

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Visualização localizada de informação em transportes públicos: uma solução para publicação em tempo real

Rui Pedro Barroso Pereira

Relatório de Projecto

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador: António Augusto Sousa (Professor)

Julho de 2009

Visualização localizada de informação em transportes públicos: uma solução para publicação em tempo real

Rui Pedro Barroso Pereira

Relatório de Projecto
Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Jaime dos Santos Cardoso (Professor)

Arguente: Ana Paula Boler Cláudio (Professora)

Vogal: António Augusto Sousa (Professor)

13 de Julho de 2009

Abstract

In the last years it took place a considerable growth in public transportation services offer. This growth is visible in quantity as much as in quality. Following this development, it will be crucial to create new interfaces which are able to inform the users of the existing services.

The purpose of these interfaces is to represent the information in real time. This type of information would be: waiting times, lines identification, destinations, routes, intermodality, etc. However the aim of these interfaces are not to be a final product but rather a proof of concept able to bring something new in the visualization of the information and public transportation fields through elements that improve the level of introspection of knowledge.

In order to proceed with the construction of interfaces it was necessary to acquire knowledge of the place where the prototype is going to be installed as well as to study the transportation system that operates in that area.

After gathering this information, three prototypes were built, having different elements of representation that use focusing and context techniques and suitable windows.

The surveys that were done allowed to evaluate and validate the prototypes considering aspects of their usability, response time, knowledge and user's perception. These answers allowed to improve and adapt solutions which best fit to the needs of the users.

The acquired information allowed to plan and develop a dynamic architecture, able to store all the information and to give a structure to the system in order to fulfill the needs of the prototype. During the process of building the prototype, it was done a careful research of the existing technologies in order to provide to the project the most suitable one.

The proposed system was implemented successfully and tested from a simulator, able to reproduce values of waiting time of vehicles, most closest possible to reality.

Resumo

Nos últimos anos, assistiu-se a um grande crescimento na oferta de serviços de transportes públicos. Este crescimento traduz-se tanto na quantidade, como na qualidade. Urge a necessidade de criar novas interfaces capazes de informar os utilizadores dos serviços existentes.

Estas interfaces têm como objectivo de representar informação em tempo real, sendo essa informação: tempos de espera, identificação de linhas, destinos, percursos, intermodalidade, etc. No entanto, estas interfaces não têm como objectivo ser um produto final, mas sim uma prova de conceito, capaz de introduzir algo de novo, no campo da visualização da informação e transportes público, através de elementos que melhorem o nível da introspecção do conhecimento.

Para proceder à construção destas interfaces foi necessário adquirir conhecimento do local onde se vai colocar o protótipo, sendo importante estudar todos os transportes que afluem nessa mesma localidade.

Após a recolha dessa informação foram construídos três protótipos, compostos por vários elementos de representação, que utilizam técnicas de focagem e contexto e janelas adequadas.

Os inquéritos efectuados permitiram avaliar e validar os protótipos, tendo sempre em vista aspectos da usabilidade, tempos de resposta, conhecimento e percepção do utilizador. Estas respostas permitiram melhorar e adaptar as soluções às necessidades do utilizador.

A informação adquirida, permitiu planear e desenvolver uma arquitectura dinâmica capaz de armazenar toda a informação e estruturar o sistema, para responder às necessidades inerentes do protótipo. Um estudo cuidadoso das tecnologias facultou a abordagem de todos os aspectos relevantes, na construção do protótipo, que após uma avaliação das mesmas, foi seleccionada a tecnologia que mais se adequa ao projecto.

O sistema proposto foi implementado com sucesso e testado a partir de um simulador, capaz de reproduzir valores de tempos de espera de viaturas, aproximando o mais possível da realidade.

Agradecimentos

Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram e apoiaram amavelmente na realização deste trabalho:

- À OPT (Optimização e Planeamento de Transportes, S.A.) por me ter disponibilizado todos os recursos para o desenvolvimento do projecto.
- Ao Professor António Augusto Sousa pela orientação do trabalho.
- Ao Eng. Luís Ferreira, Dr. João Marques, Eng. José Pacheco e André Meneses pelo apoio e orientação dentro da empresa.
- À Professora Teresa Galvão pelas sugestões apresentadas para o melhoramento do projecto.
- Ao grupo VMT (Mailing List), o qual sempre me apoiou nas dúvidas existentes.
- À minha Mãe, ao Miguel e à Fátima pela paciência, amor e apoio durante todo o projecto.
- Ao meu Pai que embora não esteja presente fisicamente, permanece eternizado na minha mente.

Rui Pedro Barroso Pereira

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Contexto.....	1
1.2	Projecto.....	2
1.3	Motivação e Objectivos.....	3
1.4	Estrutura da Dissertação.....	4
2	Visualização da Informação.....	5
2.1	Descrição.....	5
2.2	Processo de Visualização da Informação.....	8
2.3	Focagem + Contexto.....	10
2.3.1	Conceito Fisheye.....	10
2.4	Representação de Informação.....	15
2.4.1	Tipos de Representação de Informação.....	16
2.4.2	Janelas.....	18
2.4.3	Elementos de Representação.....	23
2.5	Resumo.....	28
3	Revisão da Tecnologia.....	31
3.1	Microsoft .NET Framework.....	31
3.1.1	Windows Presentation Foundation.....	32
3.1.2	Silverlight.....	34
3.1.3	XAML.....	34
3.2	Adobe Flex Framework.....	34
3.2.1	Action Script.....	35
3.2.2	MXML.....	36
3.3	Justificação da Tecnologia.....	36
3.4	Resumo.....	38
4	Quadro Informativo.....	41
4.1	Descrição do Problema.....	41
4.2	Análise da Zona.....	43
4.3	Análise de Soluções Possíveis.....	45
4.3.1	Protótipo Tabela Temporal.....	46
4.3.2	Protótipo Barras Temporais.....	47
4.3.3	Protótipo Radial Temporal.....	48
4.3.4	Protótipo Mapa de Destinos.....	49
4.3.5	Protótipo Mapa de Paragens.....	51
4.3.6	Protótipo Tabela de Destinos.....	51
4.3.7	Combinações de Protótipos.....	52
4.4	Avaliação dos Protótipos.....	55
4.5	Resumo.....	61

5	Arquitectura	63
5.1	Arquitectura Física.....	65
5.2	Modelo de dados do Simulador	66
5.3	Modelo de dados do Protótipo	69
5.4	Resumo	72
6	Implementação	73
6.1	Threads	74
6.2	Simulador.....	75
6.3	Web Server	77
6.4	Protótipo	77
6.4.1	Tabela Temporal.....	79
6.4.2	Mapa de Paragens.....	80
6.4.3	Mapa Radial.....	80
6.5	Resumo	84
7	Avaliação e Testes.....	85
7.1	Usabilidade	85
7.1.1	Tabela Temporal.....	85
7.1.2	Mapa Radial.....	86
7.2	Testes de Carga e Desempenho	87
7.3	Testes de Casos do Simulador	89
7.3.1	Viaturas Sobrepostas	89
7.3.2	Ausência de Viaturas na Linha	90
7.3.3	Caso Normal	90
7.4	Resumo	91
8	Conclusões e Trabalho Futuro	93
8.1	Satisfação dos Objectivos	93
8.2	Trabalho Futuro	94
8.2.1	Implementação dos restantes Protótipos.....	94
8.2.2	Integração com o sistema real de previsão de tempos das viaturas	95
A	Inquérito.....	101
A.1	Estrutura e Perguntas	101
B	Prototipagem.....	105
B.1	Mapas Temporais	106
B.2	Mapas de Destinos.....	109
B.3	Mapa Esquemático das Viaturas.....	111

Lista de Figuras

Figura 1 - O uso de ajudas externas aumenta a habilidade de multiplicação [Card'99].	7
Figura 2 - Modelo de Referência da Visualização de Maletic et al.	8
Figura 3 - Processo de Visualização de Santos e Brodlie	9
Figura 4 - A New Yorker's View of the World	11
Figura 5- Várias visualizações de mapas cartesianos após várias transformações pelo modelo de Sarkar et al.	12
Figura 6 – A técnica da focagem Table Lens [Rao'94].	14
Figura 7- A ideia básica de SDOF: Aplicando DOF individualmente a cada objecto dependendo da sua semântica [R. Kosara'01].	15
Figura 8 – Representação Gráfica de o Histórico de Furacões da NBC [NBC'09].	16
Figura 9 – Janela de Vista Única [Plaisant'95].	19
Figura 10 - As três variações das Janelas de Vista Única com Zoom [Plaisant'95].	20
Figura 11- Três exemplos de Janelas de Vista de Pares [Plaisant'95].	20
Figura 12- Especificação de três níveis de detalhe. Visão Geral, intermédio e detalhe [Plaisant'95].	21
Figura 13- Especificação de zooming com janelas sobrepostas [Plaisant'95].	22
Figura 14 – Mapa do Atlas da Mortalidade de Cancro nos Estados Unidos Da América (1950-1969) [Tuft'e'01].	25
Figura 15 – Horário de Paris até Lyon de 1880. Método inventado por um Francês Engenheiro Ibry [Tuft'e'01].	26
Figura 16- Perdas sofridas pelo exército de Napoleão na campanha contra Rússia em 1812. Charles Joseph Minard. [Tuft'e'01]	27
Figura 17 – Gráfico distinguido por representar múltiplas variáveis por Playfair [Tuft'e'01].	28
Figura 18- Modelo de Arquitectura da Framework .NET, retirado em [Wikipedia'07a].	32
Figura 19- Arquitectura do Windows Presentation Foundation, retirado em [Wikipedia'07b] ..	33
Figura 20 – Visão Geral do Processo de desenvolvimento de uma aplicação Flex, retirada em [AdobeFlex'09]	35
Figura 21 – Mapa representativo dos principais pontos notáveis das linhas da zona da Asprela	45
Figura 22- Tabela de Informação Temporal	46
Figura 23 – Protótipo de Barras Temporais	47
Figura 24 – Protótipo Radial Temporal	49
Figura 25 – Mapa de Destinos das linhas do Hospital de S. João	50
Figura 26- Mapa de Paragens do Hospital S. João	51
Figura 27 – Tabela de Destinos da zona da Asprela	52
Figura 28- Protótipo Radial Combinado com o Mapa de Paragens e Tabela Temporal	54
Figura 29- Mapa de Destinos com a Tabela de Destinos	55
Figura 30 – Idade dos Inquiridos	56
Figura 31- Habilitações Literárias agregadas dos Inquiridos	56
Figura 32 – Gráfico das Resposta à pergunta: Quantos minutos necessita a próxima viatura com destino a Matosinhos para chegar ao Hospital de S. João?	57

Figura 33 - Gráfico das Resposta à pergunta: Na linha 603, quantos minutos necessita a segunda viatura para chegar ao Hospital de S. João?.....	58
Figura 34- Gráfico das respostas à pergunta: Qual o tempo de espera da próxima viatura da linha 603 com destino a Maia Zoo?	59
Figura 35- Gráfico das respostas à pergunta: Qual o tempo de espera para a segunda viatura da linha 68?.....	59
Figura 36- Gráfico das respostas à pergunta: Se o quadrado com o número 301 no Mapa de Paragens estiver a piscar qual é o significado?	60
Figura 37- Gráfico das respostas à pergunta: Quais as linhas que podem levar a Ermesinde?... ..	61
Figura 38- Visão Global do Sistema do Quadro Informativo	64
Figura 39 – Arquitectura Física do Quadro Informativo.....	66
Figura 40 – Modelo de Dados do Simulador	67
Figura 41 – Modelo de dados do Protótipo	69
Figura 42- Estrutura dos ficheiros XAML do Protótipo	73
Figura 43- Diagrama de Fluxo do processo de geração de viaturas.....	75
Figura 44- Interface do Simulador	76
Figura 45 – Técnica de posicionamento e tamanho de um contentor	78
Figura 46 – Estrutura da Tabela Temporal	79
Figura 47 – Várias representações possíveis de acontecer no Mapa Radial. A figura na esquerda e central são elipses. A figura à direita é um círculo.....	81
Figura 48- Escala representada por vários círculos.....	82
Figura 49- Representação das viaturas no Protótipo Radial	83
Figura 50- Tabela Temporal com três páginas.....	86
Figura 51 – Mapa Radial com o número máximo de linhas aceitável.	87
Figura 52- Mapa Radial com 100 linhas dispostas.	88
Figura 53- Mapa Radial com sobreposição de viaturas	89
Figura 54 – Mapa Radial sem viaturas.....	90
Figura 55- Mapa Radial com acontecimentos normais das linhas e viaturas.....	91
Figura 56 – Primeiro Protótipo Temporal da zona da Asprela.....	106
Figura 57- Mapa Radial Temporal com Tabela Temporal e Mapa de Paragens.....	107
Figura 58 - Mapa de Barras Temporais.....	108
Figura 59- Primeiro Mapa de Destinos	109
Figura 60 – Mapa de Destinos com Lupa	110
Figura 61- Mapa Esquemático da Viaturas	111

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Tabela de Comparação de Tecnologias.....	37
Tabela 2 - Tabela com os resultados das tecnologias analisadas	38
Tabela 3 - Tabela Informativa dos autocarros da STCP no Hospital de S. João.....	44
Tabela 4 – Tabela dos atributos da Classe Simulator.....	67
Tabela 5- Tabela dos atributos da Classe Zone.....	68
Tabela 6 - Tabela dos atributos da Classe Line.....	68
Tabela 7- Tabela dos atributos da Classe Frequence	68
Tabela 8 – Tabela dos atributos da Classe BusPass	68
Tabela 9 – Tabela dos atributos da Classe QuadInfo	69
Tabela 10 - Tabela dos atributos da Classe Provider	70
Tabela 11 – Tabela dos atributos da Classe Line	70
Tabela 12 – Tabela dos atributos da Classe BusPass	70
Tabela 13 – Tabela dos atributos da Classe LineSegment	71
Tabela 14 - Tabela dos atributos da Classe Track.....	71
Tabela 15 – Tabela dos atributos da Classe MapPoint.....	71
Tabela 16 - Criação de linha no Mapa Radial	88

Capítulo 1

Introdução

Esta secção apresenta sucintamente a descrição, o contexto, os objectivos do projecto e a estrutura global do documento.

1.1 Contexto

O Projecto apresentado visa a implementação de uma interface cujo tema aborda duas áreas muito vastas:

- Visualização da Informação.
- Transportes Públicos.

A visualização da informação está presente em quase tudo o que nos rodeia. Os monitores estão presentes nos carros, casas, espaços públicos, computadores e até mesmo em casas de banhos públicas. Os *outdoors* encontram-se dispersos por vários locais, principalmente em sítios que, por vezes nos surpreendem, numa tentativa de que a informação chegue mais facilmente ao público.

É necessário compreender que se vive numa era cada vez mais dependente da informação, em que a qualidade e a rapidez determinam a sobrevivência de muitas empresas ou pessoas.

Com estes pressupostos, é necessário ter, cada vez mais atenção a questões, que outrora não eram tão importantes e que hoje em dia, são fundamentais.

Sendo de referir:

- Porque é que a visualização é necessária?
- Quem irá visualizar?
- Qual a informação a representar?

- Como representar?
- Onde representar a visualização?

Todos estes aspectos são importantes na representação da informação e cada vez é mais necessário proceder a uma investigação mais aprofundada sobre o assunto, para conseguir chegar ao público alvo.

A visualização da informação relativamente aos transportes públicos é um grande desafio, sendo uma área em que as principais empresas do ramo de transportes mais investem. A representação da complexidade da informação dos transportes públicos envolve, muitas vezes, apresentação de mapas dos percursos das linhas, tabelas com informação dos horários, intermodalidade e grande quantidade de informação relativamente aos transportes. Contudo, construir interfaces com estas estruturas capazes de agradar a um grande leque de utilizadores não é tarefa fácil, sendo essa a pedra de toque principal deste projecto.

Além deste objectivo principal é necessária a investigação de soluções inovadoras no ramo dos transportes, com intuito de revolucionar a visualização da informação nesta área.

1.2 Projecto

O projecto é o culminar de um desenvolvimento ao longo do semestre, com o objectivo de produzir uma interface capaz de apresentar informação relativa aos transportes públicos.

Este trabalho tem como objectivo revolucionar a forma de apresentação da informação, focando vários temas, tais como: a visualização da informação, apresentação de tempos de espera das viaturas, percursos e destinos dos transportes públicos.

É de referir também que este projecto foi desenvolvido durante dezoito semanas na empresa Optimização e Planeamento de Transportes, sediada na cidade do Porto.

Esta empresa tornou-se pioneira em Portugal no desenvolvimento de aplicações informáticas, consultadoria e projectos de investigação e desenvolvimento, na área do planeamento operacional de transportes colectivos, em particular, soluções avançadas para gestão e optimização de sistemas de transportes.

Este projecto envolve investigar a visualização da informação, assim como o processo do mesmo; técnicas de representação de informação que mais se adequam ao tema e estruturas ou modelos capazes de apresentar a informação com coerência e eficiência.

A investigação de temas relevantes como simuladores permitiu o rápido desenvolvimento das interfaces, recorrendo a testes específicos para o tratamento dos casos.

Os inquéritos permitiram uma opinião global sobre os protótipos conceptualizados e melhoramento dos mesmos. Funcionando como testes de validação e usabilidade foram

desenvolvidos no âmbito do melhoramento dos protótipos, tendo como objectivo a satisfação dos utilizadores dos transportes públicos.

O resultado do projecto traduziu-se numa interface apoiada por um *Web Server*, cuja funcionalidade é filtrar e distribuir informação importante para o cliente. O simulador também foi uma peça muito importante no desenvolvimento, pois permitiu uma construção gradual da interface recorrendo a testes unitários.

Este é um projecto completamente novo e não faz parte de nenhum existente. No entanto, é necessário compreender que este trabalho visa provar um conceito, não tendo como objectivo ser um produto final. Também é de referir que a arquitectura do projecto permite a expansão para outros elementos de representação, capaz de melhorar o produto.

Concluindo, é de notar que os protótipos construídos se inserem na área da informação ao público, sendo necessário um constante *feedback* por parte de todos inseridos no projecto e, principalmente por parte dos utilizadores de transportes público.

Este projecto é um importante passo na introdução de estruturas de apresentação mais inovadoras ao público, contrariamente às estruturas mais convencionais existentes nas empresas de transportes públicos.

1.3 Motivação e Objectivos

Nos últimos anos, o desenvolvimento dos transportes públicos deu-se tanto na qualidade como na quantidade dos serviços, existindo uma maior necessidade, por parte dos utilizadores, de uma informação mais precisa relativamente a horários, linhas, destinos e tempos de paragem.

Nos dias de hoje, com a rápida mobilidade dos transportes públicos, o tempo entre as distâncias torna-se cada vez mais curto, mas também aumenta a responsabilidade das empresas do ramo, em oferecer um serviço que corresponda às necessidades dos clientes.

Evidencia-se a necessidade de dar a conhecer aos utilizadores uma informação mais precisa e dinâmica, pelo que é urgente dispor de informação eficaz, clara e em tempo real para que os utilizadores disponham de um mínimo de tempo de consulta, para tomar as suas opções e decisões.

Para colmatar as preocupações acima descritas é necessário criar um quadro de informação ao público. Esse quadro terá de obedecer aos seguintes objectivos:

- Representar horários ou frequências das linhas dos transportes públicos
- Representar destinos intermédios e finais das linhas dos transportes públicos
- Representar percursos das linhas
- Representar informação relevante sobre as linhas

- Representar tempos de espera de chegada dos transportes públicos

1.4 Estrutura da Dissertação

Este primeiro capítulo tem como principal fundamento informar o leitor dos objectivos do projecto assim como os seus tópicos mais relevantes.

No capítulo 2 é descrita toda a investigação feita sobre este projecto, sendo denominada de visualização de informação.

No capítulo 3 é efectuada a revisão tecnológica, a qual consiste em comparar as melhores tecnologias que melhor se adaptam ao projecto.

O capítulo 4 descreve a problemática e os requisitos do projecto, assim como as soluções alcançadas para a sua resolução. Apresenta também resultados através dos inquéritos feitos aos utilizadores sobre os protótipos desenvolvidos.

O capítulo 5 tem como principal função descrever a arquitectura do projecto, recorrendo a modelo de dados em formato UML. A justificação da tecnologia escolhida encontra-se inserida neste capítulo.

O capítulo 6 aborda mais detalhadamente a implementação das interfaces, *Web Server* e simulador, através de diagramas de fluxo de dados sempre que possível.

No capítulo 7 são registados todos os testes efectuados e avaliação do interface.

O capítulo 8 descreve a satisfação dos objectivos e apresentar algumas melhorias a implementar no futuro, capazes de gerar uma mais valia para o sistema.

Capítulo 2

Visualização da Informação

*If you want to make an apple pie from scratch,
you must first create the universe.*

Carl Sagan

Este capítulo apresenta os conceitos mais importantes e as principais técnicas de representação da informação necessárias para o desenvolvimento do projecto. Aborda também, as fases mais importantes da visualização e estruturas essenciais para um bom desempenho da interface na visualização da informação.

A visualização da informação é um campo de estudo de representação visual de características interdisciplinares, cujo objectivo é, apresentar grandes quantidades de informação [Stasko'04]. Nesta área de desenvolvimento tem havido grande sucesso em ajudar os utilizadores a visualizar, perceber e compreender a informação.

Com a disponibilidade, criada pelo processamento automático, de tratamento de grandes quantidades de informação e com o extraordinário desenvolvimento de dispositivos visuais de alta definição, a visualização cada vez mais se posiciona como uma ferramenta importante para introspecção do conhecimento.

2.1 Descrição

Segundo Schroeder *et al.* a visualização é um processo de exploração, transformação e manipulação de informação para a introspecção e compreensão da informação e afecta directamente o nosso sistema de visão e cérebro; trata-se de área de referência no que toca à compreensão da informação e comunicação de dados [SchroederMartin'96].

Santos *et al.*, também vêem a visualização gráfica como oportunidade de obter conhecimento através da informação [Santos'04]. McCormick *et al.* têm uma visão mais computacional e descrevem a visualização como um método de computação, transformando principalmente simbologia em geometria. Esta transformação fornece aos investigadores a observação de simulações e computações de informação, melhorando a introspecção de conhecimento científico através de visualizações gráficas [McCormick'89].

