq	4480-512	Touguinha	252 619 770	35	0	0,0	24,0		sim		
G-140	c_3aidade	-8,759876	#####	Associação de Protecção à Terc	Av. Infante D. I	4440-452	Vdc	252 613 980	30	4	8,5	17,5		sim		
G-147	c_3aidade	-8,740552	#####	Venerável Ordem Terceira de S	Rua da Junquei	4480-659	Azurara	252 624 310	40	20	8,0	19,0		sim		
G-154	c_3aidade	-8,706279	#####	Associação de Solidariedade So	Rua Nova de Ca	4485-094	Fajozes	252 661 374	20							
G-155	c_3aidade	-8,706279	#####	Associação de Solidariedade So	Rua Nova de Ca	4485-094	Fajozes	252 661 374	20							
G-158	c_3aidade	-8,703722	#####	Centro Social e Paroquial de La	Av. Manuel Dio	4485-302	Labruge	229 279 680	20	7	7,5	19,0		não		
G-165	c_3aidade	-8,743987	#####	Santa Casa da Misericórdia de	Rua Rainha D. I	4480-247	Vdc	252 249 100								
G-188	c_3aidade	-8,739836	#####	Lar de Santa Clara	Calçada de S. F	4480-912	Vdc	252 631 477	200	20	9,0	14,0	18,5		sim	
G-189	c_3aidade	-8,738503	#####	Lar de São Antonio	Rua Narciso Fer	4480-912	Vdc	252 631 477	50	0	9,0	14,0	18,5		sim	
G-190	c_3aidade	-8,740585	#####	Lar de São Domingos	Rua das Donas	4480-912	Vdc	252 647 430	24		9,0	14,0	19,5		sim	
G-191	c_3aidade	-8,747268	#####	Lar de São Francisco	largo Dr. Acáci	4480-912	Vdc	252 631 477	270	30	9,0	14,0	18,5		sim	
G-193	c_3aidade	-8,723320	#####	ASS de Vila Cha	Rua Padre Vent	4485-704	Vila Cha	229 260 519	14	2	9,0	18,5		sim		
G-210	c_3aidade	-8,668419	#####	Centro Social Paroquial De I	Rua da Igreja 1	4480-214	Bagunte	229272438	80							
G-83	c_3aidade	-8,670364	#####	Casa da Avó-Hotel Lar da Penh	Rua Casal Pedr	4480-307	Junqueira	252 641 619	65	2						
G-86	c_3aidade	-8,703722	#####	Centro Social Paroquial de Labr	Avenida Manuel	4485-302	Labruge	229 279 680	30	12	9,0	17,5				
G-88	c_3aidade	-8,633124	#####	Maria C P Eiras Ribeiro	Rua Mocha 450	4480-250	Ferreiro	252 651 660	50	4	9,0	19,0				
G-89	c_3aidade	-8,726818	#####	Lar de Terceira Idade o Pinhal	Rua Guine 32	4485-307	Labruge	229 279 770	42		0,0	24,0		sim		
G-90	c_3aidade	-8,742742	#####	Conferencias Femininas São Vi	Rua Lidador 19	4480-791	Vdc	252 642 025	100		7,5	19,0		não		
G-91	c_3aidade	-8,697539	#####	Idade Maiúscula Lar de Acolhim	Rua do Lomb	4480-439	Rio Mau	252 651 841	40		0,0	24,0		sim		
G-92	c_3aidade	-8,732194	#####	Congregação do Sagrado Jesus	Avenida Corone	4480-051	Vdc	252 291 751	40	0	7,5	19,0		sim		
G-93	c_3aidade	-8,737137	#####	Irmandade da Santa Casa da Mi	R. Dr. Américo	4480-166	Azurara	252 684 123	300		0,0	24,0		sim		
I-71	e_sup	-8,670246	#####	Pólo da FCUP	Rua Padre Arm	4485-661	Vairao	252 660 400	800					arriva		
I-72	e_sup	-8,741611	#####	ESEIG	Rua D. Sancho I	4480-876	Vdc	252 291 700	1200					metro + arriva		
J-100	j_freguesia	-8,691051	#####	J. de Freguesia Aveleda	Rua da Igreja 1	4485-021	Aveleda	229 289 304	15							
J-101	j_freguesia	-8,662988	#####	J. de Freguesia Malta	Largo de Santa	4485-432	Malta	229 284 767	35							
J-102	j_freguesia	-8,690699	#####	J. de Freguesia Modivas	Rua do Padrão	4485-591	Modivas	229 271 200	25							
J-103	j_freguesia	-8,725209	#####	J. de Freguesia Arvore	Rua do Loureir	4480-119	Arvore	252 641 375	60	5	9,0	17,5				
J-104	j_freguesia	-8,715290	#####	J. de Freguesia Mindelo	Rua 25 de Abril	4485-479	Mindelo	252 672 128	10							
J-105	j_freguesia	-8,641311	#####	J. de Freguesia Canidelo	Rua 25 de Abril	4480-722	Canidelo	229 286 244	6							
J-106	j_freguesia	-8,640382	#####	J. de Freguesia Guilhabreu	R. da Igreja, 22	4485-242	Guilhabreu	229 820 115	12							
J-107	j_freguesia	-8,666775	#####	J. de Freguesia Vilar de Pinheir	Rua Adário Gon	4485-826	flar de Pinheir	229 286 174	55							
J-108	j_freguesia	-8,704621	#####	J. de Freguesia Touguinhó	Av. da Igreja 11	4480-491	Touguinho	252 653 066	10							
J-109	j_freguesia	-8,683753	#####	J. de Freguesia Rio Mau	4480-429 RIO N	4480-429	Rio Mau	252 652 660	40							
J-110	j_freguesia	-8,679808	#####	J. de Freguesia Arcos	Rua Ponte 29	4480-020	Arcos	252 652 997	2							
J-111	j_freguesia	-8,668769	#####	J. de Freguesia Mosteiró	Largo António J	4485-931	Mosteiro	229 284 937	3							
J-112	j_freguesia	-8,679469	#####	J. de Freguesia Vilar	Rua Albino Mori	4485-767	Vilar	229 289 915	25							
J-113	j_freguesia	-8,673137	#####	J. de Freguesia Gião	Rua Igreja 247	4485-178	Giao	229 285 602	20							
J-114	j_freguesia	-8,718434	#####	J. de Freguesia Labruge	Rua de Labruge	4485-301	Labruge	229 260 090	20							