Todos estes autores descrevem a visualização como parte de um processo de obtenção de respostas mas, para Plaisant, a visualização da informação ultrapassa esse patamar e descreve uma maneira de obter soluções para questões que não sabia que tinha inicialmente [Plaisant'04].

De facto, a visualização da informação, hoje em dia, engloba vários domínios de investigação. Nas últimas décadas, este campo tem sido vastamente desenvolvido, sendo utilizado principalmente pelas tecnologias relacionadas com a investigação computacional. Contudo a visualização da informação não se limita apenas à visualização de dados numéricos ou estatísticos. A sua componente visual tem impacto a nível psicológico, social e cultural. A percepção humana para compreender o que observa pode mudar em ambientes culturais diferentes. A cor vermelha em certos países pode não significar o mesmo do que em outros países, por exemplo: na festa do ano novo na China, as janelas normalmente são enfeitadas com recortes de papel de cor vermelha, significando a felicidade, dinheiro e saúde; em outros países as bandeiras podem ter um significado muito diferente, como por exemplo o sangue derramado originado por batalhas ou guerras.

Existem outros campos em que a visualização da informação também intervém. Durante o desenvolvimento de uma interface investiga-se a maneira de pensar ou o modo como a mente descodifica a informação. Para Norman, o poder da mente só em si é bastante subestimado e, sem ajuda externa, a mente e o raciocínio são muito limitadas. Sendo a mente humana muito flexível e adaptável a inventar procedimentos e objectos que transcendem os seus limites, o verdadeiro poder, surge com as ajudas externas que permitem melhorar o seu desempenho cognitivo [Norman'94]. Essas ajudas externas, aliadas à visualização da informação poderão suportar grandes introspecções do conhecimento.

Card *et al.*, também suportam essa ideia e afirmam que o uso de visualização e a manipulação de ajudas externas amplifica a *performance* cognitiva até mesmo para uma simples multiplicação [Card'99].

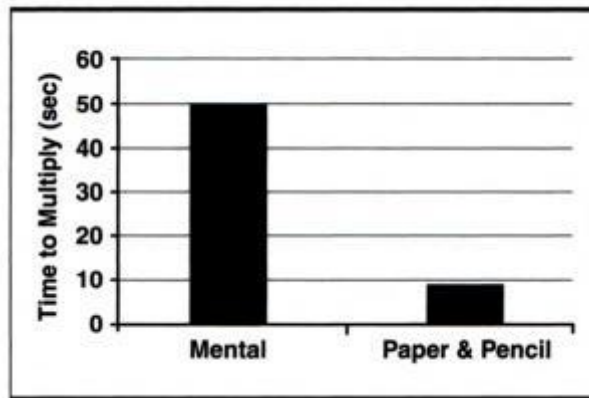


Figura 1 - O uso de ajudas externas aumenta a habilidade de multiplicação [Card'99].

O cálculo de uma multiplicação pode ser feito mentalmente. Porém, caso a dimensão das variáveis se torne maior, a tarefa pode tornar-se difícil ou até impossível de se fazer (pelo menos sem métodos especiais). Contudo, com ajuda externa e como a demonstra a Figura 1, é possível diminuir o tempo de cálculo de uma multiplicação. Neste caso, a ajuda auxiliar regista passos intermédios de cálculo, funcionando como memória, mas o mesmo pode ser feito nas representações visuais para aumentar a capacidade cognitiva.

A construção de interfaces ou protótipos de visualização de informação não é tarefa fácil, pois existe sempre uma componente abstracta e alguma complexidade nas apresentações ou no *design* da informação. Segundo Tufte, para se construírem gráficos de excelência a nível da estatística, é necessário transmitir ideias complexas com clareza, precisão e eficiência. Por isso os dispositivos gráficos deverão cumprir algumas normas [Tufte'01]:

- Apresentar a informação que se pretende, não alterando os dados
- Induzir o utilizador a pensar no conteúdo em vez da metodologia, *design* gráfico e tecnologia do desenvolvimento do gráfico
- Evitar a distorção da informação a representar
- Aproveitar o espaço da melhor maneira
- Garantir que grandes quantidades de informação sejam coerentes
- Encorajar a nossa visão a comparar diferentes tipos de dados
- Revelar a informação a diferentes níveis de detalhe
- Servir um propósito: descrição, exploração, classificação, ou decoração
- A informação deverá estar estreitamente integrada com a estatística e descrições verbais de conjuntos de dados

Os gráficos são ferramentas muito importantes para comparar valores estatísticos e, quando bem executados têm sucesso na apresentação da informação. Também Maletic *et al.*, afirma que, aquando a concepção de protótipos destinados à visualização, é necessário definir cinco dimensões [Maletic'02]:

- Tarefas – Porque é que a visualização é necessária?

- Audiência – Quem irá visualizar?
- Alvo – Qual a informação a representar?
- Representação – Como representar?
- Media – Onde representar a visualização?

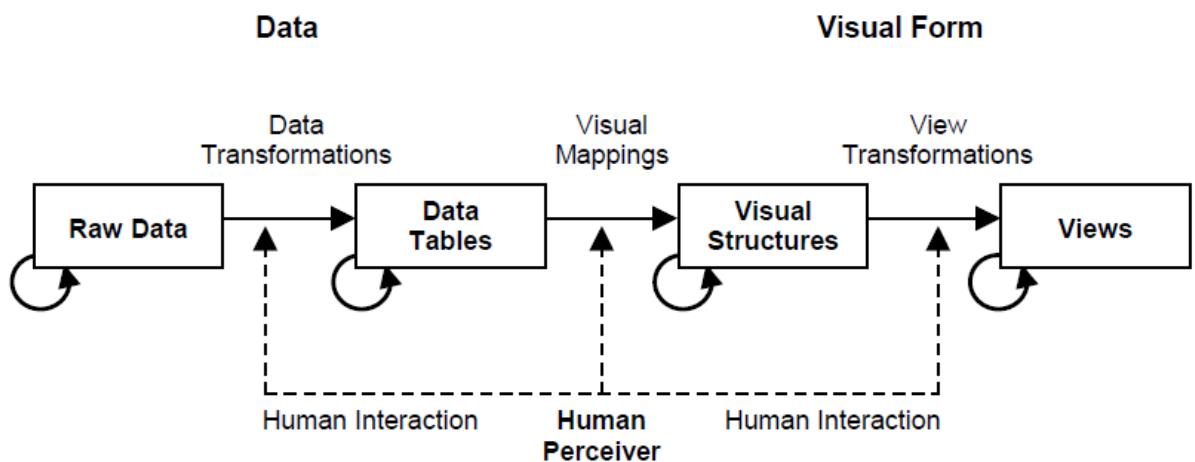
Sem o cumprimento e definição sólida destas cinco dimensões o objectivo de um sistema de visualização poderá não obter os resultados pretendidos.

2.2 Processo de Visualização da Informação

Para a compreensão da visualização da informação é necessário conhecer os processos de visualização da informação. O processo de visualização segundo Campo *et al.* [Campo'97], consiste em três fases, correspondendo cada uma transformação protagonizada a visualização da informação. Essas fases são:

- **Acesso à informação:** Acesso e estruturação da visualização da informação
- **Mapeamento:** Conversão da informação para representação gráfica e atribuição de propriedades visuais a objectos gráficos.
- **Desenho:** Criação da apresentação

Em muitos casos, o processo de visualização necessita ter um componente de filtragem (fase de selecção) da informação. Essa componente pode ser encontrada, em qualquer das fases anteriormente descritas.



Raw Data: idiosyncratic formats

Data Tables: relations (cases by variables) + meta data

Visual Structures: spatial substrates + marks + graphical properties

Views: graphical parameters (position, scaling, clipping, etc.)

Figura 2 - Modelo de Referência da Visualização de Maletic et al.

Maletic *et al.* apresentam um modelo representativo da visualização da informação (Figura 2). A primeira transformação converte informação em bruto para dados tabelares. A informação bruta ou não tratada é normalmente difícil ou até impossível de trabalhar, enquanto que os dados tabelares são representações relacionais dessa mesma informação. A informação relativa às características relacionais de dados (meta data) também pode ser incluídas nas tabelas. A partir daqui, o mapeamento visual transforma as tabelas de dados em estruturas visuais (elementos gráficos). Finalmente as transformações da vista podem criar estruturas visuais com parâmetros como posição, rotação e dimensão, etc. A interacção com o utilizador permite controlar os parâmetros destas transformações [Maletic'02].

Santos e Brodlie apresentam uma ligeira modificação em relação à vista tradicional, separando o pré-processamento em duas fases [Santos'04]:

- Análise de informação
- Filtragem



Figura 3 - Processo de Visualização de Santos e Brodlie

A fase da análise de informação é centrada no computador onde existem métodos computacionais específicos para analisar e enriquecer a informação. A fase da filtragem é centrada no utilizador e inclui funcionalidades em que se pode escolher o grau de interesse da informação.

A filtragem é encontrada em várias fases dos processos de visualização de informação, pois muitas vezes é impossível filtrar grandes quantidades de informação sem ter uma introspecção do conhecimento. O conhecimento na fase inicial do processo de desenvolvimento é diferente do da fase final do processo de visualização, logo pode afirmar-se que todas as fases são importantes para a selecção da informação.

Na concepção do projecto, é fundamental perceber as várias fases do processo de visualização de informação, uma vez que estas têm um papel relevante no planeamento do projecto, investigação das fontes de informação, definição de arquitectura e escolha de algoritmos.

2.3 Focagem + Contexto

A abordagem da Focagem+Contexto (F+C) é uma técnica bem conhecida no mundo da visualização da informação. Atribuindo ao foco o detalhe da informação, e pode-se afirmar que o contexto (visão global) é toda a restante informação visual. Normalmente uma grande maioria dos utilizadores necessita de informação com muito detalhe não perdendo o contexto da restante informação.

O conceito de F+C é principalmente baseado no facto de os seres humanos conseguirem interpretar melhor a área circular limitada por um diâmetro do centro da sua vista (foco) do que o contexto (área em redor do foco) [Card'99]. A informação mais importante deverá estar localizada na parte em que é focada e a parte da informação considerada menos importante deverá estar fora desse círculo focal ou até mesmo omitida, dependendo do seu grau de importância.

De acordo com Card *et al.* [Card'99] os métodos F+C podem ser divididos em três grupos:

1. O utilizador necessita de ambas as vistas simultaneamente, contexto e focagem.
2. A informação no contexto pode ser diferente da que é necessária no detalhe.
3. Estes dois tipos de informação podem ser combinados num único *display*. Os sistemas de Focagem+Contexto possibilitam definir o grau de interesse permitindo ver a focagem sem perder o contexto da visualização.

De facto, a Focagem+Contexto é muito abrangente e engloba muitas técnicas que poderão ser utilizadas em diferentes casos, dependendo da sua aplicação e propósito.

2.3.1 Conceito Fisheye

A técnica *Fisheye* é um conceito abordado pelo F+C que promove o equilíbrio entre o detalhe (foco) e o contexto global, dependendo de um grau de importância definido pela diferença entre a distância e o ponto de interesse.

Segundo Furnas, para poder aplicar o conceito *Fisheye* de a uma interface é necessário que essa ideia seja clarificada formalmente. As visualizações *Fisheye* são um exemplo básico de estratégia de apresentação de grandes estruturas de informação. A estratégia básica consiste em usar um Grau de Importância (DOI – *Degree of Importance*) que atribua, a cada ponto na estrutura um número, quantificando a importância que o mesmo possui para o utilizador [Furnas'86].

Uma das ilustrações mais famosas e esclarecedoras desta técnica é a “A New Yorker's View of the World”, conceptualizada por Saul Steinberg em 29 de Março de 1976, apresentada na Figura 4:



Figura 4 - A New Yorker's View of the World

A ilustração é dividida em duas secções: a parte inferior, onde se encontra a 9ª e 10ª Avenida; e o rio Hudson da cidade Manhattan; no topo pode observar-se uma tira de terra representativa de vários estados Norte Americanos, Oceano Pacífico e países como China, Japão e Rússia. De acordo com o método de grau de importância, pode observar-se que a parte focal seria Manhattan e o contexto seria o resto do mundo.

Furnas formaliza este método e afirma que as vistas podem ser decompostas em duas componentes: a importância de um ponto e a distância entre pontos.

Nesta fórmula geral para o método *Fisheye*, grau de interesse é:

$$DOI_{\text{fisheye}}(x|y) = API(x) - D(x,y)$$

Onde DOI_{fisheye} é de acordo com o modelo *Fisheye*, o grau de interesse num dado ponto, x , em relação ao ponto focal. O ponto y é representativo do ponto que o utilizador deseja focar. A $API(x)$ é o grau de importância de x , dada pelo utilizador, enquanto $D(x,y)$ é a distância entre

o ponto x e o ponto focal y . Logo, o grau interesse aumenta quanto maior for importância do ponto x .

O facto de esta formulação ser tão simples de ser especificada ou definida permite ser facilmente integrada em estruturas mais complexas como por exemplo árvores que podem ser implementadas nas mais variadíssimas linguagens de programação [Furnas'86].

Sarkar *et al.* [Sarkar'92] estenderam o simples modelo de *Fisheye* desenvolvido por Furnas e aplicaram em estruturas mais complexas como grafos. O modelo foi adaptado e melhorado para permitir efectuar transformações dos elementos dos grafos, isto é, arestas e vértices, que afectam a visualização.

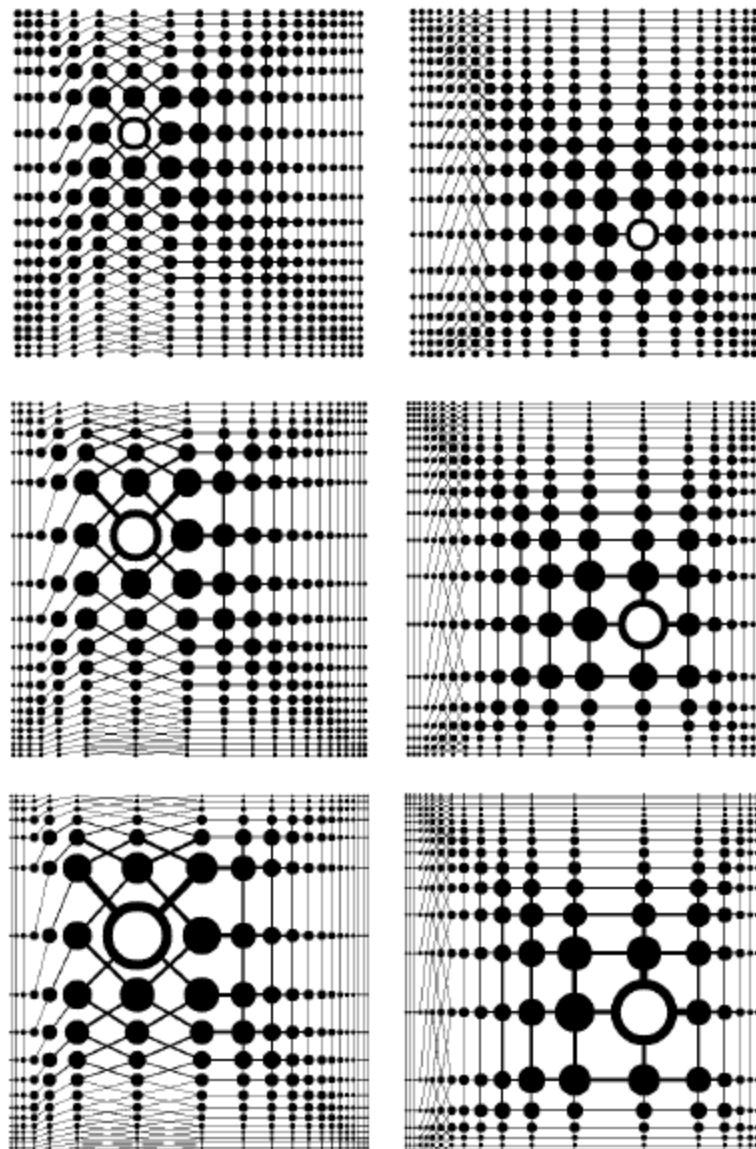


Figura 5- Várias visualizações de mapas cartesianos após várias transformações pelo modelo de Sarkar *et al.*

Na Figura 5, podemos observar que os elementos que o constituem foram obtidos através de transformações geométricas. Para executar este tipo de transformações são necessários processar vários cálculos, tais como:

- Posição
- Tamanho
- Detalhe
- Importância visual
- Mapeamento das arestas

Estas operações criam distorção da imagem apresentando o efeito visual *Fisheye*. Note-se que a generalização do método *Fisheye* de Furnas, depende apenas do grau interesse, não podendo mudar parâmetros como a variação do tamanho ou o nível de detalhe de cada nó, como o modelo de Sarkar explicita.

Bartram *et al.* [Bartram'95] consideram que as abordagens das visualizações distorcidas como as anteriores têm grande potencial de resolver problemas de visualização com grandes quantidades de informação. Contudo, podem introduzir alguns problemas, tais como: transições entre vistas e desorientação do utilizador pela excessiva distorção. A técnica do *zoom* progressivo permite múltiplos pontos de focagem no contexto, com grande flexibilidade de controlo do tamanho do nó. O utilizador tem controlo total da interacção da visualização e a distorção é sempre diminuída tendo sempre em conta a posição relativas dos nós, levando a uma minimização da desorientação. Com esta técnica, permitem-se navegações muito rápidas a estruturas organizadas hierarquicamente, pois o *zoom* progressivo suporta “pensamentos” estruturais e associativos, sendo para Lai *et al.* essenciais em componentes de procura de informação.

Rao *et al.* desenvolveram uma técnica que permite visualizar informação específica em tabelas de informação [Rao'94]. O método *Table Lens* combina a simbologia e representações gráficas e uma vista fluida e personalizável pelo utilizador. Esta combinação e interactividade permitem o utilizador obter uma experiência rica e sentido de exploração de informação naturalmente.

A técnica *Table Lens* é motivada pela natureza das tabelas, nas quais a característica que mais sobressai é a regularidade do seu conteúdo: a informação das linhas e colunas está interligada, o que pode ser interpretada coerentemente. Isto significa que, normalmente, existem títulos nas linhas ou nas colunas adjacentes para identificar o significado de elementos. Estas observações indicam que é necessário preservar os títulos, apesar da distorção da tabela. Contudo, como a Figura 6 demonstra, existe uma transformação na tabela sem que haja uma contorção das linhas e colunas, preservando a estrutura da tabela.

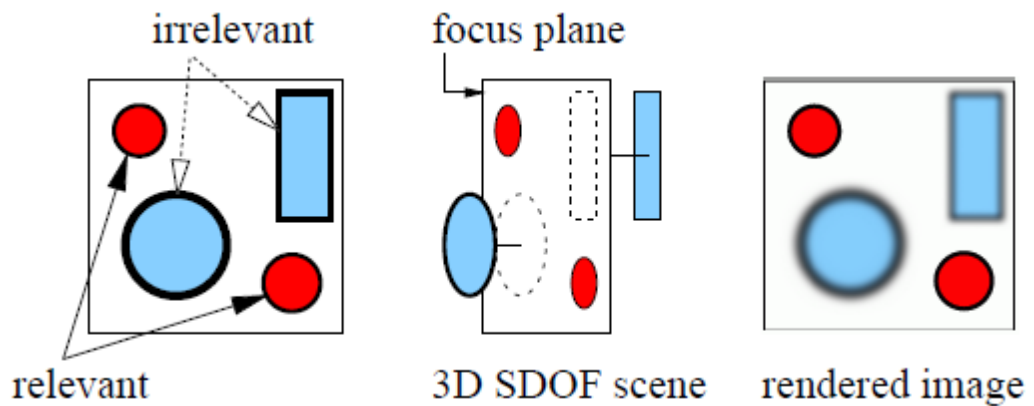


Figura 7- A ideia básica de SDOF: Aplicando DOF individualmente a cada objecto dependendo da sua semântica [R. Kosara'01].

Esta técnica fornece ao utilizador uma selecção instantânea dos objectos que estão nítidos e os restantes objectos desfocados.

Na utilização do SDOF, o utilizador controla duas propriedades: a nitidez e relevância. Para a nitidez, não existem restrições, pois existem funções que reduzem a nitidez dos objectos consoante a relevância.

2.4 Representação de Informação

O sucesso da representação de informação está estritamente ligado ao desenvolvimento dos computadores, com a manipulação de representações visuais. Uma antiga frase de um provérbio chinês – “*Uma imagem vale mais que mil palavras*”, é citada muitas das vezes quando se olha para uma fotografia ou representação visual. Esta frase demonstra o conhecimento empírico adquirido das pessoas ao longo da história humana. É, pois, espantosamente mais fácil usar uma representação visual do que uma descrição textual.

Com o aparecimento dos computadores, a informação circula nos dias de hoje a uma velocidade vertiginosa e, inevitavelmente, as representações visuais e interfaces gráficas seguem provavelmente o mesmo rácio de expansão. É necessária haver uma adequação da visualização do tipo de informação.

Um exemplo prático disso é o “Historical Hurricane Tracker “ da empresa televisiva NBC [NBC'09]. A representação levada a cabo pela empresa consegue identificar todos os furacões importantes desde os meados de 1860 até os dias de hoje consolidando a informação mais relevante com a usabilidade do grafismo e interacção do programa.

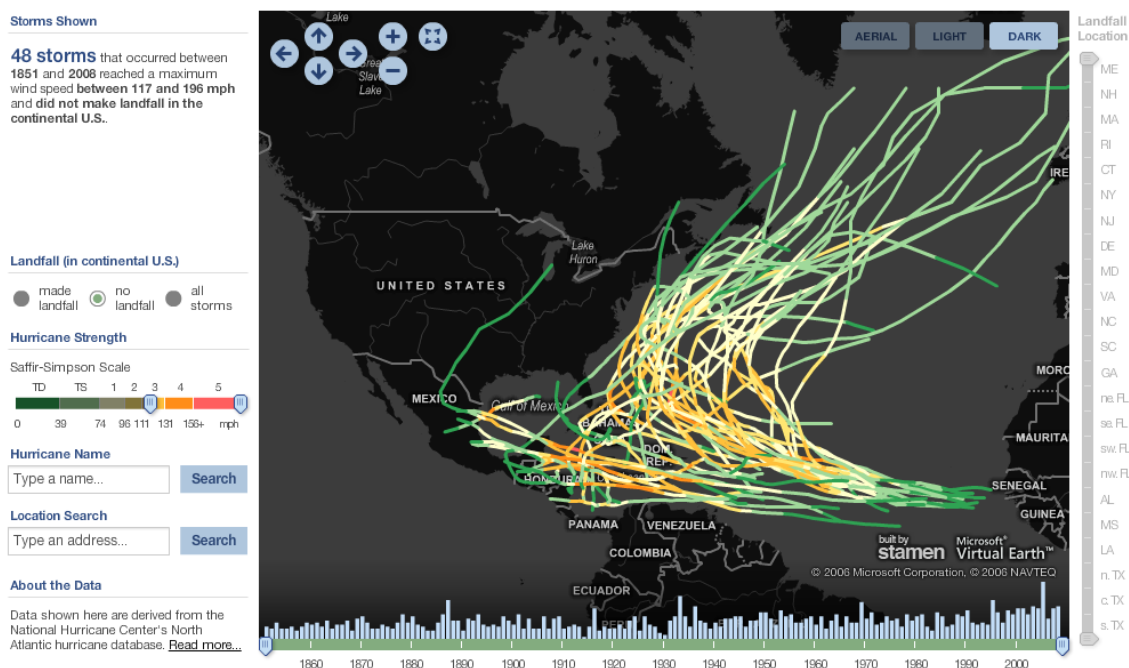


Figura 8 – Representação Gráfica de o Histórico de Furacões da NBC [NBC'09].

Com a representação de um mapa e marcação das linhas é possível saber o ponto de partida e de término do furacão. Existe vários filtros ou critérios de informação como por exemplo a data, o nome, a localização, o tipo de classificação do furacão e os que passaram por terra ou não.

Uma representação textual de toda esta informação disponibilizada tornaria impossível obter uma introspecção do conhecimento. Em contrapartida, a imagem do interface gráfico apresentada na Figura 8 consegue atingir esse objectivo. A representação textual de números como por exemplo, a latitude e a longitude, ocuparia muito espaço e tornaria muito penoso conseguir um estudo coerente de correlações ou critérios.

2.4.1 Tipos de Representação de Informação

A taxonomia tem como objectivo classificar objectos animados, inanimados, lugares, eventos, etc. Visa classificar tudo o que existe em grupos, organizando assim tudo o que nos rodeia [Cristo'90].

Existem vários esquemas taxonómicos, mas Shneiderman propõe classificar a visualização de informação por *Type by Task Taxonomy* (TTT) [Shneiderman'96].

Shneiderman, afirma que os utilizadores visualizam colecções de objectos, e estes poderão ter vários atributos. Essas colecções podem ser de diferentes tipos de dados:

- **Unidimensional** – Tipos de dados lineares que incluem documentos textuais, código de programação, listas alfabéticas de nomes organizados com um critério específico. Os problemas do *design* de interface podem ser as fontes, cores, tamanho, visão geral, *scrolling* e métodos de selecção.
- **Bidimensional** – Tipo de dados como mapas de dados ou geográficos, plantas de casa, ou *layouts* de jornais. Cada objecto da lista cobre uma parte da área total e pode ser rectangular ou não. Normalmente a uma camada dos mapas é bidimensional. Porém existem problemas para encontrar objectos adjacentes, verificar se objecto está contido noutro, caminhos entre objectos e operações básicas como contar, filtrar e pedido de detalhe em qualquer momento pelo utilizador.
- **Tridimensional** – objectos reais como por exemplo moléculas, o corpo humano, edifícios e algumas relações complexas entre objectos. Sistemas de computadores de *design* para arquitectos, modeladores de sólidos, sistemas mecânicos são construídos para lidar com relações tridimensionais. Nas aplicações tridimensionais os utilizadores tem de compreender a sua posição e orientação ao visualizar o objecto, tendo sempre em conta o problema de oclusão. Muitas das soluções destes problemas são propostas por vários protótipos e técnicas como visões gerais, marcos, perspectivas, transparência e código de cores.
- **Temporal** – linhas de tempos são muito usadas e indispensáveis para registos médicos, ou apresentações históricas. A distinção de dados temporais é que os objectos têm tempos associados de começo e término. Existem também tarefas frequentes de procurar todos eventos antes, depois e durante um período de tempo, acrescentando as tarefas básicas.
- **Multi-Dimensional** – a maioria das relações e base de dados de estatística são manipulados como informação multi-dimensional na qual objectos com n atributos se tornam pontos num espaço com n dimensões.
- **Árvores** – são colecções de objectos em que cada um dos mesmos tem uma ligação para um objecto parente (excepto o objecto raiz). Os objectos e ligações entre pai e filho podem ter múltiplos atributos.
- **Redes** – muitas das vezes relações entre objectos não podem ser convenientemente representadas com uma estrutura árvore, por isso é muito útil um objecto poder ter ligação para um número arbitrário de outros objectos. Enquanto existem muitos casos especiais de redes como por exemplo (acíclicos, reticulados, com ou sem raiz, direccionados ou não) e é conveniente serem representados apenas por um tipo de dados.

Ainda segundo Shneiderman, as tarefas que se podem aplicar aos tipos de dados são:

- **Visão Geral** – obtém-se uma visão global de toda a colecção. As estratégias de visão global normalmente incluem técnicas de *zooming* de cada tipo de dados, permitindo visualizar a colecção inteira ou uma visão mais detalhada.
- **Zoom** – os utilizadores normalmente têm interesse em visualizar porções de uma colecção e necessitam de ferramentas de controlo da focagem, do *zoom* e de factor de escala.
- **Filtro** – o filtro tem como função retirar a informação que não interessa ou seleccionar aquela que realmente interessa.
- **Detalhe a Pedido** - o detalhe funciona quando o utilizador selecciona um objecto ou grupo e obtém informação mais detalhada detalhe sempre que é pedido. A abordagem mais comum é efectuar um *click* no objecto e aparecer uma janela com os valores de cada atributo.
- **Relações** – visualizar relações entre objectos. Normalmente o utilizador selecciona um objecto e aparece uma janela com as relações com outros objectos.
- **História** – guardar o historial das acções que o utilizador efectuou, sendo possível ter funcionalidades como *undo*, *replay* e algoritmos de visualização progressivamente. Na exploração de informação está relacionado um processo de várias fases, por isso guardar a história das suas acções e permitir aos utilizadores rever os seus passos é um aspecto importante. No entanto, muitos protótipos falham neste aspecto.
- **Extracção** – permitir a extracção de sub-colecções e de perguntas parametrizadas. Após os utilizadores obterem o objecto ou grupo de objectos é útil poder exportar essa informação para outros formatos. Essa informação poderá ser partilhada através de vias de comunicação como por exemplo: emails, ou impressões, gráficos e etc. Esta separação de dados é muito importante pois haver uma análise por outro tipo de programas especializados em estudos.

2.4.2 Janelas

Uma pesquisa mais aprofundada mostra que existe uma diversidade considerável de tipos de janelas. Essas janelas mudam a estratégia e o conceito da visualização de informação.

Plaisant et al. [Plaisant'95] introduzem vistas clássicas de janelas e variações mais importantes:

Janela de Vista Única

A janela de vista única, como o nome indica, apenas visualiza a informação numa única vista, podendo utilizar técnicas como por exemplo o arrastar da imagem, ou o *scrolling*, para visualizar o resto da informação.

Este método é muito utilizado pelas interfaces dos utilizadores dos actuais sistemas operativos. Embora seja uma técnica relativamente fácil de implementar, é apenas satisfatório quando se consegue o contexto todo da informação. Quando o detalhe é muito elevado e é necessário perceber o contexto da informação, esta vista pode não ser muito aconselhada [Plaisant'95].



Figura 9 – Janela de Vista Única [Plaisant'95].

Janela de Vista Única com Zoom

Inicialmente, é apresentada numa vista global para que toda a imagem seja representada apenas em uma vista única. O utilizador marca então uma área rectangular e esta área é ampliada, fazendo desaparecer a restante imagem. Esta técnica também é de fácil implementação e usa o espaço da vista eficientemente. Permite ao utilizador trabalhar com detalhes da imagem, independentemente da navegação. Apesar de ser uma técnica muito utilizada por muitas interfaces, por vezes, quando existe a operação do *zoom* para o detalhe e contexto, o utilizador poderá sentir desorientação. Os principais sistemas que utilizam esta técnica são: CAD/CAM e GIS [Plaisant'95].

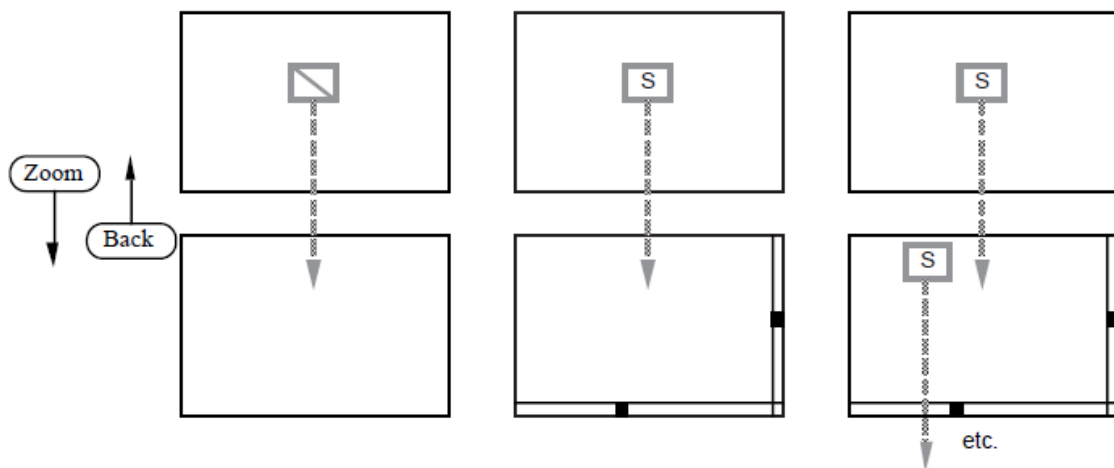


Figura 10 - As três variações das Janelas de Vista Única com Zoom [Plaisant'95].

A Figura 10 representa três tipos de variação de *zoom*. A janela a) é o caso mais simples destas variações; o utilizador faz *zoom* na área que pretende, mas, se se aperceber que não é a área que idealizou, terá que voltar atrás e proceder a nova selecção da imagem.

A janela b) resolve o problema anterior pois, além das funcionalidades da janela anterior também possui *scrolling* na vista detalhada.

A última vista utiliza vários níveis de amplificação resolvendo a descontextualização ao utilizar o *zoom* da imagem. Também utiliza o *scrolling* no caso de querer arrastar a imagem.

Apesar destas janelas estarem separadas nesta imagem é possível combinar uma janela com várias técnicas em uma só.

Janela de Vista de Pares (Detalhe e Contexto)

Muitas janelas 2D combinam a visualização global e vista detalhada, a qual se chama Vista de Pares [Plaisant'95]. Existem várias soluções para janelas de vista de pares.

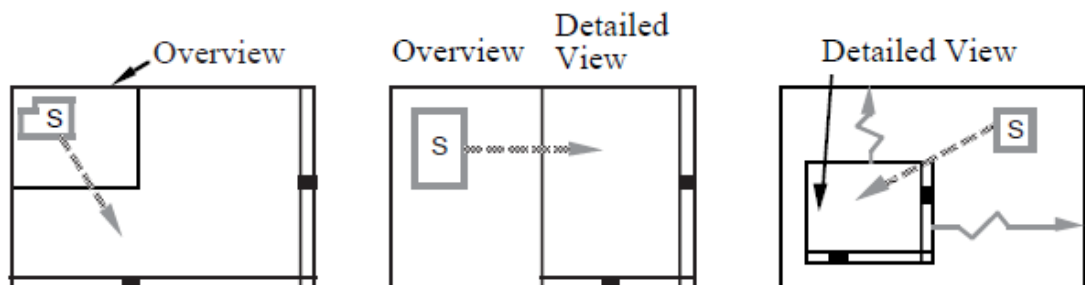


Figura 11- Três exemplos de Janelas de Vista de Pares [Plaisant'95].

O *layout* mais comum das janelas é reservar uma parte mais pequena do ecrã para vista global, como demonstra a janela mais à esquerda. Contudo, analisando a janela do meio, a divisão também pode ser de igual repartida de igual forma. A última janela funciona de maneira contrária à primeira janela, pois coloca a visão mais detalhada com a parte mais pequena do ecrã.

Janela de Vista Mosaico

As Janelas de Vista Mosaico permitem apresentar vários níveis de detalhe. Mudando o detalhe de um mosaico, as restantes actualizam-se com alterações correspondentes. Se houver alterações na posição de uma imagem, os outros mosaicos movem-se com a mesma razão tendo em conta o seu detalhe [Plaisant'95].

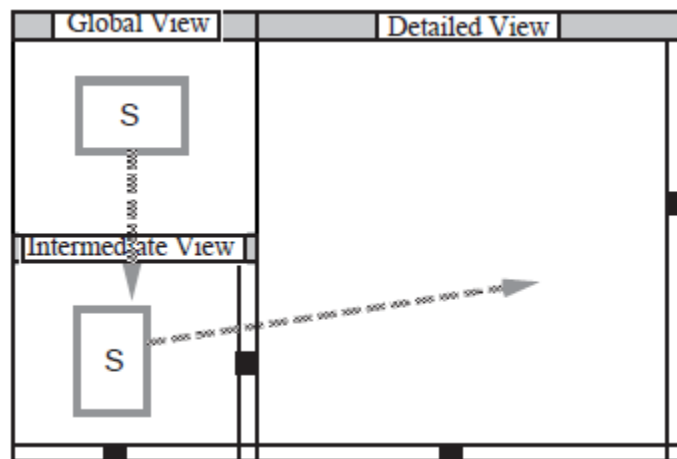


Figura 12- Especificação de três níveis de detalhe. Visão Geral, intermédio e detalhe [Plaisant'95].

Janela de Dimensionamento Livre

As janelas de dimensionamento livre são muito utilizadas em plataformas rápidas com grandes ecrãs. O utilizador possui liberdade de interagir na interface na medida em que poderá modificar o posicionamento, redesenhar e apagar as janelas [Plaisant'95].

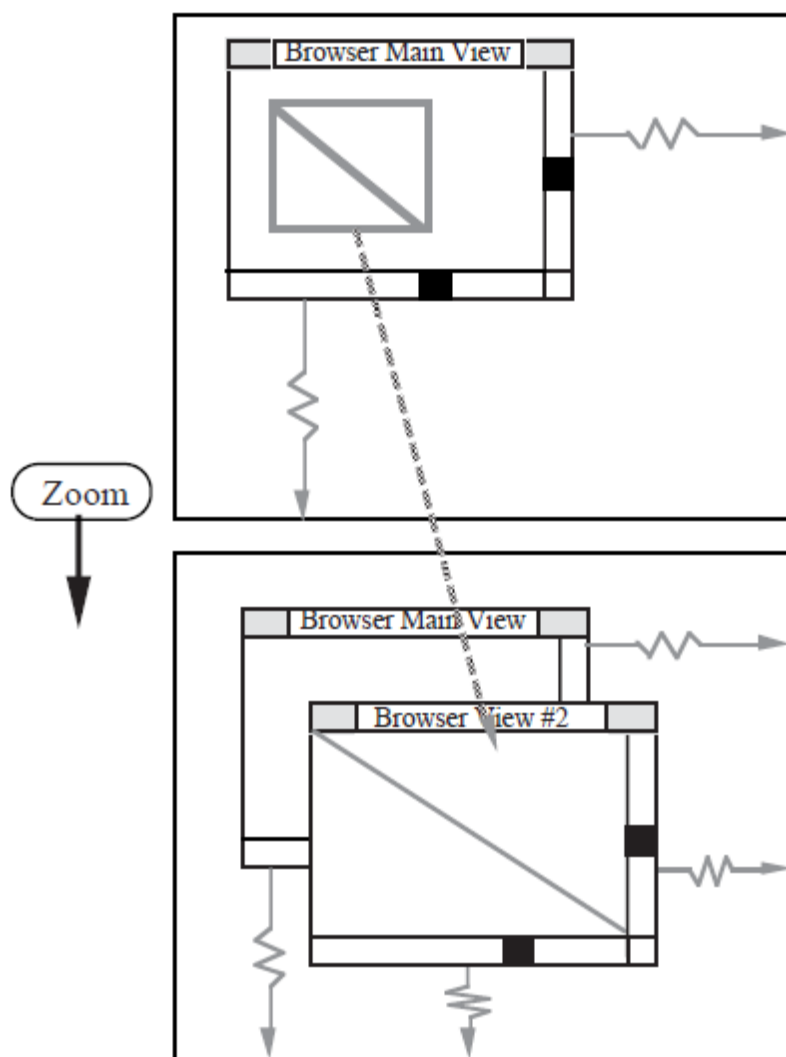


Figura 13- Especificação de zooming com janelas sobrepostas [Plaisant'95].

O utilizador especifica a área do mapa e as fronteiras das janelas como se pode verificar na Figura 13. O sistema cria janelas e projecções que podem eventualmente sobrepor-se uma à outra. As vistas estão ligadas a uma vista global que não está visível, mas não estão ligadas entre si, o que as torna independentes e dotadas de configurações diferentes especificadas pelo

utilizador. Com esta técnica, o *design* é mais flexível. Contudo, é necessária mais especificação por parte do utilizador. A gestão das janelas poderá consumir um elevado tempo e as janelas poderão estar constantemente sobrepostas. Cada janela poderá também ter conteúdo diferente das restantes janelas, pois não têm relação entre si.

2.4.3 Elementos de Representação

Na área da visualização da informação existem várias formas de representar informação. Nesta secção apresentam-se os elementos que são mais relevantes para o estudo, planeamento e desenvolvimento dos trabalhos relativos a este documento.

Dados Tabelares

A forma de representação tabular é muito utilizada nos dias de hoje para diversas tarefas. A representação tabular através de folha de cálculo tornou-se muito popular e é muito utilizada em programas como por exemplo: Microsoft Excel, OpenOffice Calc e iWork Numbers.

Segundo Chi *et al.* este tipo de programas é especializado em lidar com cálculos em que se interage com números, caracteres, podendo aplicar operações algébricas, manipulação de colunas, linhas e explorar cenários[Chi Ed Huai-hsin '97].

Também refere que as folhas de cálculo têm uma válida aplicação em domínios como a visualização da informação que, muitas vezes, lida com conjuntos de informação grandes abstractos e multi-dimensionais.

As folhas de cálculo oferecem aos utilizadores da visualização da informação grandes benefícios chave. Estes derivam da maneira como a folha de cálculo consegue abordar várias alternativas de interacção das aplicações. Por outro lado, as folhas de cálculo são uma mais-valia para os utilizadores, constituem uma interface em que é fácil visualizar, navegar e interagir com a informação.

Chi *et al.* afirma que existem aspectos nas folhas de cálculo que as faz tornar uma das formas mais utilizadas no mundo:

O *layout* tabelar prova que é muito vantajoso para folhas de cálculo numérico. Primeiro, permite o utilizador inserir informação nas células de várias configurações. Segundo, como é uma estrutura muito fácil de se compreender, faz com também seja fácil de se navegar. Terceiro, permite a fácil agregação de operações que podem ser definidas por linhas ou por colunas.

As células podem ser adaptadas para permitir grandes conjuntos de informação em vez de alguns números. Podem representar uma grande variedade de tipos de dados como texto,

estruturas hierárquicas, figuras regulares e irregulares. Cada célula pode conter referências para outras células que contenham outros conjuntos de informação.

Uma das grandes inovações de representação tabelar constituem-se na técnica já referida, *Table Lens* que combina a estrutura tabular com a técnica *Fisheye*. A estruturada tabelar continua a ser, nos dias de hoje, uma forma muito poderosa e intuitiva de representação.

Gráficos

Os gráficos são uma representação da informação que fazem uso de símbolos, como por exemplo linhas e barras.

Existe um conhecimento global das representações gráficas mais populares como por exemplo:

Gráfico de Dispersão – Consiste numa colecção de pontos representando um gráfico de várias dimensões. Este tipo de gráficos facilita a detecção de padrões com alguma confiança, demonstrando correlação entre duas variáveis.

Gráfico de Linhas – é uma versão simplificada do gráfico de dispersão, sendo um dos gráficos mais conhecidos para representação da informação. A diferença entre o gráfico de dispersão e o de linhas é que só existe um valor no eixo vertical para um valor no eixo horizontal, enquanto para o de linhas existe uma relação entre duas variáveis. Muitas vezes, o eixo horizontal é cronológico, representando a função de variação de tempo.

Gráfico de Barras – é composto por uma ou várias barras variando no seu tamanho, representado o seu valor intrínseco, podendo por vezes ter orientações horizontais ou verticais. As barras podem ser agregadas em diferentes conceitos. O gráfico de barras é usado para comparar ocorrências de características de diferentes grupos.

Gráfico Circular – é, como o nome indica, o gráfico circular dividido em sectores, representando normalmente frequências. Nos gráficos circulares, a área de cada sector é proporcional à quantidade que representa. São muito úteis para representação de uma fatia que representa menos de 50% do total. Porém, este gráfico é um dos mais criticados pela comunidade científica, pois não facilita a comparação de vários valores estatísticos, pois existe uma dificuldade na visualização de comparação dos sectores.

Tufte tem visão diferente do conhecimento geral e afirma que os gráficos podem ser divididos fundamentalmente da seguinte maneira [Tufte'01]:

- Mapas de Informação
- Séries Temporais

- Narrativas Espaço-Temporais
- Gráficos Relacionais

Os **mapas de informação** são visualizações que apresentam normalmente informações geográficas ou visões esquemáticas de um país ou região relacionando, sobre ele, outros tipos de informação. Este tipo de mapas consegue comparar zonas ou regiões, sendo importantes para introspecção do conhecimento.