Tabela Resultados do Inquérito (3/3)

J-115	j_freguesia	-8,645026	#####	J. de Freguesia Outeiro Maior	Rua Aldeia 417	4480-330	Outeiro Maior	252 653 099	3										
J-116	j_freguesia	-8,718836	#####	J. de Freguesia Retorta	Avenida Manuel	4480-369	Retorta	252 633 970	4										
J-117	j_freguesia	-8,723582	#####	J. de Freguesia Bagunte	Rua Igreja 98	4480-214	Bagunte	252 652 107	25										
J-118	j_freguesia	-8,748254	#####	J. de Freguesia VDC	Rua Dr. Pereira	4480-813	Vdc	252 631 694	95										
J-119	j_freguesia	-8,669867	#####	J. de Freguesia VCD - del. Caxi	Av. D. António	4480-998	Vdc	252 624 106	70										
J-120	j_freguesia	-8,631357	#####	J. de Freguesia Parada	Avenida Monte	4480-340	Parada	252 657 635	2										
J-121	j_freguesia	-8,631505	#####	J. de Freguesia Ferreiro	Rua da Trindade	4480-250	Ferreiro	933 328 003	3										
J-122	j_freguesia	-8,645887	#####	J. de Freguesia Fornelo	Rua dos Sobreiros	4485-138	Fornelo	252 661 977	10										
J-123	j_freguesia	-8,669493	#####	J. de Freguesia Vairão	Largo do Mosteiro	4485-687	Vairão	252 662 735	2										
J-124	j_freguesia	-8,662712	#####	J. de Freguesia Macieira da Maia	Rua do Comendador	4485-403	Macieira da Maia	252 661 282	50										
J-94	j_freguesia	-8,736346	#####	J. de Freguesia Azurara	R. N.ª Senhora	4480-171	Azurara	252 633 930	6										
J-95	j_freguesia	-8,695557	#####	J. de Freguesia Fajozes	Largo Souto da	4485-092	Fajozes	252 662 941	2										
J-96	j_freguesia	-8,682812	#####	J. de Freguesia Junqueira	Rua de Lamelas	4480-286	Junqueira	252 651 627	150										
J-97	j_freguesia	-8,716366	#####	J. de Freguesia Touguinha	Rua Rui da Silva	4480-513	Touguinha	252 616 485											
J-98	j_freguesia	-8,699313	#####	J. de Freguesia Tougues	Rua das Cortinas	4480-480	Tougues	252 662 371	5										
J-99	j_freguesia	-8,722537	#####	J. de Freguesia Vila Chã	Rua da Lavandaria	4485-704	Vila Chã	229 285 607	20										
K-125	empresa	-8,729142	#####	AGAL Materiais de Construção	Rua da Lapa 15	4480-757	Vdc	252 631 145	30	0		9,0	18,0				não		
K-126	empresa	-8,739937	#####	Made 2 Wear Lda	Rua Lapa 142	4480-757	Vdc	252 248 190	7	0		9,0	18,0				não		
K-127	empresa	-8,738579	#####	Coop. Agrícola de Vila do Conde	Rua Lapa 293	4480-757	Vdc	252 240 400	80	0		9,0	18,0				não		
K-128	empresa	-8,734118	#####	Domingos Faria Gonçalves, Lda	Rua Lapa	4480-757	Vdc	252 644 017	30	0		9,0	18,0				não		
K-129	empresa	-8,734118	#####	Alberto Santos & Filhos, Lda	Rua Lapa	4480-757	Vdc	252 631 643	20	0		9,0	18,0				não		
K-194	empresa	-8,719211	#####	Lourinho Conservas de Carril	4480-620	Arvore	Arvore	252 248 880	50	0		9,0	18,0				não		
K-195	empresa	-8,667233	#####	Lucio da S. Azevedo & filho	Rua José Martim	4440-452	Filhar de Pinheiro	220 028 261	280	20		9,0	18,5				sim		
K-196	empresa	-8,633224	#####	Antonio da Silva Campos	Rua Senhora do	4440-452	Guilhabreu	229 871 230	160	0		9,0	18,0				não		
K-197	empresa	-8,741612	#####	Indaqua	Praça José Régio	4480-791	Vdc	252 644 443	15	0		9,0	18,0				sim		
K-198	empresa	-8,737529	#####	Imperial	Rua Sant'Ana 1	4480-186	Azurara	252 240 360	200	10		9,0	18,0				sim		
K-199	empresa	-8,722115	#####	Frigocon-Indústria de Frio	Rua Calçadas de	4480-757	Touguinha	252 640 140	160	2		8,0	17,5				sim		
K-200	empresa	-8,700983	#####	Construcoes Maia & Maia	Rua José R. Mai	4440-452	Arvore	252 642 836	6	1		9,0	18,0				sim		
K-201	empresa	-8,715734	#####	Marjos	4480-627	Arvore	Arvore	252 240 750	40	5		8,5	20,0						