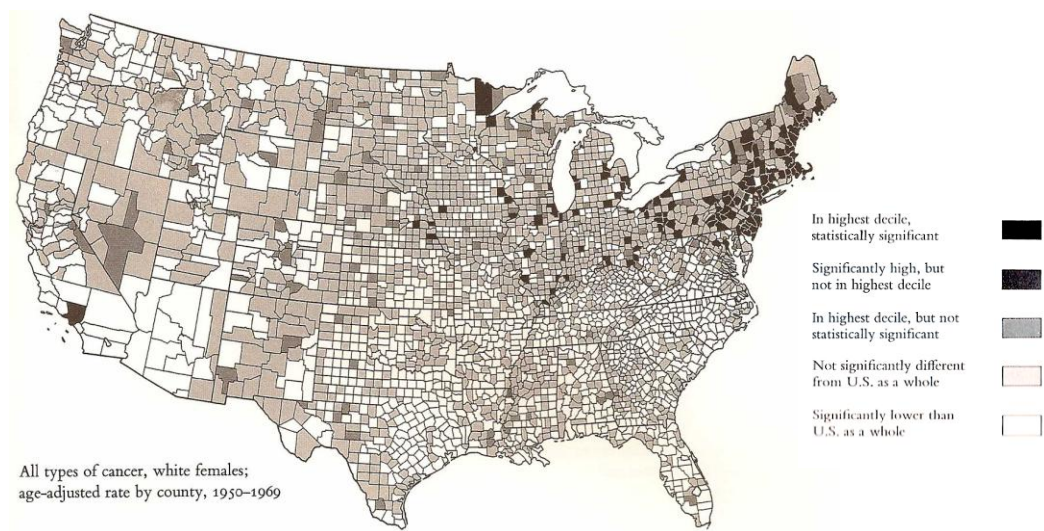


Figura 14 – Mapa do Atlas da Mortalidade de Cancro nos Estados Unidos Da América (1950-1969) [Tufte'01].

Através do **mapa**, Tufte, afirma que se podem observar vários factos importantes. A Figura 14 consegue albergar mais de 21000 dados sobre o cancro nos Estados Unidos da América.

Realmente, existem vários factos que se podem extrair à primeira vista de um mapa:

- Identificar os locais onde ocorreram mais mortes e menos mortes por cancro
- Identificar zonas onde ocorrem mais mortes ou menos pelo género (cancro).
- Identificar locais não pontuais de mortes por cancro.

Estes dados podem servir de base para uma investigação, pois evidenciam certos padrões onde o cancro se manifesta mais. Este tipo de informação é muito útil para entidades que queiram tomar medidas na prevenção do cancro.

Os gráficos de **séries temporais** são dos mais usados para representar informação relacionando com o tempo. Segundo Tufte, num estudo efectuado numa amostra de 4000 exemplares de gráficos extraídos de revistas e jornais de todo o mundo, desde 1974 até 1980, conclui-se que cerca 75% são séries temporais. Este tipo de gráficos detém uma característica

muito própria, possuindo uma dimensão que pode marcar um ritmo em várias escalas que podem ser segundos, minutos, horas, dias, semanas, meses, anos, séculos ou milénios, podendo adaptar-se facilmente às necessidades encontradas.

Um dos melhores exemplos que Tufte apresenta no seu livro [Tufte'01] é um horário de comboios de Paris até Lyon de 1880 (Figura 15).

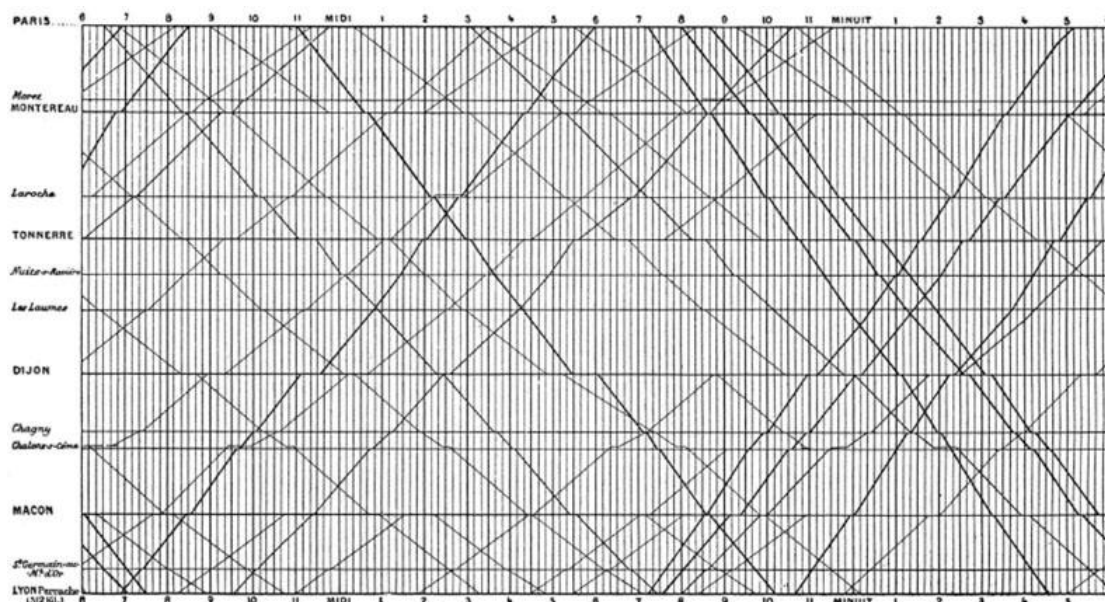


Figura 15 – Horário de Paris até Lyon de 1880. Método inventado por um Francês Engenheiro Ibry [Tufte'01].

O eixo horizontal representa o tempo previsto entre as estações. Estas estão representadas no eixo vertical da Figura 15, sendo colocadas de acordo com a distância real que as separa. A inclinação da linha reflecte a velocidade do comboio: quanto maior for a inclinação mais rapidamente o comboio se desloca. A intersecção de duas linhas localiza o tempo e o local em que os comboios se vão cruzar.

Este tipo de gráficos revoluciona a visualização da informação. É muito impressionante a quantidade de informação que está condensada em apenas um gráfico de séries temporais, conseguindo apresentar solução excelente para horários.

As **Narrativas Espaço-Temporais** também são ferramentas essenciais que têm um grande poder de representar as séries temporais adicionando uma componente espacial. Com um olhar, mais atento apercebe-se que a informação se move com o espaço assim como com o tempo. A Figura 16 ilustra a forma como a informação com complexidade multi-dimensional pode ser representada num gráfico, de tal forma que os utilizadores nem se apercebem que estão a olhar para quatro ou cinco dimensões.

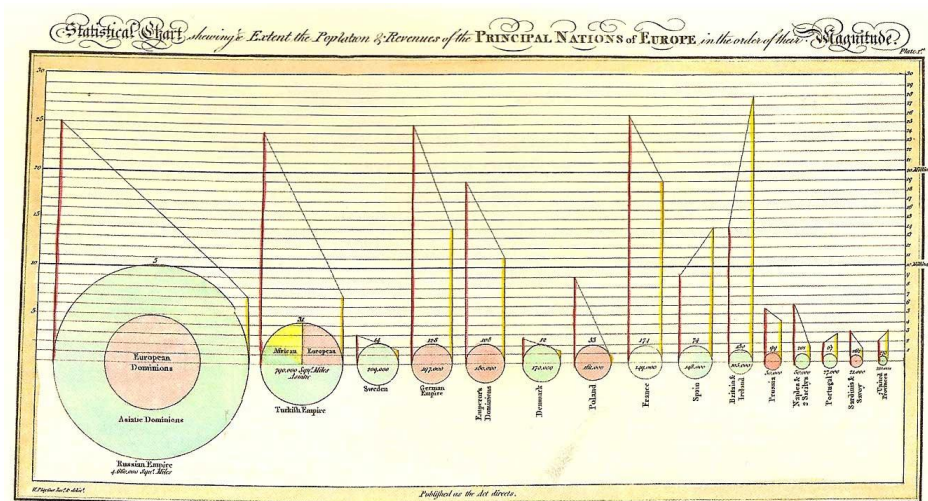


Figura 17 – Gráfico distinguido por representar múltiplas variáveis por Playfair [Tuft'e01].

O círculo representa a área de cada país; a linha vermelha do lado esquerdo de cada círculo representa a população em milhões, lida na vertical; a linha do lado direito apresenta os impostos expressos em milhões de Libras Sterling, lido também na vertical; as linhas tracejadas desenhadas entre as populações e impostos apenas destinam-se a salientar que pertencem ao mesmo país. As inclinações dessas mesmas rectas podem mostrar quais são os países que pagam mais impostos por elemento da população, sendo o seu tamanho completamente irrelevante pois depende do diâmetro dos círculos e os tamanhos das rectas das populações e impostos.

É de notar que os gráficos mais abstractos são propensos a inconsistência, como por exemplo distorção da informação. Também para muitas pessoas a abstracção dos desenhos pode ser de difícil de comparação, no entanto estes vieram revolucionar de certo modo o mundo estatístico.

2.5 Resumo

Neste capítulo, relativo à Visualização da Informação, foram abordados vários aspectos, dos quais, o que mais se destaca é a representação da informação, tendo esta evoluído muito significativamente nos últimos anos, em virtude do rápido aumento e troca de informação, a nível global. A visualização da informação tem um papel muito importante porque permite ao utilizador, adquirir introspecção da informação de uma forma mais rápida e eficiente.

Um outro aspecto a ter em conta é o processo de visualização, que permite compreender as várias fases de tratamento de informação e visualização, ajudando a perceber o planeamento do projecto em questão.

A nível de representação da visualização, o conceito Focagem+Contexto é uma das técnicas em que mais nos debruçamos neste projecto, uma vez que existe muita informação a ser representada, sendo esta técnica a mais adequada aos procedimentos em causa.

Muitas vezes, é necessário perceber com que tipo de informação se esta a lidar, a taxonomia da visualização é fundamental porque ajuda a planear melhor o desenvolvimento da estrutura responsável da visualização, conforme a informação existente. As janelas são formas de representação da informação através de técnicas de divisão do cenário, sendo estas dotadas de várias funcionalidades intrínsecas à sua estrutura. Um adequado estudo destas representações pode ajudar na decisão da escolha da janela mais apropriada no futuro projecto. Nos elementos de representação é efectuado uma análise sobre estruturas de informação já existentes, como por exemplo, dados tabelares e gráficos, através dos quais se podem retirar ilações, para a construção de novos elementos no âmbito do projecto a executar.

Capítulo 3

Revisão da Tecnologia

*It's hardware that makes a machine fast.
It's software that makes a fast machine slow.*
Craig Bruce

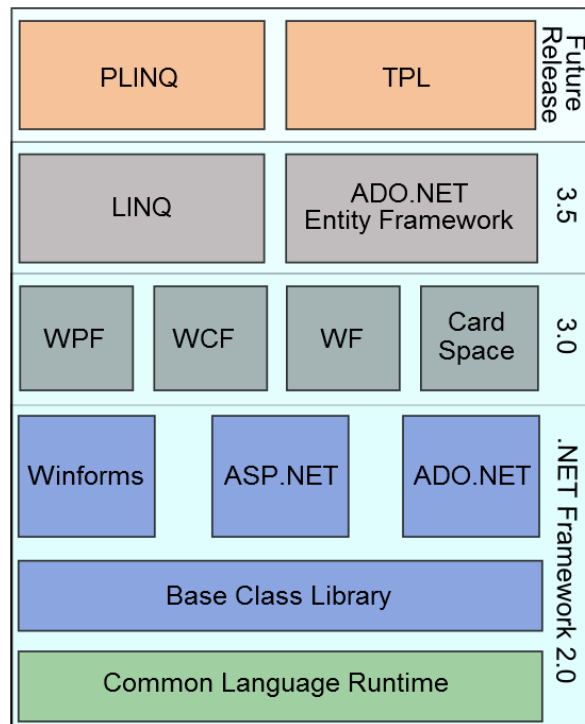
3.1 Microsoft .NET Framework

A *Framework* .NET da Microsoft é um *software* que pode ser instalado em computadores que correm o sistema operativo Microsoft Windows. Esta ferramenta inclui grandes bibliotecas de soluções de código para problemas de programação e máquinas virtuais que gerem a execução de programas escritos especificamente para esta *Framework* [Microsoft Corporation'09a].

A Biblioteca de Classes da *Framework* fornece vastas características incluindo interfaces para utilizadores, informação e acessos a informação, acessos a bases de dados, criptografia, desenvolvimento de aplicações *Web*, algoritmos e redes de comunicação.

As aplicações desenvolvidas para .NET são executadas num *software* que gere os requisitos do programa na sua execução. Este ambiente de execução é conhecido como *Common Language Runtime* (CLR) [Microsoft Corporation'09b]. Este ambiente permite simular um ambiente de máquina virtual para que os programadores não precisem de considerar as capacidades de *CPU* que executará o programa. O CLR oferece também outros serviços importantes como sejam a segurança, a gestão de memória e o tratamento de excepções. Resumidamente, a Biblioteca de Classes e o CLR constituem juntos a *Framework* .NET.

A arquitectura da *Framework* é representada na Figura seguinte:



The .NET Framework Stack

Figura 18- Modelo de Arquitectura da Framework .NET, retirado em [Wikipedia'07a].

A versão actual do .NET *Framework* é a 3.5 e suporta quase todos os sistemas operativos da família do Microsoft Windows. Também existe uma versão reduzida da *Framework* para plataformas de móveis [Microsoft Corporation'09a].

3.1.1 Windows Presentation Foundation

O *Windows Presentation Foundation* (WPF) é um subsistema da *Framework* .NET, que faz uso de uma linguagem de anotação chamada XAML, para desenvolvimento de interfaces.

O WPF providencia um modelo de programação consistente para o desenvolvimento de aplicações e consegue separar a camada de interface da lógica de negócio. As aplicações WPF podem ser direccionadas para aplicações *desktop* ou para *Web Browsers* [Sonnino'06].

O WPF é especialista na criação de controlos para interfaces, *design* e aspectos visuais inerentes aos programas. Também tem como objectivo unificar várias aplicações de serviços como por exemplo: interfaces de utilizadores, gráficos 2D e 3D, documentos fixos e adaptativos, topografias avançadas, animação, áudio e vídeo. A sua arquitectura é dividida em duas secções:

- Código de gestão
- Código nativo

Porém a API disponibilizada pela Microsoft apenas torna visível aos programadores o código de gestão. A parte correspondente ao código nativo é responsável por desenhar as interfaces nas aplicações, sendo normalmente denominado por motor de desenho do WPF. Na secção do código nativo reside uma camada chamada *Media Integration Layer* (MIL) que comunica directamente com o DirectX e permite o suporte de 2D e 3D, controlo de informação das cenas através do tempo e a composição de elementos do WPF para a cena [Anderson'04].

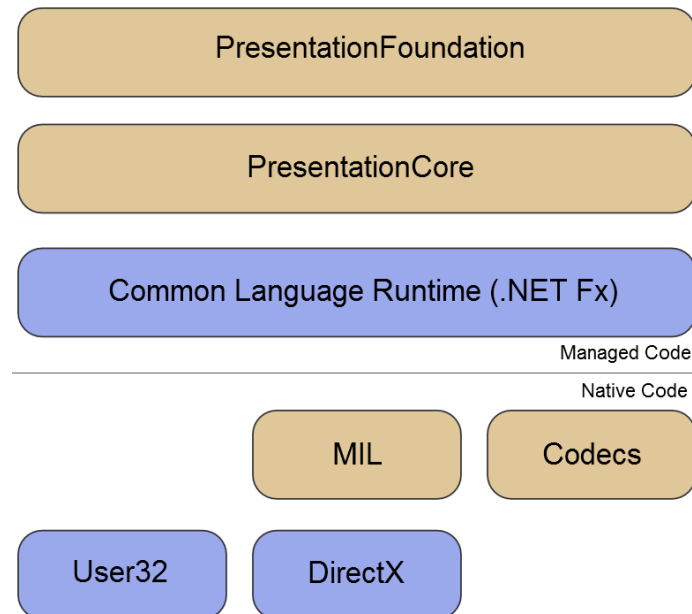


Figura 19- Arquitectura do Windows Presentation Foundation, retirado em [Wikipedia'07b]

Os *Codecs* também se situam na parte do código nativo. O *PresentationCore* situa-se na secção do código de gestão e implementa os serviços centrais do WPF, incluindo um sistema de propriedades que se apercebe de alterações das mesmas e um sistema de serviços e de eventos que podem ser aplicados a elementos da interface do utilizador. O *PresentationFramework* implementa funcionalidade de apresentação para os utilizadores, incluindo *layouts*, dependências de tempo, animações baseadas em *story-board* e atribuição de informação a propriedades.

Ao nível dos programas concebidos em WPF, todas as aplicações possuem duas *threads*: uma para gerir o interface gráfico e outra para desenhar ou redesenhar. Esta última é gerida automaticamente pelo WPF, sem que haja qualquer intervenção.

O WPF possui um modelo próprio de *layout*. Este está dividido em duas fases:

- Medição
- Organização

A fase da medição consiste em iterar sobre todos os elementos que constituem a cena e depois calcular os tamanhos e posições que irão ter. Na fase da organização, o WPF itera

recursivamente seguindo uma estrutura de pais e filhos, aplicando as medidas calculadas anteriormente.

3.1.2 Silverlight

O Microsoft Silverlight é um *plugin* para *browsers* com o objectivo de desenvolvimento de aplicações do tipo *Rich Internet Application* (RIA). Para assegurar que o plugin seja tão pequeno possível, a Microsoft construiu uma versão mais pequena da *Framework .NET*, que por sua vez está optimizada no seu tamanho, sendo um subconjunto da *Framework .NET*. Por outras palavras, o Silverlight está limitado pelo o seu tamanho, ao contrario do WPF que tira partido de toda a *Framework .NET*.

O Silverlight é compatível com múltiplos *Web browsers* dos sistemas operativos Microsoft Windows e Mac OS X. Muitos dispositivos móveis que tenham Windows Mobile 6 e Symbian irão ser suportados, estima-se, em 2010. A versão actual é o Silverlight 2.0, mas adivinha-se que a nova versão 3.0 seja anunciada brevemente. O objectivo destas novas versões é diminuir a diferença que existe entre o WPF e Silverlight, pois o Silverlight não tira todo partido da *Framework .NET* [Microsoft Silverlight'09].

3.1.3 XAML

Extensible Application Markup Language ou XAML é uma linguagem declarativa baseada em XML criada pela Microsoft para especificar estruturas, valores e objectos, sendo usado pelas tecnologias da *Framework .NET*, particularmente WPF e Silverlight, especialmente para definir elementos de interface, eventos para atribuir valores a elementos e outras características específicas [Microsoft Corporation'09c].

Esta linguagem pode ser criada e editada num editor de texto normal ou através de uma ferramenta denominada Microsoft Expression Blend.

Tudo o que seja criado ou implementado em XAML, pode ser especificado em outras linguagens pertencente, à *Framework .NET*, como por exemplo, C# ou *Visual Basic .NET*. Porém, o aspecto chave desta tecnologia é a redução da complexidade de recorrer a outras ferramentas para processar XAML, pois é baseado em XML. Mais ainda, como o XAML é baseado em XML, muitos programadores podem partilhar e editar sem que seja necessário compilar.

O XAML é usado para descrever interfaces visuais. Em termos de objectos, o XAML permite a criação de objectos 2D, 3D, rotações, animações e uma variedade de efeitos e outras características.

3.2 Adobe Flex Framework

Adobe Flex é um *software* desenvolvido pela Adobe Systems com o intuito de criar aplicações do tipo RIA para qualquer plataforma baseadas no Adobe Flash. As aplicações Flex podem ser

desenvolvidas no programa Adobe Flex Builder ou noutros sistemas baseados no Eclipse [AdobeFlexWiki'09].

O Adobe Flex tem uma arquitectura de código aberto para a criação de aplicações Web altamente interactivas que funcionam a partir de *plugins* para *Web Browsers* ou através de aplicações orientadas para *desktop*. Também oferece um modelo moderno de linguagem e programação (MXML) baseado em padrões que suporta modelos comuns de *design*. Utiliza uma linguagem de programação avançada (*ActionScript* 3.0) normalmente utilizada para descrever a lógica de cliente.

O Adobe Flex inclui uma biblioteca de componentes de interface de utilizador para criar RIAs, além disso possui um depurador de erros interactivo.

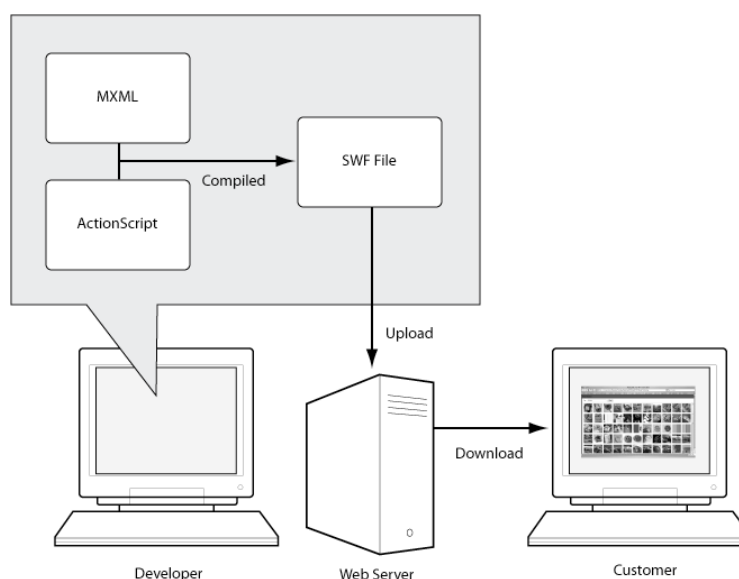


Figura 20 – Visão Geral do Processo de desenvolvimento de uma aplicação Flex, retirada em [AdobeFlex'09]

A figura descreve o processo de desenvolvimento de uma aplicação Flex. Primeiro, o programador especifica em MXML os contornos do programa e especifica em *Action Script* a lógica de negócio. Em seguida é compilado e é gerado um ficheiro SWF que poderá ser lido em qualquer sistema que possua um leitor de Flash.

3.2.1 Action Script

ActionScript é uma linguagem baseada em *ECMAScript* (muito utilizado na *web*, especialmene em *JavaScript* e *JScript*), usado principalmente para o desenvolvimento de *websites* e *software* que utilizem a plataforma Adobe Flash Player. Também é utilizado em bases de dados e alguns robots mais simples [ActionScript'09].

Inicialmente o ActionScript foi desenhado para controlar animações vectoriais a 2D no Adobe Flash. Nas versões mais recentes, com o evoluir da tecnologia permitiu uma melhoria na

criação de jogos baseados em *browser* e aplicações RIA com *streaming* de multimédia (como o vídeo e som).

3.2.2 MXML

O MXML é uma linguagem de anotação para especificar interfaces de utilizador baseada em XML. Os programadores normalmente usam o MXML em combinação com *ActionScript* para o desenvolvimento de aplicações RIA.

O MXML é usado normalmente para declarar o *layout* da interface das aplicações e também pode ser usado para implementar a lógica de negócio e comportamentos. Esta é também considerada dentro dos *standards* devido à sua estrita integração com as tecnologias da Adobe. Não existem conversores de MXML para outras linguagens de especificação de interface como UIML, XUL, XForms, XAML ou SVG [Flex'09].

3.3 Justificação da Tecnologia

Este subcapítulo tem como objectivo a escolha da tecnologia para a implementação do protótipo. No capítulo de estado de arte foram abordadas tecnologias que mais se aproximam das necessidades da aplicação pretendida. É pois necessário analisar as vantagens e desvantagens de cada uma e justificar qual a tecnologia que serve melhor o projecto.

Foi elaborada uma tabela tendo em conta os aspectos mais importantes associando um peso a cada um, para efeitos de comparação é atribuída uma classificação a cada tecnologia, por cada um desses. É aplicada uma escala de 1 a 10 tanto nos pesos como nas classificações das características analisadas. O cálculo da escolha de tecnologia é uma média ponderada, de acordo com a importância dada a cada característica. Os pesos atribuídos foram escolhidos tendo em conta a importância dessa característica para o projecto em questão. A Tabela 1 demonstra as características, os pesos, e os valores atribuídos a cada tecnologia abordada neste capítulo:

Tabela 1 – Tabela de Comparação de Tecnologias

	Windows Presentation Foundation	Microsoft Silverlight	Adobe Flex	Peso
Preço Produtos	Microsoft Visual Studio €600	Microsoft Visual Studio €600	Adobe Flex €215	
	Microsoft Blend €380	Microsoft Blend €380		
		Microsoft Silverlight €0		
	Total = €880	Total = €880	Total = €215	
	5	5	8	6
Sistemas Operativos	Microsoft Windows	Microsoft Windows	Microsoft Windows	
		Mac OSX	Mac OSX	
			Linux	
	2	8	10	6
Browsers	Internet Explorer	Internet Explorer	Internet Explorer	
		Safari	Safari	
		Mozilla Firefox	Mozilla Firefox	
		Google Chrome	Opera	
			Google Chrome	
	4	8	10	6
Desenho a 2D	Grande grau de liberdade de desenho	Grande grau de liberdade de desenho	Grande grau de liberdade de desenho	
	8	8	10	10
Fontes Render	Boa qualidade em tamanho grande	Boa qualidade em tamanho grande	Boa qualidade em tamanho grande	
	10	10	10	5
Performance	Boa Performance em cálculos. Threads.	Boa Performance em cálculos. Threads.	Razoável performance.	
	8	8	5	5
Linguagem de Programação	XAML	XAML	MXML	
	C#	C#	Action Script	
	10	8	5	10
Animação	Permite animação com objectos 2d.	Permite animação com objectos 2d.	Permite animação com objectos 2d.	
	9	9	10	10
Framework	Framework Excelente	Framework Excelente	Não tão boa como a .NET	
	10	10	8	10
Suporte Comunidade	Grande comunidade	Média comunidade	Média comunidade	
	8	5	7	6
Market Share da web	Fraco	Fraco	Muito Bom.	
	1	2	8	1

Após a definição das características, pesos e valores, é necessário calcular, através desses valores, a melhor tecnologia para a implementação do quadro informativo. No entanto, existem vários aspectos a ter em conta na escolha da tecnologia para o desenvolvimento de *software*. É necessário saber a orientação do *software* e recursos que a empresa detém. Por isso, houve uma divisão de cálculos, apresentada na estrutura da Tabela 2.

Tabela 2 - Tabela com os resultados das tecnologias analisadas

	WPF	SilverLight	FLEX
Desktop	8,074074	7,674074	7,451852
Desktop S/ Custos	8,583333	8,133333	7,583333
Web Based	6,89697	7,442424	7,551515
Web Based S/ Custos	7,186667	7,786667	7,666667

A tabela está dividida em dois tipos de aplicações: baseadas em *Desktop* e baseadas na *Web*. Existe também, outra divisão secundária que é baseada no custo.

Na tabela dos resultados encontram-se três cores representativas por ordem de preferência:

1. Verde
2. Amarelo
3. Vermelho

Se analisarmos a tabela pode ver-se que, se tivermos uma aplicação com uma orientação *Desktop*, a escolha ideal será o WPF, pois possui mais pontuação. Caso a orientação do *software* seja aplicações na *Web* a escolha cinge-se ao Adobe Flex. No entanto seguindo a mesma orientação e não tendo em consideração os custos, o Microsoft Silverlight é a melhor a opção.

Foi decidido que o *software* a implementar teria uma orientação a nível *Desktop*, dado que se adequa ao projecto, tendo em conta, que a aplicação não necessitaria de ser executada em *browser*. Posto isto, face ao resultados obtidos na Tabela 2, à orientação do *software* e sabendo que a empresa segue uma linha de tecnologia baseada nos produtos da Microsoft, a tecnologia escolhida é o *Windows Presentation Foundation*.

3.4 Resumo

Neste capítulo aborda-se de uma forma pouco aprofundada o papel das tecnologias que mais se adequam ao projecto. É de referir que neste trabalho é dado importante relevo à visualização da informação, sem contudo descurar o papel da tecnologia, que nos dá, o suporte para o desenvolvimento do projecto.

Das tecnologias estudadas neste trabalho destacam-se três: duas desenvolvidas pela Microsoft e uma pela Adobe Systems. As duas tecnologias inerentes à Microsoft são: WPF e Silverlight. No que toca à Adobe a tecnologia escolhida foi o Flex.

Todas as tecnologias descritas anteriormente possuem uma linguagem específica. No WPF e Silverlight, a linguagem utilizada é o C#; para o Flex utiliza-se o Action Script. Como modo

de especificação do interface, são utilizadas linguagens baseadas em XML, sendo estas XAML e MXML.

Também é efectuada uma avaliação às tecnologias descritas e face aos critérios de selecção foi escolhida a tecnologia WPF.

Capítulo 4

Quadro Informativo

The best way to predict the future is to invent it.

Alan Curtis Kay

Este capítulo descreve os objectivos e os requisitos do projecto que se propõe desenvolver. Retrata detalhadamente o problema do projecto assim como as soluções consideradas. O capítulo termina com os resultados de inquéritos elaborados no âmbito de validação e melhoria dos protótipos apresentados.

4.1 Descrição do Problema

Os utilizadores de transportes públicos precisam de obter informação mais precisa, relativa aos horários, linhas, destinos e tempos de paragem. Obviamente, sentem a necessidade de obter essa informação, visto que cada vez mais os utilizadores, se deslocam por esse meio, para o trabalho, escolas, etc. Com uma maior mobilidade dos transportes, o tempo entre os destinos torna-se cada vez mais curto, aumentando também, aos gestores dos transportes públicos, uma maior responsabilidade, na oferta de um serviço, que corresponda às necessidades dos clientes.

Nos dias de hoje, é importante, por parte dos transportes públicos, fornecer uma melhor informação relativamente a opções ou alternativas, de um destino, tendo sempre em conta o tempo disponível. Também se evidencia a necessidade de dar a conhecer aos utilizadores, informação precisa e dinâmica. Urge, representar informação o mais rapidamente possível, para que os utilizadores tenham espaço de manobra na consulta das suas opções e tomadas de decisão.

O desenvolvimento do trabalho engloba, uma investigação a nível de visualização da informação e técnicas de representação visual, que permita uma melhoria a nível da introspecção do conhecimento. Esta investigação tem que ter em conta requisitos no que toca à compreensão da informação, relativamente ao utilizador. Esses requisitos são:

- Apresentar informação com um *design* apelativo, para um maior universo de utilizadores.
- Representar informação através de estruturas de visualização da informação já existentes na área, ou a partir de novas estruturas capazes de resolver o problema da representação da informação.
- Aplicar ou basear o trabalho nas técnicas investigadas na área da visualização de informação, como por exemplo: Focagem+Contexto, *Fisheye*, *Table Lens*, etc.
- Dotar os protótipos de um sistema de rápido acesso e interpretação da informação.
- Através de inquéritos validar, avaliar e retirar conclusões dos protótipos desenvolvidos, com vista ao melhoramento do mesmo.

Este projecto tem como base apresentar informação num ecrã de grandes dimensões e alta definição, gerido de forma totalmente autónoma, no sentido em que não existe qualquer interactividade entre o dispositivo e o utilizador. O trabalho tem de cumprir objectivos específicos, sendo eles os seguintes:

- Apresentar horários ou periodicidade das linhas dos transportes públicos
- Apresentar destinos intermédios e finais das linhas dos transportes públicos
- Apresentar percursos das linhas
- Apresentar informação relevante sobre as linhas
- Apresentar tempos de espera de chegada dos transportes públicos

Este conjunto de informação deve ser apresentado em duas vertentes complementares:

- Informação Estática
- Informação Dinâmica

A informação estática, que normalmente não é alterada, só em casos de redefinição da rede de transportes colectivos. Contém dados como as paragens dos autocarros, percursos, horários e, eventualmente outras informações específicas de cada linha. Em contrapartida, a informação dinâmica contém informação volátil, passível de ser alterada em tempos muito curtos. Esta informação está normalmente associada aos tempos de espera de autocarros de várias linhas.

A nível de especificação das tecnologias de *software*, existe uma total liberdade de escolha, devendo ser, no entanto, devidamente justificada. O *software* tem que cumprir alguns critérios de usabilidade para que exista um total entendimento entre o utilizador e a interface.

Os protótipos deverão ser aplicados e construídos tendo em conta uma zona, considerada de demonstração, pela qual foi decidida a localidade da Asprela. É de referir que foram desenvolvidos vários protótipos não funcionais, mas apenas um foi implementado e tornado funcional.

4.2 Análise da Zona

A zona denominada Asprela tem vários centros que podem ser utilizados como ponto de teste ou de referência para a implementação dos protótipos de informação. É de grande importância para os desenvolvimentos dos protótipos saber a localização específica em que o mesmo se vai encontrar.

Após uma análise mais profunda, observou-se na área da Asprela que existem dois pontos de grande relevância para hospedar o protótipo e sobre o qual o trabalho vai incidir. Os pontos são:

- Hospital de S. João
- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

A zona da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) possui grande afluência de utilizadores de transportes públicos. No entanto é servida por apenas duas paragens, nas quais só é provida de quatro linhas diferentes de transportes públicos. A zona do Hospital S. João, em contrapartida, tem muitas paragens concentradas e é servida por mais de 16 linhas diferentes. É de notar que a zona circundante ao Hospital de S. João tem uma maior afluência de utilizadores do que a FEUP e existe uma maior variedade de destinos.

Analisando estas descrições, pode concluir-se que o centro mais lógico para implementação será o Hospital de S. João, pois será o ponto mais interessante na visão do utilizador comum.

As empresas de transportes públicos que fornecem serviços de deslocação para os utilizadores da zona, designadamente a STCP e Metro do Porto, sobre as quais se vai basear a investigação deste projecto, têm ao seu dispor várias linhas. O Metro do Porto apenas dispõe de uma linha, denominada linha D ou amarela, cujo término é no Hospital de S. João. A STCP desfruta de uma vasta rede de linhas, dispostas nessa zona, sobre as quais a tabela seguinte ilustra várias informações relevantes.

Tabela 3 - Tabela Informativa dos autocarros da STCP no Hospital de S. João

Linha	Destino	Término no HSJ	Horário
68	Gondomar	Sim	Dia
204	Foz	Sim	Dia
205	Castelo de Queijo ou Venda Nova	Não	Dia
300	Pr. Liberdade	Não	Dia
301	Pr. Liberdade	Não	Dia
305	Cordoaria	Não	Dia
505	Matosinhos	Sim	Dia
506	Matosinhos	Sim	Dia
603	Maia Zoo ou Marques	Não	Dia
604	Aeroporto	Sim	Dia
704	Codiceira ou Boavista	Não	Dia
705	Valongo	Sim	Dia
706	Ermesinde	Sim	Dia
707	Ermesinde	Sim	Dia
803	Boavista ou Venda Nova	Não	Dia
804	S.P. da Cova	Sim	Dia
3m	Av. Aliados ou Araújo	Não	Noite
7m	Av. Aliados ou Campo	Não	Noite

As linhas são compostas por percursos, contudo para definir um percurso é necessário reter a seguinte informação:

- A linha
- As paragens que englobam a linha
- A ordem da paragens, pela qual os transportes se deslocam

Posto isto, existem grupos de paragens, que são muito importantes para os percursos, a esse conjunto dá-se o nome de **pontos notáveis**.

O percurso de uma linha pode ser definido também por vários pontos notáveis, estes conseguem englobar várias paragens que estão definidas na zona e que não estão muito distantes umas das outras. Os pontos notáveis, normalmente, têm outra propriedade associada, que é a sua capacidade de englobar várias linhas. Assim, é, vulgarmente associada a intermodalidade, entre as linhas desses pontos.

Na investigação dos pontos notáveis nas linhas da zona da Asprela, foram seleccionados os principais pontos notáveis e desenhados num mapa, para obter uma visão geral dessas mesmas

linhas. A extracção desta informação foi possível graças aos sistemas de informação que a empresa OPT disponibiliza. Os produtos responsáveis por esta informação são o GIST e InfoPub [OPT'05]. Após essa extracção foi concebido um esboço de um mapa que representa os pontos notáveis de cada linha, assim como a sua posição geográfica esquemática.

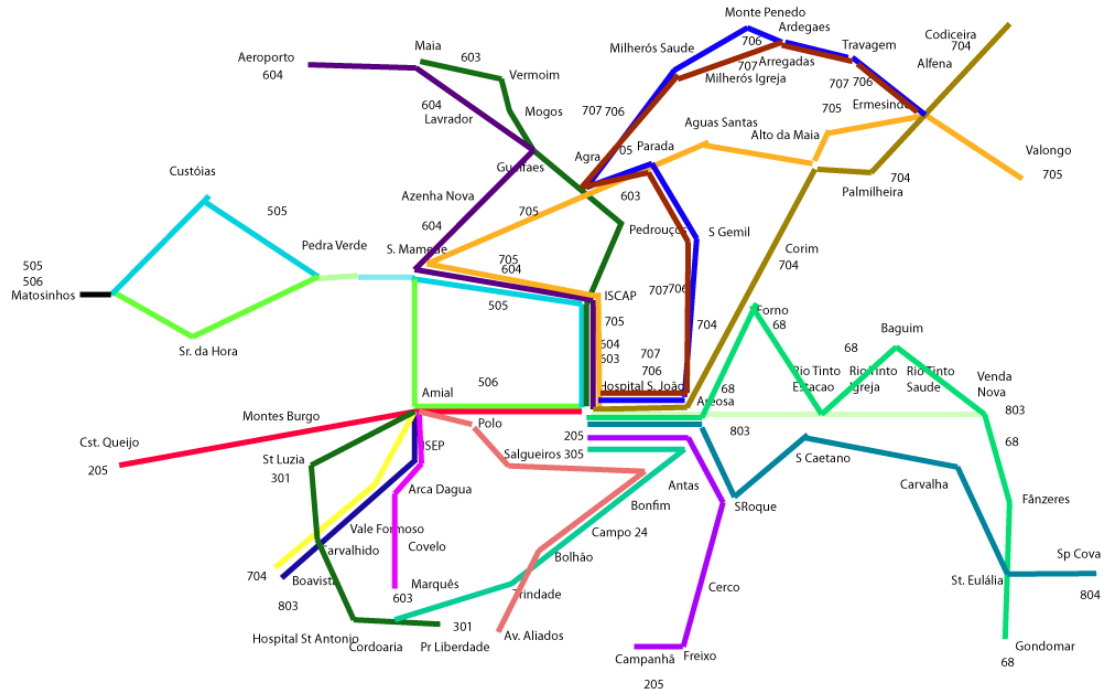


Figura 21 – Mapa representativo dos principais pontos notáveis das linhas da zona da Asprela

No mapa da figura 21, mostra os pontos notáveis, onde se pode extrair muita informação sobre estas linhas. Estas estão representadas por cores diferentes com o objectivo de as poder distinguir. Também se podem encontrar várias intersecções entre linhas, indicativo de se poder praticar intermodalidade. É útil também poder observar a distribuição das linhas a nível das suas posições e direcções.

4.3 Análise de Soluções Possíveis

Todas as soluções apresentas nesta análise são desenhos concebidos através de um programa de tratamento de imagem, de forma a poder demonstrar a informação proposta, assim como o *design* e a estrutura da informação. Estes protótipos contêm técnicas de visualização abordadas no capítulo do estado de arte, assim como várias maneiras de estruturar a informação.

No início do desenvolvimento do protótipo o objectivo era desenhar apenas uma aplicação que desse cumprimento aos objectivos específicos enunciados na secção 4.1. Porém, dada a

quantidade de informação e na ausência de qualquer interactividade por parte do utilizador, torna-se difícil seleccionar aquilo que o utilizador necessita de observar a cada momento. Assim, foi decidido organizar o protótipo em dois tipos:

- Os protótipos que apresentam informação temporal relativamente aos transportes públicos (informação dinâmica, volátil).
- Os protótipos que apresentam informação que normalmente não é alterada, assim como os percursos e destinos das linhas (informação estática).

Em seguida apresentam-se as soluções encontradas com vista a resolver os problemas descritos no projecto.

4.3.1 Protótipo Tabela Temporal

As tabelas são uma das formas mais usadas pelas representações dos transportes públicos, sendo eficientes e organizadas na consulta da informação. As tabelas permitem agregar facilmente relações entre variáveis através de linhas ou colunas [Chi Ed Huai-hsin '97]. É muito utilizada para representar informação relativamente a tempos de espera. O protótipo tabelar que proponho pode ser observado na figura 22:

Linha	Destino	Espera
68	Gondomar	8 min
204	Foz	26 min
205	Campanhã	3 min
205	Castelo Queijo	9 min
300	Av. Aliados	25 min
301	Pr. Liberdade	2 min
305	Cordoaria	14 min
505	Matosinhos	6 min
506	Matosinhos	50 min
603	Maia Zoo	8 min
603	Marquês	15 min
604	Aeroporto	4 min
704	Codiceira	26 min
704	Boavista	2 min
705	Valongo	6 min
706	Ermesinde	21 min
707	Ermesinde	2 min
803	Boavista	15 min

Figura 22- Tabela de Informação Temporal

O protótipo tabelar tem vários aspectos importantes a considerar. A tabela é composta por três colunas que detêm informações importantes para o utilizador. Essas colunas são as Linhas, Destinos e Tempos de Espera do próximo transporte.

Um outro aspecto importante é a cor considerada para cada uma das linhas, que permite o relacionamento com outras estruturas de informação. Cada linha possui assim a sua cor própria que deve ser mantida noutras estruturas em que a linha seja repetida.

4.3.2 Protótipo Barras Temporais

A estrutura e o *design* deste protótipo são completamente diferentes da solução anterior. Este protótipo visa utilizar todo o ecrã, com o intuito de focar a atenção do utilizador na consulta dos tempos de espera de cada viatura. O protótipo designa-se por “barras temporais,” porque existem elementos visuais representativos das linhas de transportes em função do tempo. Os transportes são representados por um objecto em forma de círculo e possuem a identificação da linha no lado esquerdo da figura. A posição do transporte equivale a um tempo de chegada ao Hospital de S. João. O desenho do protótipo pode consultar-se na Figura 23.

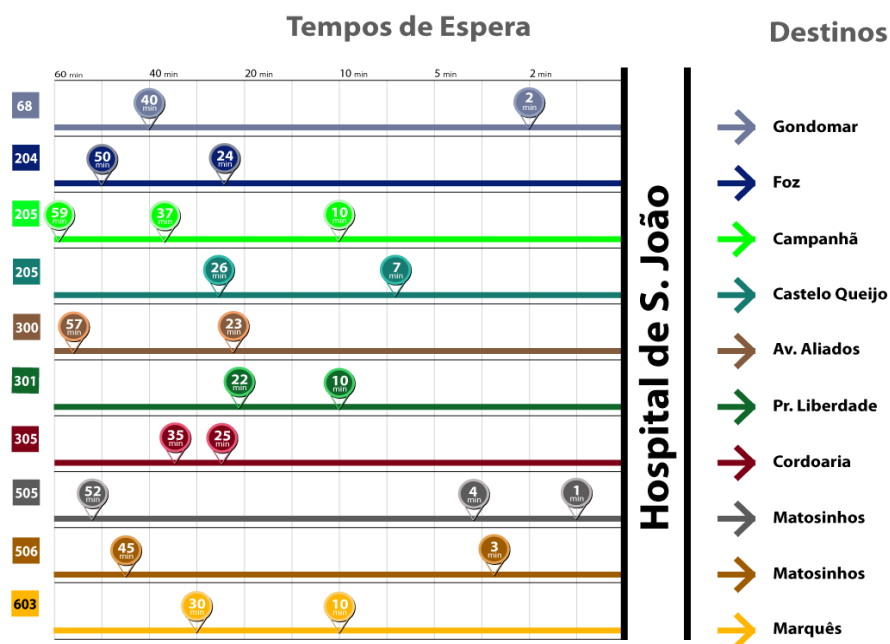


Figura 23 – Protótipo de Barras Temporais

O protótipo encontra-se dividido em três áreas:

1. **Área de Tempo de Espera** - Inclui uma representação que inclui linhas e pela escala de tempo. Em cada linha estão representados múltiplas viaturas, segundo um símbolo com forma circular e com a mesma cor da linha, onde se inscreve o tempo associado. É importante representar a escala de tempo para não perder o contexto do tempo a nível geral e em tempos intermédios. Os símbolos circulares possuem movimento, ou seja animação, de acordo com o movimento da viatura que representa.

2. **Área de Referência** - É de carácter estático e informativo, precavendo o utilizador que se encontra no local do Hospital de S. João.
3. **Área de Destinos** - Representa o destino na qual o transporte se dirige.

O protótipo como já foi referido, apresenta uma escala de tempo não linear. A decisão para essa implementação foi baseada na técnica de Focagem+Contexto, pois é relevante representar mais detalhes quando as viaturas se encontram na iminência de chegar ao Hospital de S. João [Card'99]. Assim, é necessário desenhar uma escala que cumpra estes requisitos, orientando o utilizador para a informação mais relevante.