K-202	empresa	-8,677172	#####	Cardoso & Maia	Rua 25 Abril	4485-172	Giao	229 272 066	16	2		9,0	18,0						
K-203	empresa	-8,694639	#####	Eldemiro Rodriguez	Rua Bairro 227	4440-452	Aveleda	229 998 130	9	0		9,0	18,0						
K-205	empresa	-8,739993	#####	Orcopocom	Rua das Mós 20	4490-240	Vdc	252 299 070	8	0		9,0	18,0						
L-204	comercio	-8,740262	#####	Continente	Rua dos Balazeiros	4480-876	Vdc	N											
L-206	comercio	-8,623925	#####	Factory Outlet	Avenida Fonte	4440-452	Modivas	229 289 959											
L-207	comercio	-8,741905	#####	Feira semanal	Praça de S. João	4480-754	Vdc	N											
L-208	comercio	-8,742246	#####	Mercado Municipal	Rua 25 de Abril	4480-754	Vdc		500										
M-131	atl	-8,684309	#####	Centro social e paroquial da Ju	Rua Zeca Pinheiro	4480-311	Junqueira	253 653 370	50			7,0	19,5				sim		
M-139	atl	-8,759876	#####	Associação de Protecção à Ter	Av. Infante D. I	4440-452	Vdc	252 613 980	120	13		7,5	19,0				sim		
M-143	atl	-8,754975	#####	Centro social e paroquial de Ca	Av. D. António	4440-452	Vdc	252 612 425	100	9		7,5	19,0				não		
M-150	atl	-8,725209	#####	Centro Social Cultural e Recreat	Rua do Loureiro	4480-119	Arvore	252 632 745	350	0		9,0	17,5				sim		
M-152	atl	-8,706279	#####	Associação de Solidariedade So	Rua Nova de Ca	4485-094	Fajozes	252 661 374	30			7,5	19,5						
M-157	atl	-8,703722	#####	Centro Social e Paroquial de La	Av. Manuel Dias	4485-302	Labruge	229 279 680	20	5		7,5	19,0				não		
M-161	atl	-8,677562	#####	Centro social em Macieira da Ma	Rua de S. Salva	4485-412	Macieira da Maia	252 662 612	55	6		7,0	19,0				sim		
M-164	atl	-8,743987	#####	Santa Casa da Misericórdia de	Rua Rainha D. I	4480-247	Vdc	252 249 100											
M-187	atl	-8,757561	#####	A.S.S. - Novas Marés	Av. D. António	4440-452	Vdc	252 626 035	39	0		7,5	19,0				não		
M-2	atl	-8,744099	#####	Instituto São José	Rua Comendador	4480-807	Vdc	252 631 129	160	18		7,5	19,0				escola		
M-84	atl	-8,703722	#####	Centro Social Paroquial de Labr	Avenida Manuel	4485-302	Labruge	229 279 680	58	25		8,0	19,5				sim		
M-87	atl	-8,644047	#####	Hora de Aprender	Rua Pintor Júlio	4485-265	Guilhabreu	252 652 660	50	0		9,0	19,5				sim		
N-133	sad	-8,684309	#####	Centro social e paroquial da Ju	Rua Zeca Pinheiro	4480-311	Junqueira	255 653 370	25			7,0	18,5				sim		
N-136	sad	-8,718669	#####	Centro social e paroquial de Mi	Rua Padre João	4485-568	Mindelo	252 672 909	60	8		9,0	20,0				não		
N-141	sad	-8,759876	#####	Associação de Protecção à Ter	Av. Infante D. I	4440-452	Vdc	252 613 980	40	0		8,5	17,5				sim		
N-148	sad	-8,740552	#####	Venerável Ordem Terceira de S	Rua da Junqueira	4480-659	Azurara	252 624 310	35	0		8,0	19,0				sim		
N-153	sad	-8,706279	#####	Associação de Solidariedade So	Rua Nova de Ca	4485-094	Fajozes	252 661 374	60										
N-159	sad	-8,703722	#####	Centro Social e Paroquial de La	Av. Manuel Dias	4485-302	Labruge	229 279 680	20	8		7,5	19,0				não		
N-162	sad	-8,677562	#####	Centro social em Macieira da Ma	Rua de S. Salva	4485-412	Macieira da Maia	252 662 612	25	0		7,0	19,0				não		
N-166	sad	-8,743987	#####	Santa Casa da Misericórdia de	Rua Rainha D. I	4480-247	Vdc	252 249 100											
N-192	sad	-8,674832	#####	ASS de Mosteiro	Rua do Movimento	4485-365	Mosteiro	229 271 106											
N-85	sad	-8,703722	#####	Centro Social Paroquial de Labr	Avenida Manuel	4485-302	Labruge	229 279 680	27	0		8,0	19,5				não		