No entanto, este protótipo apesar de ser muito simples e de fácil compreensão, possui algumas falhas. A sua representação ocupa muito espaço, por linha; sendo que, mais de dez linhas a funcionar simultaneamente, é demasiada informação para o utilizador. Técnicas como *sliding* ou paginação podem ser soluções para colmatar esta falha [Bruggemann-klein'95, Hinckley'02].

4.3.3 Protótipo Radial Temporal

O protótipo Radial Temporal representa a mesma informação do que o anterior, minimizando no entanto, os problemas de espaço. Consegue representar um número elevado de linhas, condensando a informação em pouco espaço. Em poucas palavras, o protótipo Radial é um protótipo de barras temporais com uma escala de tempo radial. O protótipo é baseado na técnica de *Fisheye*, referida na secção 2.3.1. A escala de tempo foi definido com degrau de interesse, sendo os autocarros mais próximos do Hospital de S. João, mais interessantes do que os que estão mais longe.

Tempos de Espera Previstos

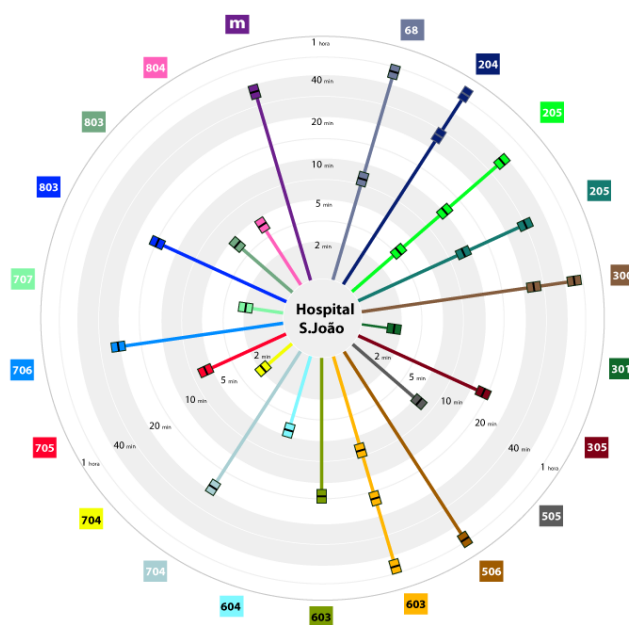


Figura 24 – Protótipo Radial Temporal

As linhas de transporte da Figura 24 estão legendadas por quadrados distribuídos à volta do círculo, com a identificação da linha e cor associada. Dentro do esquema radial observam-se vários círculos que constituem a escala de tempos. Esta escala de tempos é semelhante à escala do protótipo anterior, apresentando-se em escala não linear, com maior detalhe junto ao centro. As viaturas estão contidas nas linhas radiais, representada por rectângulos. Cada transporte tem um tempo associado, pois a distância entre o círculo do meio (Hospital de S. João) até ao rectângulo da viatura tem significado de tempo em minutos.

Este protótipo apresenta um bom potencial de representação de linhas, pois necessita de pouco espaço e é de fácil compreensão. Em contrapartida não tem grande precisão de representação dos tempos de espera dos transportes, tal como no protótipo anterior.

4.3.4 Protótipo Mapa de Destinos

O Mapa de Destinos foi conceptualizado na medida em que era necessário representar os percursos, destinos e pontos notáveis de uma maneira que conjugasse a informação e tornasse em algo possível de retirar conhecimento passível de ser analisado.

Numa análise mais detalhada pode concluir-se que um mapa cartográfico poderia ser a solução óbvia para o problema. Contudo, os mapas cartográficos detêm muita informação detalhada, o que pode tornar a análise muito morosa ou até impossível. Por isso, foi decidido representar somente a informação que realmente interessa para o utilizador comum. Posto isto, abordamos uma estrutura de informação chamada mapa de **tubos**, que consiste numa

representação em tubos do percurso, omitindo informação que não seja importante. Os tubos são dispostos no mapa de uma forma simplista, em que discrepâncias e oscilações do caminho são omissas. Muitas vezes, as posições dos tubos não correspondem exactamente aos mapas cartográficos, pois existe um ajuste do *designer* para que o desenho fique simples e conciso. O mapa de tubos representado na Figura 25 foi desenhado para as linhas do Hospital de S. João.



Figura 25 – Mapa de Destinos das linhas do Hospital de S. João

Como se pode ver na Figura 25, as linhas estão estrategicamente dispostas no mapa. Os destinos finais têm uma disposição com uma componente geográfica aproximada. Muitas distâncias representadas pelo tubo, não representam a realidade; porém, o objectivo do utilizador comum não é visualizar distâncias mas sim a relação das linhas, intermodalidade, percursos, pontos notáveis e destinos finais dessas mesmas linhas.

As linhas são representadas por segmentos de recta dispostas em ângulos de 0°, 45°, 90° e as cores são todas diferentes, o que torna o mapa mais apelativo de ser visualizado e consequentemente analisado. Este mapa consegue representar exactamente o que é pedido pela descrição do projecto, não havendo muitas desvantagens a não ser a perda de detalhe. É de salientar que muitas empresas já adoptaram esta estrutura de representação, para demonstrar as suas linhas em mapas, tendo em vista que, os seus utilizadores obtenham mais e melhor informação.

4.3.5 Protótipo Mapa de Paragens

O Mapa de Paragens surgiu, na medida em que, a zona do Hospital de S. João é provida de muitas paragens de acesso dos transportes públicos, o que dificulta a tarefa de um utilizador encontrar uma paragem em particular. Logo, a ideia deste mapa de paragens é esquematizar a zona mais relevante (Hospital de S. João) e identificar as paragens, assim como as suas linhas associadas. A Figura 26 retrata o mapa de paragens.

Mapa de Paragens

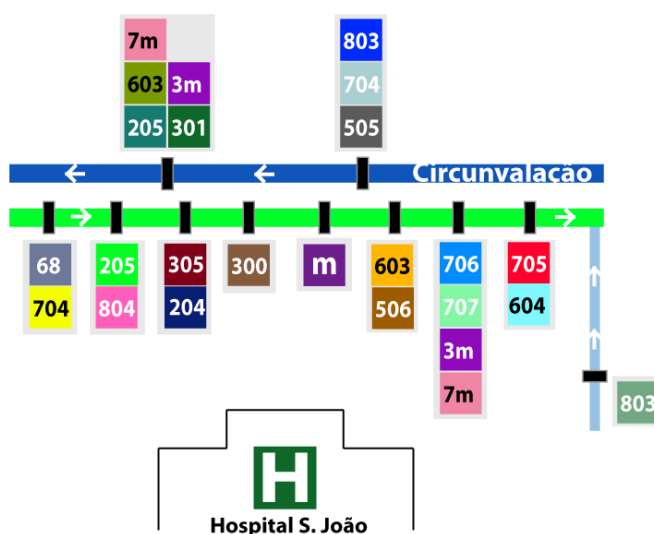


Figura 26- Mapa de Paragens do Hospital S. João

Nesta visão esquemática salienta-se a estrada da circunvalação e as paragens que estão representadas por retângulos, com a cor preta. Inclui também um esquema do Hospital de S. João para uma melhor contextualização e localização no mapa. As linhas estão dispostas por paragens com as cores associadas e identificador respectivo. Caso um transporte público esteja na iminência de chegar à paragem, é de imediato, accionada uma animação que, alerta o utilizador, para a aproximação do próximo transporte.

4.3.6 Protótipo Tabela de Destinos

O protótipo Tabelas de Destinos nasceu da necessidade de informar os utilizadores acerca das linhas a que deverão aceder para se deslocarem até um certo destino. Para este protótipo foi decidido usar uma estrutura tabelar com duas colunas, destinos e as linhas. Para cada destino podem existir uma ou várias linhas.

A Figura 27 mostra a tabela com as informações das linhas da zona da Asprela.

Aeroporto	604						
Alto da Maia	704	705					
Arca D'Água	704	803					
Areosa	68	205	300	706	707	803	804
Amial	204	205	505	704			
Boavista	704	803					
Campanhã	205						
Carvalhido	204	301	704	803			
Castelo Queijo	205						
Codiceira	704						
Cordoaria	301	305					
Ermesinde	704	705	706	707			
Foz	204						
Gondomar	68						
ISEP	603	803					
Maia Zoo	603	604					
Marquês	603						
Matosinhos	505	506					
Parada	705	706	707				
Pólo Univ.	204	300	m				
Pr. Liberdade	300	301					
Salgueiros	204	300	305	m			
S. Mamede	505	506					
S.P. Cova	804						
Trindade	300	305	m				
Vandelo	705						
Venda Nova	68	803					

Figura 27 – Tabela de Destinos da zona da Asprela

A Tabela de Destinos é uma estrutura que contém informação valiosa e de rápida consulta. Na coluna do lado esquerdo, destinos, pode consultar-se os principais pontos notáveis das linhas da zona de Asprela. Na coluna do lado direito, consultam-se as linhas, às quais se pode aceder para chegar a esse destino.

Este protótipo é muito útil, na medida em que é possível encontrar alternativas da viagem que se pretende efectuar, assim como planear intermodalidade das linhas. Em contra-partida, como existe muita informação, é por vezes impossível representar toda a informação, pelo que se torna necessário recorrer a técnicas como *sliding* e paginação [Bruggemann-klein'95, Hinckley'02].

4.3.7 Combinações de Protótipos

Após a construção de todos os protótipos apresentados e uma vez efectuada uma breve análise dos mesmos, conclui-se que os protótipos, isoladamente, conseguem apresentar, de forma coerente, a informação. No entanto, a quantidade de informação disponibilizada aumenta se, se efectuarem combinações de protótipos. Assim, é necessário garantir que, ao combinar dois ou mais protótipos num só, a informação disponibilizada por uma é coerente com a informação disponibilizada pelo outro.

Para isso, é importante testar combinações de protótipos. Na fase inicial da análise, deste problema, chegou-se à conclusão que seria mais proveitoso representar três protótipos com a técnica de janelas de mosaico. Esses três protótipos combinam os vários elementos entre si, tendo sempre em vista a manutenção da coerência e estrutura do *design*.

O **Protótipo de Barras Temporais** obedece a uma estrutura de informação que necessita de muito espaço da cena, sendo esse espaço necessário para tornar a visualização coerente e simples. O protótipo é representado por barras correspondendo cada uma delas a uma linha dos transportes públicos; colocar outro elemento na cena, quebraria a simplicidade e continuidade das barras temporais, tornando a cena pouco coerente e com fraca usabilidade. A não alteração do protótipo é, assim, a melhor decisão.

O **Protótipo Radial Temporal** revela bom potencial a apresentar informação, principalmente tendo a preocupação da ocupação de espaço. No entanto, existe uma falha neste protótipo, sendo o seu nível de precisão de representação de tempo, não muito elevado. Assim, em conjugação com a **Tabela Temporal**, o protótipo adquire precisão para os tempos de transportes mais próximos e também informa os utilizadores do destino das linhas. Com estas duas estruturas juntas, o utilizador obtém a maior parte da informação que necessita. Porém, a inclusão de o **Mapa de Paragens** traria vantagens a este protótipo, pois os utilizadores poderiam ser alertados da chegada da viatura e localizar as paragens a que se devem dirigir. Posto isto e com estas agregações pode-se concluir que os utilizadores ficam providos de três informações muito importantes:

1. Tempos de espera
2. Destino final das linhas
3. Localização das Paragens

A Figura 28 demonstra a combinação das agregações referidas acima.

Linha	Destino	Espera
68	Gondomar	8 min
204	Foz	26 min
205	Campanhã	3 min
205	Castelo Queijo	9 min
300	Av. Aliados	25 min
301	Pr. Liberdade	2 min
305	Cordoaria	14 min
505	Matosinhos	6 min
506	Matosinhos	50 min
603	Maia Zoo	8 min
603	Marquês	15 min
604	Aeroporto	4 min
704	Codiceira	26 min
704	Boavista	2 min
705	Valongo	6 min
706	Ermesinde	21 min
707	Ermesinde	2 min
803	Boavista	15 min

Mapa de Paragens



Tempos de Espera Previstos

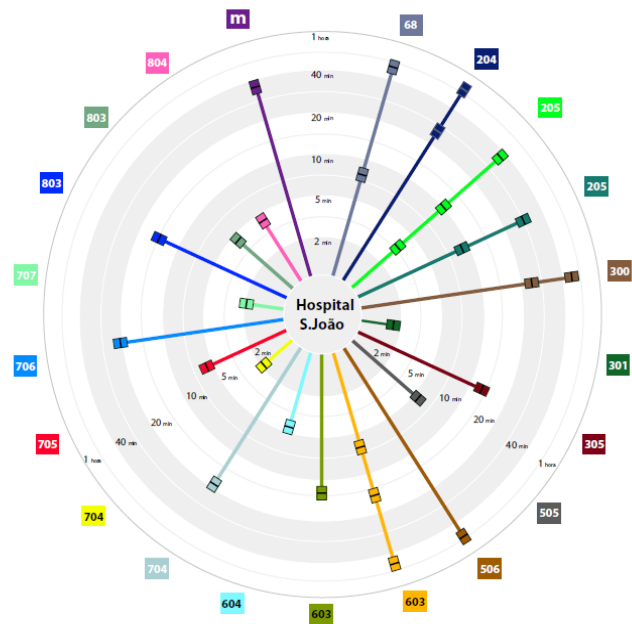


Figura 28- Protótipo Radial Combinado com o Mapa de Paragens e Tabela Temporal

A disposição dos elementos no protótipo ficaria disposta da seguinte maneira: no lado esquerdo a Tabela Temporal, em baixo no lado esquerdo o Mapa de Paragens e no resto do espaço o Mapa Radial Temporal.

O último protótipo ou **Mapa de Destinos** é um mapa esquemático com informação de todas as linhas. Consultar mapas, por vezes, pode ser um processo moroso, principalmente para obter informação acerca das linhas que podem levar a um certo destino. Por isso é importante agregar a **Tabela de Destinos** ao **Mapa de Destinos**. Para que estes dois elementos funcionem, é necessário que exista uma adaptação, de maneira que haja uma sincronização na visualização dos dados.

A Tabela de Destinos, como foi referido anteriormente, utilizará uma técnica de *sliding* para apresentar a informação, sendo apresentada em conjunto com o Mapa de Destinos, dever-se-á garantir sincronização entre a tabela e o mapa. Isto é, ao focar um destino em particular uma tabela, a grossura das linhas dos mapas que levam a esse destino dever-se-á aumentar e o círculo representativo do destino deve ser animado para alertar da sua posição. Com esta técnica de focagem, o utilizador poderá reconhecer mais facilmente as linhas. O protótipo descrito poderá ser visualizado na Figura 29.

Destinos

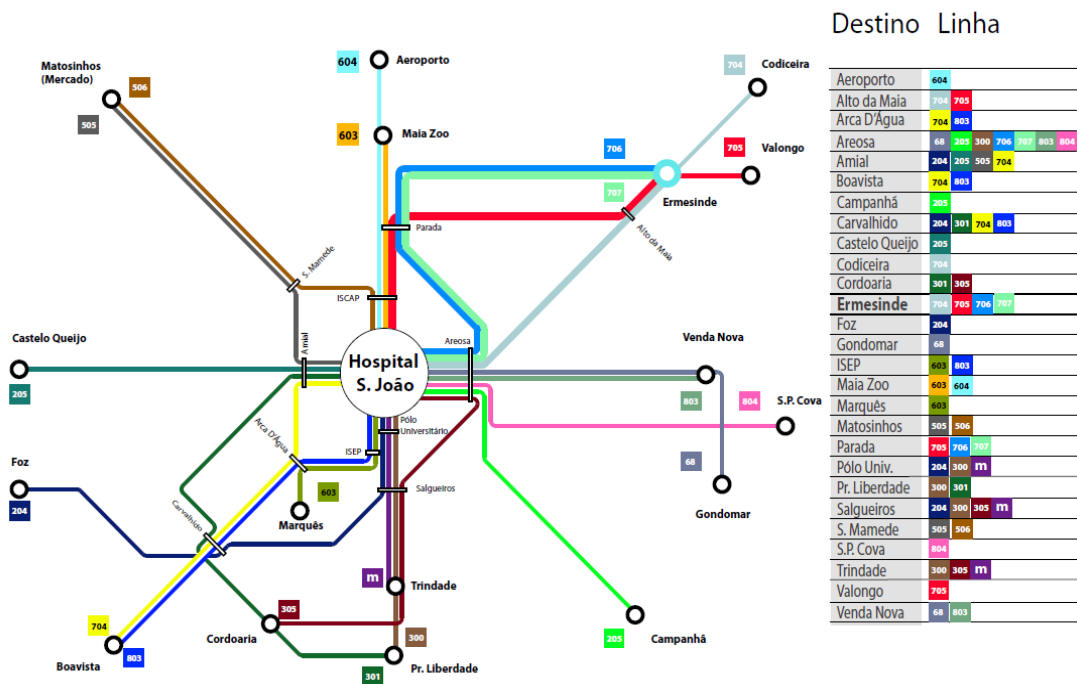


Figura 29- Mapa de Destinos com a Tabela de Destinos

Com esta estrutura de informação, o utilizador pode optar por consultar destinos das linhas através do mapa consultar as linhas que levam a um determinado destino, podendo usar a tabela ou o mapa para uma visão geral das linhas.

4.4 Avaliação dos Protótipos

No sentido de validar os protótipos e obter algum *feedback* por parte dos utilizadores, foi efectuado um inquérito. Este tinha como objectivo determinar eventuais problemas de interpretação sobre os protótipos definidos e recolher informação importante por parte dos utilizadores, principalmente opiniões, críticas e ideias. Neste inquérito foram testados os três protótipos apresentados na secção 4.3.7, em que se foca as vantagens de haver combinações entre elementos.

Durante o período de 15 a 19 de Abril, foram conseguidas 50 respostas através de um inquérito online e 50 respostas presenciais junto ao edifício do Hospital de S. João, perfazendo a amostra num total de 100 inquéritos.

O inquérito online foi o primeiro a ser executado e foi orientado para um público mais jovem, especialmente no ramo de informática, no sentido de obter uma opinião mais técnica

acerca dos protótipos. Esse inquérito foi distribuído, via correio electrónico, para a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para os estudantes do curso MIEIC.

O inquérito presencial ou entrevista visou atingir um alvo mais idoso, não obstante os restantes. Durante as respostas aos inquéritos foram feitos testes de tempos de resposta, com objectivos de perceber os tempos normais de identificação dos vários elementos.

Agregando os resultados dos dois inquéritos, pode visualizar-se a idade e habilitações literárias dos inquiridos como se demonstra na Figura 30 e Figura 31.

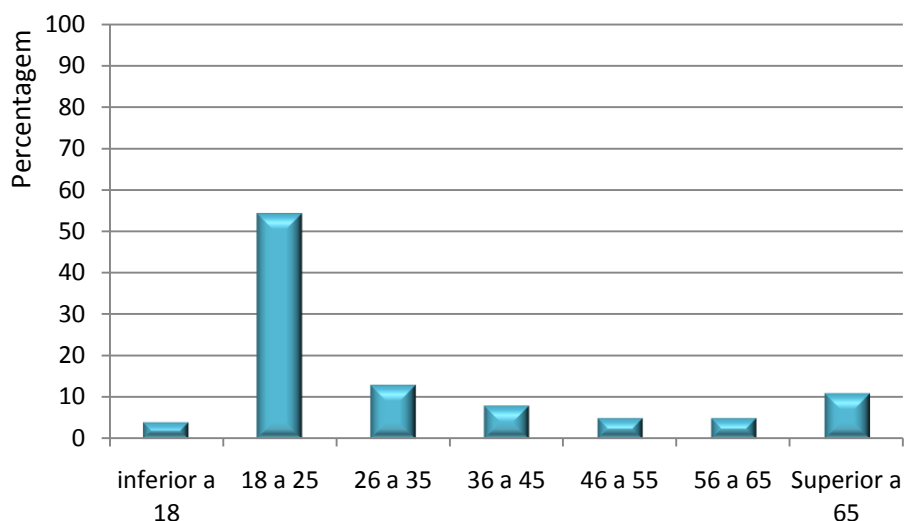


Figura 30 – Idade dos Inquiridos

A idade com maior frequência, 18 a 25, foi consequência de se ter executado um inquérito específico para aquela população, não introduzindo qualquer problema em termos de estatística, visto que apenas aumenta a fiabilidade para a faixa etária em questão. Também se pode observar uma boa dispersão de dados no resto das faixas etárias.

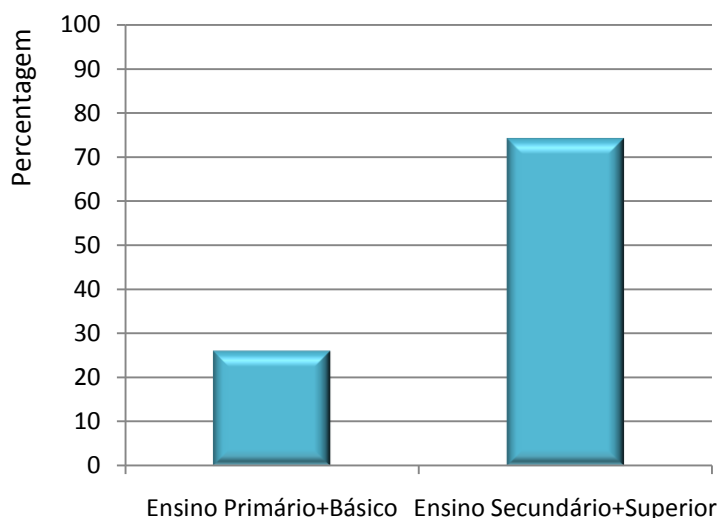


Figura 31- Habilitações Literárias agregadas dos Inquiridos

Em relação às habilitações literárias, foi feito um esforço, no sentido de aplicação de inquéritos presenciais às pessoas com ensino básico, dado que, havia possibilidade de uma maior fiabilidade. Decidiu-se agregar o ensino desde o primeiro ano até ao nono, assim como o ensino secundário e superior, dados que apresentam resultados, equivalentes.

Em relação ao **Mapa de Barras Temporais** foram apresentadas duas questões de validação:

1. Quantos minutos necessita a próxima viatura com destino a Matosinhos para chegar ao Hospital de S. João? (Resposta correcta: 1 min)
2. Na linha 603, quantos minutos necessita a segunda viatura para chegar ao Hospital de S. João? (Resposta correcta: 30 min)

Na primeira pergunta, 68% da amostra respondeu certo, concluindo-se que a maior parte das pessoas conseguem perceber o mapa de barras temporais e que, com a informação disponibilizada, é possível escolher linhas para um destino final consoante o tempo previsto.

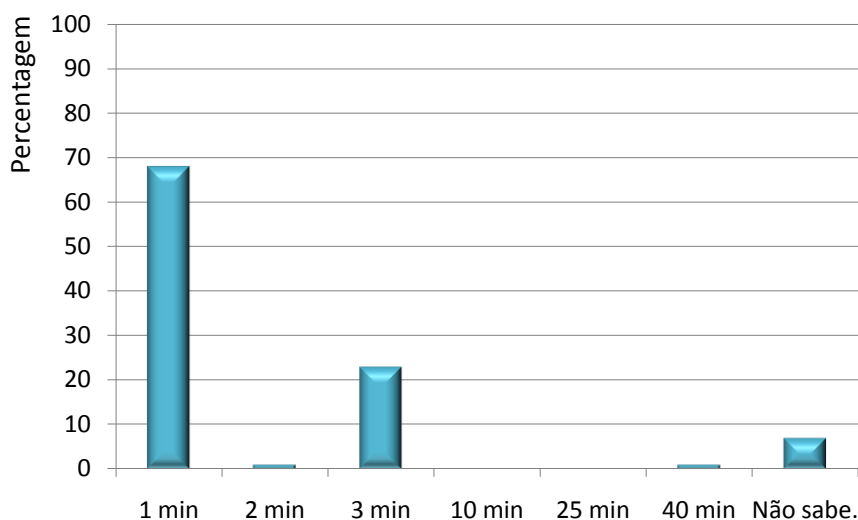


Figura 32 – Gráfico das Resposta à pergunta: Quantos minutos necessita a próxima viatura com destino a Matosinhos para chegar ao Hospital de S. João?

No entanto é de salientar que 23% da população respondeu 3 min, pois o facto de haver duas linhas com o mesmo destino, confundiu os inquiridos.

Na segunda pergunta, 84% da amostra também respondeu certo, o que leva a conclusão que a maioria dos inquiridos percebeu a escala do tempo, e consequentemente, viatura se encontrava mais longe do Hospital de S. João com um tempo 30 minutos. Os tempos médios de resposta para a primeira e segunda pergunta foram de 7.3 e 4.5 segundos respectivamente. Em conclusão, o protótipo obteve uma taxa de percepção muito elevada, por parte dos inquiridos.

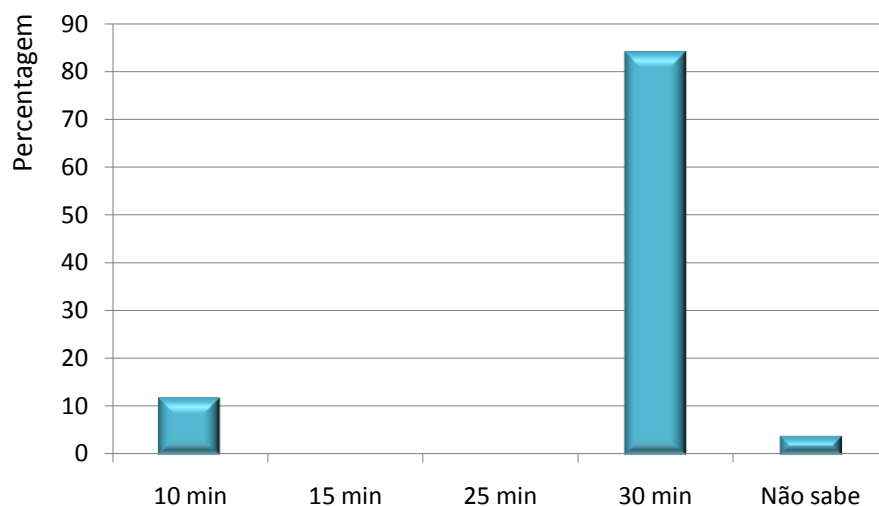


Figura 33 - Gráfico das Resposta à pergunta: Na linha 603, quantos minutos necessita a segunda viatura para chegar ao Hospital de S. João?

Para o protótipo **Mapa Radial Temporal** agregado ao **Mapa de Paragens e Tabela Temporal**, foram traçadas várias questões, tendo como principal finalidade a sua validação:

- Qual o tempo de espera da próxima viatura da linha 603 com destino a Maia Zoo? (Resposta correcta: 8 min)
- Qual o tempo de espera para a segunda viatura da linha 68? (Resposta correcta: 48 min)
- Se o quadrado com o número 301 no Mapa de Paragens estiver a piscar qual é o significado? A próxima viatura da linha 301 encontra-se... (Resposta correcta: Na iminência de chegar à paragem)

Em relação à primeira pergunta, a maior parte dos inquiridos acertou na resposta, isto é, 93% da amostra da população acertou, com um tempo médio de resposta de 7.5 segundos.

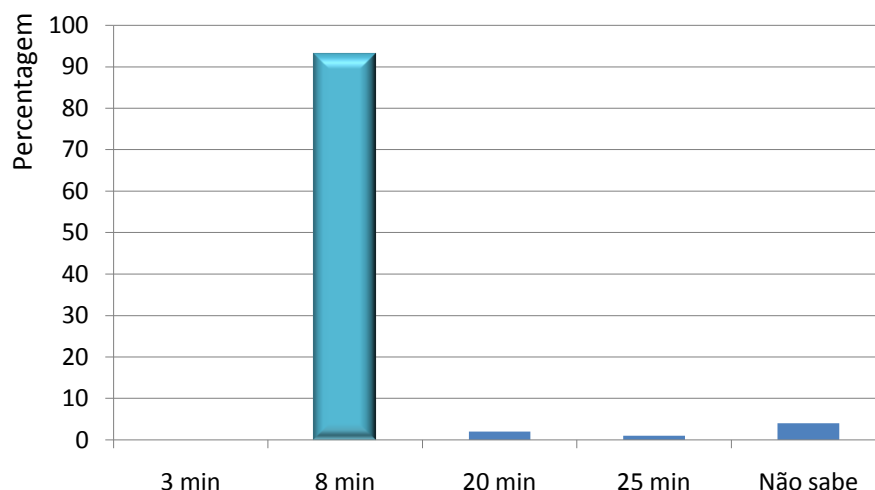


Figura 34- Gráfico das respostas à pergunta: Qual o tempo de espera da próxima viatura da linha 603 com destino a Maia Zoo?

A maior parte dos inquiridos utilizou a tabela temporal para responder a esta pergunta, o que leva a concluir que é um elemento muito importante de informação, para os utilizadores.

Na segunda questão, 80% da amostra conseguiu acertar, embora tenha tido alguns problemas na precisão do tempo de espera das viaturas, os tempos médios de resposta foram na ordem dos 10 segundos.

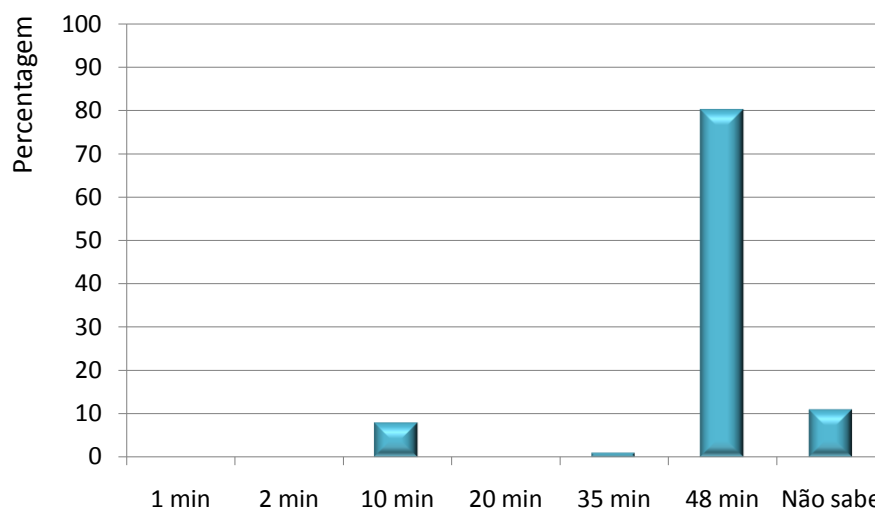


Figura 35- Gráfico das respostas à pergunta: Qual o tempo de espera para a segunda viatura da linha 68?

Na terceira questão, também houve resultados muito positivos, na medida em 95% da população deu a mesma resposta correcta. As quantidades de outras respostas foram mínimas, sem qualquer relevância para a validação do protótipo. O tempo de resposta foi quase sempre

imediatos, o que permite concluir que é uma estrutura de informação muito simples e óbvia, passível de ser reconhecida e compreendida rapidamente.

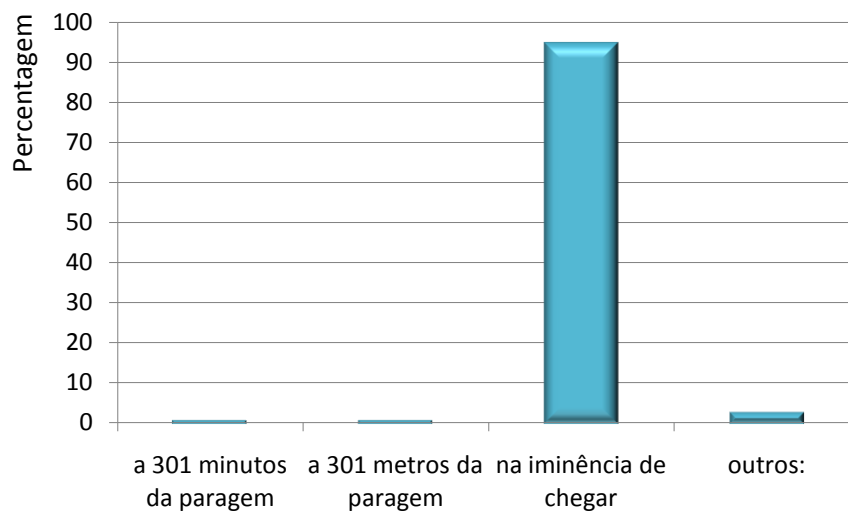


Figura 36- Gráfico das respostas à pergunta: Se o quadrado com o número 301 no Mapa de Paragens estiver a piscar qual é o significado?

Posto isto, pode-se concluir que o protótipo teve resultados muito positivos a nível da sua validação e interpretação dos valores, sendo um dos protótipos com mais potencial, em virtude de apresentar muita quantidade de informação, pois a combinação dos elementos consegue ser muito eficiente para os utilizadores.

No último protótipo (**Mapa dos Destinos** com **Tabela dos Destinos**) 100% da amostra acertou na resposta. A pergunta era:

- Quais as linhas que podem levar a Ermesinde? (Resposta correcta: 704; 705; 706; 707)

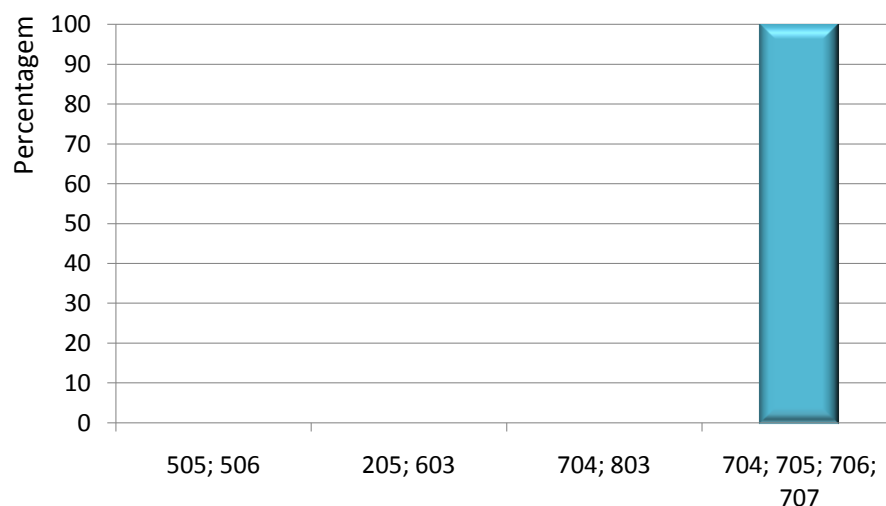


Figura 37- Gráfico das respostas à pergunta: Quais as linhas que podem levar a Ermesinde?

Neste mapa, pode-se concluir que o número de inquiridos, conseguiu compreender, na íntegra, tudo o que foi proposto. Apesar do tempo de resposta ser um pouco elevado, a maioria das pessoas que visualizou a **Tabela de Destinos**, obteve bons tempos.

No panorama geral, todos os protótipos foram validados, tendo alguns melhores resultados do que outros. É de notar que os protótipos tiveram resultados de qualidade, o que permite concluir que todos são passíveis de implementação. No entanto, por motivos de planeamento inicial do trabalho, só um protótipo foi implementado.

Assim, e face aos resultados obtidos, optou-se pelo protótipo **Mapa Radial com Tabela de Temporal e Mapa de Paragens** pois, além de ter sido validado com bons resultados, consegue representar mais informação do que o Mapa de Barras Temporais, tendo uma estrutura mais interessante e menos usual.

No inquérito também foram realizadas perguntas abertas sobre as preferências dos utilizadores acerca dos protótipos, sobre alguns mecanismos que o protótipo deveria seguir e sugestões de melhoramentos do trabalho. Estas perguntas foram muito importantes, na medida em que permitiu uma evolução e melhoramento dos protótipos.

Para uma leitura mais profunda sobre o inquérito e os protótipos definidos, consultar o anexo A e B.

4.5 Resumo

Dado o aumento da qualidade e quantidade dos transportes públicos, ao longo dos tempos, torna-se necessário criar novas estruturas de informação capazes de comunicar aos utilizadores

de uma forma rápida e eficaz, toda a informação necessária, tendo sempre presente uma melhoria na percepção dos utilizadores, em relação à introspecção do conhecimento.

Para a construção dessa estrutura ou interface é necessário primeiro estudar a zona na qual é aplicado o protótipo, tendo, sempre em vista, os recursos existentes, a nível dos transportes. Com esta informação é possível construir um sistema, à medida do que é exigido, permitindo planear e perceber, o tipo de sistema necessário à implementação.

Após a descrição e análise da zona são apresentadas soluções as quais auxiliam a resolução dos problemas descritos. Nesta fase, as soluções são traduzidas por protótipos desenhados através de um programa de tratamento de imagem, na qual podemos destacar vários elementos, tais como:

- Tabela Temporal
- Barras Temporais
- Radial Temporal
- Mapa de Destinos
- Mapa de Paragens
- Tabela de Destinos

No entanto, estes elementos por si só, não conseguem colmatar o problema proposto. É necessária a combinação destes elementos para uma melhoria da comunicação de toda a informação essencial, para os utilizadores. Após, o estudo de várias combinações, resultaram os três seguintes protótipos:

- Protótipo Radial Temporal
- Protótipo Radial Combinado com o Mapa de Paragens e Tabela Temporal
- Mapa de Destinos com a Tabela de Destinos

Para a construção destas combinações foram efectuados testes de validação, os quais foram, de uma forma geral, validados com bons resultados.

Capítulo 5

Arquitectura

*The mother art is architecture.
Without an architecture of our own
we have no soul of our own civilization.*
Frank Lloyd Wright

Este capítulo é dedicado à apresentação da arquitectura do sistema a implementar sendo esta enquadrada, sempre que possível, através de visualização esquemática e diagrama de classes. Todas as decisões relativas à concepção da arquitectura são justificadas, assim como a tecnologia utilizada.

Após a selecção do protótipo para apresentação ao público, é necessário descrever o tipo de estrutura que o mesmo deve conter de informação de suporte. Essa definição de estrutura designa-se por arquitectura. Além desta, também, é descrito o modelo de dados de uma forma clara e simples para que, no futuro, seja possível realizar operações no tratamento de informação.

É necessário compreender quais as fontes de informação que existem de suporte ao sistema, antes de definir uma arquitectura. Para a sua obtenção, é indispensável explicar os sistemas que geram essa informação. Estes são produtos desenvolvidos no seio da empresa Optimização e Planeamento de Transportes. Em seguida, apresenta-se uma breve descrição desses produtos [OPT'05]:

- **GIST** – Sistema de suporte à decisão para planeamento de operações, gestão de redes, percursos, horários, planeamento de transportes e recursos humanos.

- **InfoPub** – Sistema de Informação ao público. Permite produções automáticas de visão esquemáticas, tabelas de tempos, informação das linhas e etc.
- **SMSBUS** – Sistema que permite saber quanto tempo demorará os próximos veículos para uma paragem em particular através de uma simples mensagem de texto do telemóvel.

Estes sistemas contêm muita informação de suporte para o protótipo descrito no capítulo anterior. Para uma descrição mais generalizada pode-se afirmar que os produtos **GIST** e **InfoPub** são sistemas que geram informação que não têm alteração frequente, sendo caracterizados como um **sistema de planeamento**. O produto **SMSBUS** utiliza um sistema de previsão temporal dos veículos, sendo esta alterada muito frequentemente. Na Figura 38 é representada a visão geral do sistema.

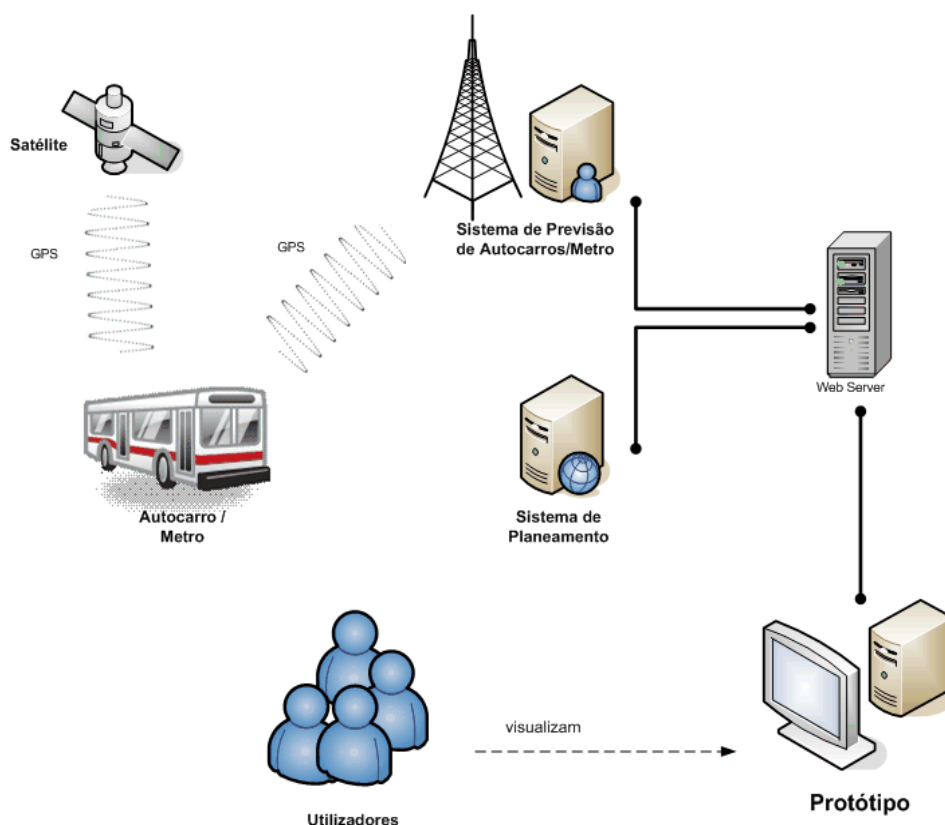


Figura 38- Visão Global do Sistema do Quadro Informativo

A visão global do sistema é constituída por vários elementos, tais como:

- **Sistema de Previsão de Autocarros/Metro** – Sistema desenvolvido com o objectivo de prever tempos das viaturas entre paragens. Este sistema recebe posições geográficas da viatura e a partir disso, consegue inferir, o tempo previsto para um determinado destino.
- **Sistema de Planeamento** – Sistema desenvolvido responsável pela informação relativa às empresas de transportes, linhas, destinos, percursos e horários.

- **Web Server** – Servidor com o objectivo de armazenar a informação do sistema de previsão do Autocarro/Metro, informação do sistema do planeamento e distribuição dessa, tratada para o protótipo.
- **Protótipo** – Interface de visualização de informação dos transportes públicos.

É de salientar que este projecto é apenas responsável pela implementação do Protótipo e do *Web Server*.

A visão global do sistema inicia-se com o reconhecimento por parte do satélite da posição geográfica da viatura. Em seguida, com uma periodicidade definida, é comunicada a posição ao sistema de previsão dos veículos. Este sistema retorna a previsão de tempos de espera para as paragens. O sistema planeado devolve também, informação importante para o protótipo, assim o *Web Server* solicita aos dois sistemas, informação específica requerida pelo protótipo, que por sua vez apresenta essa informação ao público.

No entanto, o sistema de previsão de veículos, não poderá ser utilizado, por não reunir condições necessárias para um futuro desenvolvimento do protótipo. Assim, foi decidido implementar um simulador de tempos de espera das viaturas, capaz de responder às necessidades do sistema.

5.1 Arquitectura Física

A arquitectura física tem como principal objectivo, demonstrar como o sistema global irá ficar implementado, relativamente à sua estrutura. Na visão global, descreveu-se os sistemas principais, no entanto, e face às mudanças existentes provocadas pela não utilização do sistema de previsão de tempos dos autocarros/metro, a arquitectura foi alterada.

Para substituir este sistema de previsão foi decidido construir um **simulador** capaz de reproduzir dados, o mais próximo com a realidade. O **simulador** deverá ter capacidade de reprodução de casos habituais e especiais, controlando completamente a geração dos dados.

Para o sistema de planeamento decidiu-se, que nesta fase de protótipo, seleccionar a informação necessária para a representação visual, através de um ficheiro XML, o qual contém essa mesma informação. A extracção da informação será efectuada, pelo *Web Server*. O *Web Server* retém responsabilidades não só de funcionar como ponte entre o protótipo e os sistemas mas, também, inferir conhecimento da informação disponibilizada.