Tabelas das Simulações

A11

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
47	115	234	5000	239
47	150	199	5000	245
45	126	223	5000	251
46	74	259	5000	286
47	156	178	5000	204

A12

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
45	65	284	4000	183
49	117	232	4000	190
50	71	278	4000	190
46	113	236	4000	191
47	96	253	4000	190

A13

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
46	349	0	5000	284
46	349	0	5000	270
43	349	0	5000	273
44	349	0	5000	259
44	349	0	5000	256

A15

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
46,54	349	0	5000	265
44,485	349	0	5000	252
46,879	349	0	5000	262
43,604	349	0	5000	268
44,706	349	0	5000	265

B13

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
42	349	0	5000	218
44	349	0	5000	233
44	349	0	5000	232
42	349	0	5000	246
42	349	0	5000	224

C13

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
42	349	0	4000	207
45	349	0	5000	218
44	349	0	5000	216
44	349	0	5000	213
44	349	0	4000	219

D13

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
40	349	0	5000	211
41	349	0	5000	202
41	349	0	5000	231
42	349	0	5000	201
38	349	0	5000	193

A13-sj

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
47	349	0	5000	227
46	349	0	5000	242
47	349	0	5000	249
43	349	0	5000	232
46	349	0	5000	238

A13-sma

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
47	349	0	5000	238
45	349	0	5000	261
43	349	0	5000	264
45	349	0	5000	262
45	349	0	5000	256

A13-smi

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
46	349	0	5000	261
43	349	0	5000	237
44	349	0	5000	238
46	349	0	5000	239
45	349	0	5000	244

A41

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
49	225	0	4000	137
50	225	0	4000	135
45	225	0	3000	219
43	225	0	3000	218
47	225	0	4000	177

A42

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
47	225	0	3000	202
50	225	0	4000	135
45	225	0	3000	220
48	225	0	4000	247
45	225	0	4000	231

A43

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
47	224	1	3000	229
50	221	4	3000	222
44	223	2	3000	209
53	219	6	3000	231

B42

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
48	225	0	3000	207
42	225	0	3000	213
45	225	0	3000	203
45	225	0	4000	144
46	225	0	4000	121

C42

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
47	225	0	3000	210
42	225	0	3000	209
47	225	0	3000	221
51	225	0	3000	229
48	225	0	3000	211

D42

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
43	225	0	3000	203
43	225	0	3000	198
42	225	0	3000	198
43	225	0	3000	204
40	225	0	3000	179

A42-sj

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
47	225	0	4000	141
47	225	0	4000	202
48	225	0	3000	236
51	225	0	4000	261
47	225	0	4000	219

A42-sma

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
46	225	0	4000	220
46	225	0	4000	211
49	225	0	4000	231
42	225	0	4000	238
44	225	0	4000	233

A42-smi

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
49	225	0	3000	230
50	225	0	3000	222
44	225	0	3000	218
45	225	0	3000	221
49	225	0	3000	224

A21

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
49	275	0	4000	275
48	275	0	4000	283
51	275	0	4000	300
49	275	0	4000	295

B21

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
46	275	0	4000	276
45	275	0	4000	257
49	275	0	4000	257
45	275	0	4000	228
44	275	0	3000	232

C21

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
47	275	0	3000	222
50	275	0	3000	232
50	275	0	3000	248
44	275	0	3000	232
48	275	0	3000	234

D21

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfie d requests	Fixed Costs	Variable Costs
44	275	0	4000	124
45	275	0	4000	112
42	275	0	4000	223
44	275	0	4000	115
44	275	0	3000	229

A31

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfie d requests	Fixed Costs	Variable Costs
51	59	116	3000	136
44	47	128	3000	129
49	39	136	3000	138
48	49	126	3000	136
46	56	119	3000	134

B31

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
46	46	129	3000	130
41	46	129	3000	130
45	45	130	3000	130
40	80	95	3000	131
43	54	121	3000	130

C31

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
44	147	28	3000	124
43	81	94	3000	126
44	61	114	3000	125
43	58	117	3000	120
44	87	88	3000	124

C31

Atraso	Number	Number		
médio (min.)	of	of	Fixed	Variable
medio	satisfied	unsatisfied	Costs	Costs
	requests	requests		
44	147	28	3000	124
43	81	94	3000	126
44	61	114	3000	125
43	58	117	3000	120
44	87	88	3000	124

D31

Atraso	Number	Number		
médio (min.)	of	of	Fixed	Variable
medio	satisfied	unsatisfied	Costs	Costs
	requests	requests		
38	77	98	3000	121
45	166	9	3000	117
44	97	78	3000	121
39	82	93	3000	118
42	106	70	3000	119

A2

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
50	225	0	4000	185
48	225	0	3000	233
46	225	0	4000	236
48	225	0	3000	231
48	225	0	3000	231

A2

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
50	225	0	4000	185
48	225	0	3000	233
46	225	0	4000	236
48	225	0	3000	231
48	225	0	3000	231

A3

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
28	107	68	5000	109
28	52	123	5000	93
29	10	70	5000	131
27	70	105	5000	106
24	93	82	5000	132

A4

Atraso médio (min.) medio	Number of satisfied requests	Number of unsatisfied requests	Fixed Costs	Variable Costs
28	139	86	5000	114
26	149	76	5000	129
28	119	106	5000	117
28	92	133	5000	143
30	108	117	5000	134