Assim, face a estas mudanças, a visão global do projecto foi adaptada consoante as necessidades do protótipo. A Figura 39 ilustra as alterações na arquitectura física do quadro de informação.

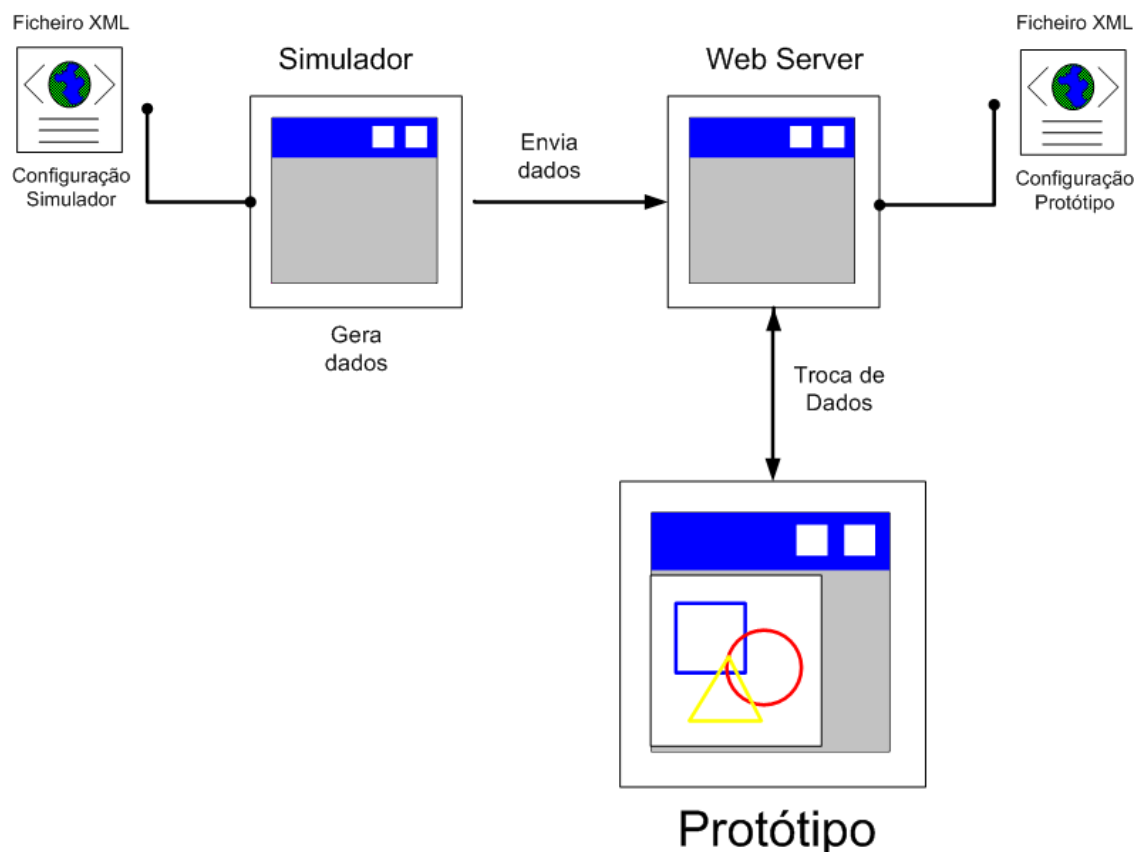


Figura 39 – Arquitectura Física do Quadro Informativo

Na arquitectura física, a principal mudança é a substituição do sistema de previsão por um simulador. O simulador será acompanhado por um ficheiro XML, que terá todas as configurações e informações específicas das linhas necessárias para gerar previsões.

O **Web Server** continuará a executar as suas funções, atendendo a pedidos por parte do protótipo. Procedendo à selecção de informação relativamente aos dados gerados pelo simulador e informação retida no ficheiro XML do lado do *Web Server*, denominada por **planeado**. Esse ficheiro XML contém informação relativamente à configuração do protótipo, dos percursos das linhas, cores, destinos e ainda outras informações relevantes para o protótipo.

5.2 Modelo de dados do Simulador

A construção do simulador é muito importante por ter como função substituir o sistema de previsão de veículos. No entanto, por ser uma componente do projecto, é necessário definir uma estrutura de dados do simulador para que haja um completo sincronismo com o protótipo e o simulador. É relevante para a implementação do simulador haver uma definição do modelo de dados, na Figura 40:

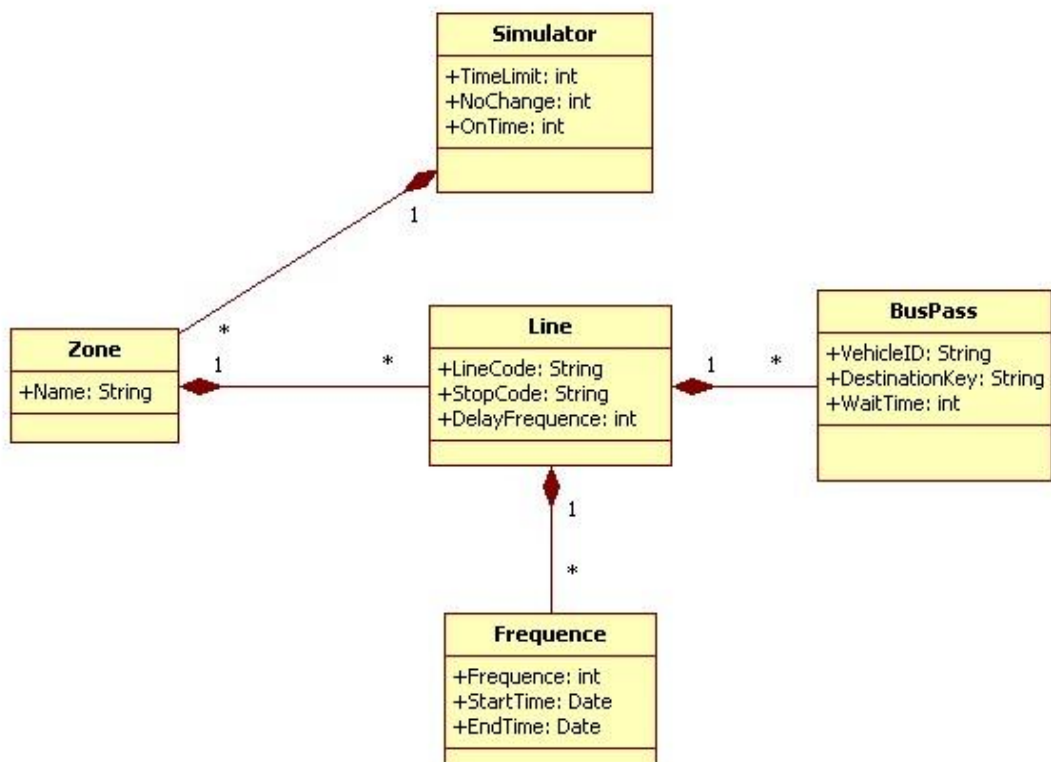


Figura 40 – Modelo de Dados do Simulador

O modelo de dados inicia-se com a classe *Simulator*, que acolhe as principais configurações do Simulador (Tabela 4).

Tabela 4 – Tabela dos atributos da Classe Simulator.

Classe Simulator		
Campo	Tipo	Descrição
TimeLimit	Inteiro	Variável reguladora do tempo máximo de espera das viaturas.
NoChange	Inteiro	Probabilidade do tempo de espera do veiculo não ser alterada.
OnTime	Inteiro	Probabilidade de haver um decremento em 1 minuto no tempo de espera dos veículos.

A entidade *Simulator* poderá ter uma ou várias zonas. Neste caso, a zona que irá ser implementada neste sistema será a *Asprela*.

A Classe *Zone* é constituída apenas por um elemento (Tabela 5).

Tabela 5- Tabela dos atributos da Classe Zone

Classe Zone		
Campo	Tipo	Descrição
Name	String	O nome da zona.

Cada zona poderá conter linhas. Estas linhas são descritas pela Classe Line. A Classe é constituída por três atributos (Tabela 6).

Tabela 6 - Tabela dos atributos da Classe Line

Classe Line		
Campo	Tipo	Descrição
LineCode	String	Código identificador da linha.
StopCode	String	Código identificador da paragem da linha de uma determinada zona.
DelayFrequency	Inteiro	Tempo máximo ou mínimo possível de atraso de uma frequência de uma linha.

A classe Line está relacionada com as entidades BusPass e Frequency. Uma linha pode ter várias frequências de tempo consoante um período de tempo. A Classe Frequency é constituída por três elementos (Tabela 7).

Tabela 7- Tabela dos atributos da Classe Frequency

Classe Frequency		
Campo	Tipo	Descrição
Frequency	Inteiro	Número em minutos da frequência da linha.
StartTime	Data	Data de início do período de tempo a que responde a frequência da linha.
EndTime	Data	Data final do período de tempo a que responde a frequência da linha.

A linha também pode estar associada a várias passagens de viaturas. A classe BusPass contém os seguintes atributos (Tabela 8).

Tabela 8 – Tabela dos atributos da Classe BusPass

Classe BusPass		
Campo	Tipo	Descrição
VehicleID	String	Conjunto de caracteres responsáveis pela identificação do veículo.
DestinationKey	String	Conjunto de caracteres responsável pelo destino final do veículo.
WaitTime	Inteiro	Tempo de espera do veículo para chegar à paragem onde o protótipo se encontra.

A classe BusPass é responsável por registar os veículos que estão a caminho da zona onde o protótipo se localiza. Contém informação acerca do tempo, identificador e destino.

5.3 Modelo de dados do Protótipo

O modelo de dados do Protótipo é mais complexo do que do simulador. Contém dados de previsão dos veículos, configurações do protótipo, informação estática relativamente a linhas, percursos, destinos e configurações necessárias para o desenho do protótipo.

Entre os dois modelos existem entidades e padrões de relações muito similares. Contudo, no global são dois modelos bastante diferentes.

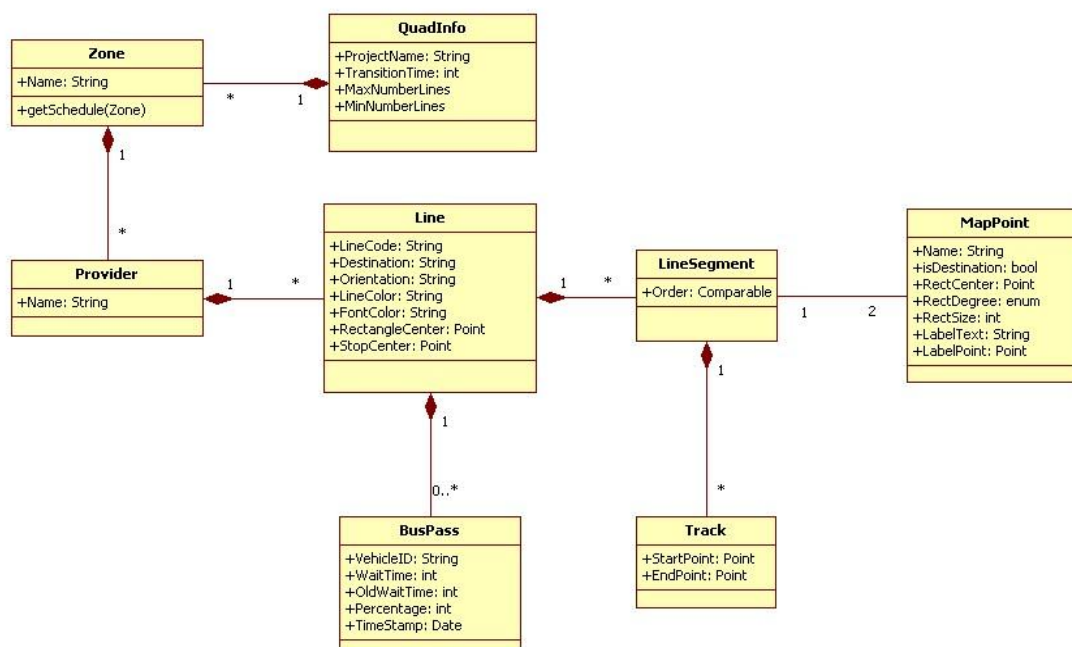


Figura 41 – Modelo de dados do Protótipo

O modelo inicia-se com a Classe QuadInfo, representativa do Quadro de Informação. É constituída por atributos responsáveis pela configuração do quadro. A classe é descrita pela Tabela 9.

Tabela 9 – Tabela dos atributos da Classe QuadInfo

Classe QuadInfo		
Campo	Tipo	Descrição
ProjectName	String	Nome do projecto.
TransitionTime	String	Tempo de transição de páginas da Tabela Temporal.
MaxNumberLines	Inteiro	Número máximo de linhas por página da Tabela Temporal.
MinNumberLines	Inteiro	Número mínimo de linhas por página da Tabela Temporal.

O quadro informativo poderá conter várias zonas. Associado à classe **Zone** está outra classe, também considerada muito simples, denominada Provider. A estrutura **Provider** contém as empresas transportadoras para aquela zona em questão. O Provider é descrito na Tabela 10.

Tabela 10 - Tabela dos atributos da Classe Provider

Classe Provider		
Campo	Tipo	Descrição
Name	String	O nome da empresa transportadora.

A Classe Line é um pouco mais complexa na medida que contém muitos atributos e acolhe várias relações com outras entidades. As entidades relacionadas são Provider, BusPass e LineSegment. Cada Empresa ou Provider poderá ter as suas linhas, assim como cada linha poderá ter várias passagens de veículos e segmentos de linha que constituem um percurso. Esta representação dos segmentos de linhas é indispensável para fornecer a informação numa estrutura de forma que no futuro, o Mapa de Destinos seja implementado. Os atributos da classe Line são descritos na Tabela 121.

Tabela 11 – Tabela dos atributos da Classe Line

Classe Line		
Campo	Tipo	Descrição
LineCode	String	Identificador da Linha.
Destination	String	Destino Final da Linha.
Orientation	String	Orientação Ida/Volta.
LineColor	String	Cor da Linha.
FontColor	String	Cor da Fonte da Linha.
RectangleCenter	Point	Posição do quadrado representativo da linha no mapa de destinos.
StopCenter	Point	Posição da paragem da linha no mapa de paragens.

Embora o conceito da entidade BusPass abordada na arquitectura do simulador seja igual, a classe contém mais atributos, pois necessita de mais especificação. Os atributos são descritos na Tabela 12.

Tabela 12 – Tabela dos atributos da Classe BusPass

Classe BusPass		
Campo	Tipo	Descrição
VehicleID	String	Identificador do veículo.
WaitTime	String	Tempo de espera do veículo.
OldWaitTime	String	Tempo de espera mais antigo.
Percentage	String	Percentagem do tempo da linha em relação tempo limite definido pelo utilizador. Serve para desenhar o tamanho da linha no mapa radial.
TimeStamp	Date	Data da última actualização do tempo de espera.

A classe `SegmentLine` serve principalmente para ordenar os segmentos, tendo em conta os pontos notáveis. Cada segmento de linha tem de ter obrigatoriamente dois pontos notáveis. O ponto de origem e ponto de destino. O segmento de linha é descrito na Tabela 13.

Tabela 13 – Tabela dos atributos da Classe LineSegment

Classe LineSegment		
Campo	Tipo	Descrição
Order	Comparable	Atributo que compara os segmentos de linha e que faculta uma ordem para ser definido um percurso.

As *tracks* são pequenos troços que, juntos, perfazem um segmento de linha. A sua composição é:

Tabela 14 - Tabela dos atributos da Classe Track

Classe Track		
Campo	Tipo	Descrição
StartPoint	Point	Ponto de início do troço.
EndPoint	Point	Ponto final do troço.

Por último, a Classe `MapPoint` é uma entidade muito importante, por nela estarem definidos os pontos mais importantes para o desenho do mapa de destinos. Contém informações relevantes, como, por exemplo, posições de elementos e se o ponto notável é o destino final de um percurso. Para uma melhor compreensão, é apresentada na Tabela 15.

Tabela 15 – Tabela dos atributos da Classe MapPoint

Classe MapPoint		
Campo	Tipo	Descrição
IsDestination	bool	Se é destino final ou não.
RectCenter	Point	Posição do rectângulo identificativo da localização no mapa de destinos.
RectDegree	float	Ângulo do rectângulo identificativo da localização.
RectSize	int	Tamanho do rectângulo.
LabelText	String	Nome da localização no mapa de destinos.
LabelPoint	Point	Posição do nome da localização no mapa de destinos.

Este modelo de dados é uma abordagem para todos os protótipos descritos no capítulo anterior.

5.4 Resumo

Este capítulo tem como principal objectivo apresentar a arquitectura do projecto, sendo o principal suporte ao sistema a ser implementado. A visão global do sistema inicia-se com a comunicação entre o GPS do transporte público e o satélite. Seguidamente o transporte público envia um pedido de localização geográfica, sendo esta informação reencaminhada para um sistema de previsão de tempos das viaturas. Com o conjunto de informações fornecidas pelo sistema de planeamento e de previsão, o *Web Server*, consegue inferir informação, na qual mais tarde enviará para o protótipo.

No entanto, o sistema de previsão não reúne as condições necessárias para o desenvolvimento do trabalho. Para colmatar esta falha, foi construído um simulador, o qual tem como função gerar previsões de tempos de espera de viaturas. A partir desta alteração foi construída uma nova arquitectura física, que representa a estrutura que deve ser seguida na implementação.

Para seguir esta estrutura são apresentados os modelos de dados do simulador e do sistema que reproduz os protótipos. Esses modelos de dados, visam apresentar as estruturas na qual vão armazenar a informação, de uma forma organizada, que permite a extracção da informação para a representação visual.

Capítulo 6

Implementação

A apresentação das soluções para a resolução do problema e a definição da arquitectura são factores muito importantes na compreensão e visão global do projecto. Contudo, é sempre necessário abordar aspectos de mais baixo nível para a percepção de estratégias, a nível de implementação e organização do código fonte.

Como foi explicado anteriormente, o *Windows Presentation Foundation* utiliza uma linguagem de anotação denominada de XAML. Esta linguagem é usada para definir interfaces ou modelos padrão com o intuito de serem reutilizados.

Para uma melhor percepção e organização dos ficheiros e, consequentemente, do código, foi construído um modelo que apresenta a organização dos ficheiros do projecto (Figura 42).

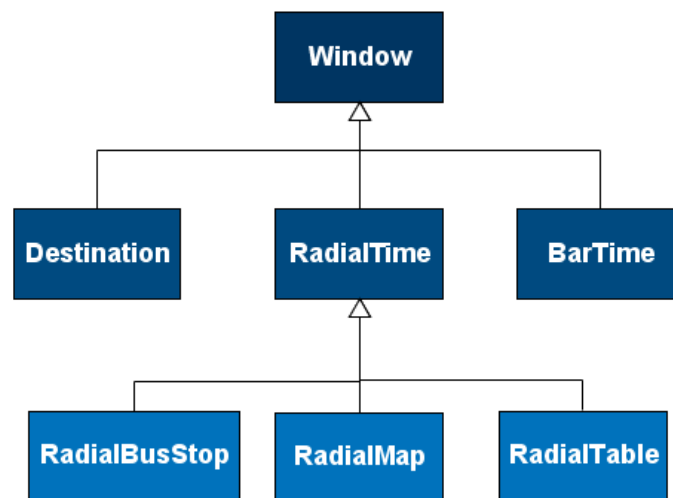


Figura 42- Estrutura dos ficheiros XAML do Protótipo

A Figura 42 representa a estrutura de ficheiros seguindo uma linha de hierarquia dos protótipos definidos na secção 4.3.7. Esses elementos são designados por User Control, uma vez que, podem ser adicionados à interface, tendo sempre em vista uma estratégia de reutilização.

Assim, consultando a figura, observa-se que o ficheiro onde tudo começa (**Window**), herda três interfaces na qual poderá apresentar:

- **Destination**
- **RadialTime**

- BarTime

No entanto, só a interface RadialTime foi implementada, cujos elementos se podem distinguir nessa mesma interface:

- Tabela Temporal (RadialTable)
- Mapa Radial (RadialMap)
- Mapa de Paragens (RadialBusStop)

Esta estrutura de ficheiros permite ao sistema obter maior organização, flexibilidade na implementação de novos elementos e de reutilização de código.

6.1 Threads

As aplicações WPF iniciam-se, normalmente, com duas *threads* importantes, uma para desenhar e outra para gerir o interface do utilizador. A *thread* responsável por desenhar corre em *background*, não podendo o utilizador configurá-la à sua medida; a nível da interface é possível que o utilizador defina e personalize consoante os seus requisitos. A classe responsável por controlar a *thread* do UI é denominado por *Dispatcher*.

Para que a aplicação WPF funcione com performance adequada, alocando apenas os recursos necessários, é boa prática definir quais são os elementos que uma *thread* necessita de modo a não ser necessário efectuar cálculos ou operações desnecessárias.

Assim, para a configuração do projecto foram definidos várias *threads*.

Para o **Simulador** apenas foi definida uma thread principal com um tempo predefinido pelo utilizador, que gera os dados importantes da simulação.

O **Protótipo** é mais complexo do que o simulador e necessita de mais threads para uma melhor optimização. As *threads* são:

- **Thread de Actualização** – *Thread* responsável por recolher informação distribuída pelo *Web Server* definida com uma periodicidade específica. Recolhe informação dos tempos de espera dos transportes públicos.
- **Thread da Tabela Temporal** – *Thread* responsável por actualizar o desenho da Tabela Temporal.
- **Thread da Mapa de Paragens** – *Thread* responsável por actualizar o desenho do Mapa de Paragens
- **Thread do Mapa Radial** – *Thread* responsável por actualizar o desenho do Mapa de Paragens

Com estas threads é possível definir a taxa de refrescamento de cada animação, o que torna possível optimizar o processo de desenho e diminuir cálculos da aplicação.

6.2 Simulador

O simulador possui um papel muito importante no sistema global de toda a implementação. Sem ele seria impossível apresentar o protótipo com dados próximos da realidade. Serve também e de ajuda na implementação do protótipo, pois permite testar casos específicos que poderão acontecer de forma incontrolada em casos reais.

Assim, o simulador necessita de um algoritmo de geração de viaturas, consoante a frequência da linha e do tempo de limite máximo de representação.

A Figura 43 apresenta uma versão simplificada do algoritmo de geração de viaturas e actualização dos tempos.

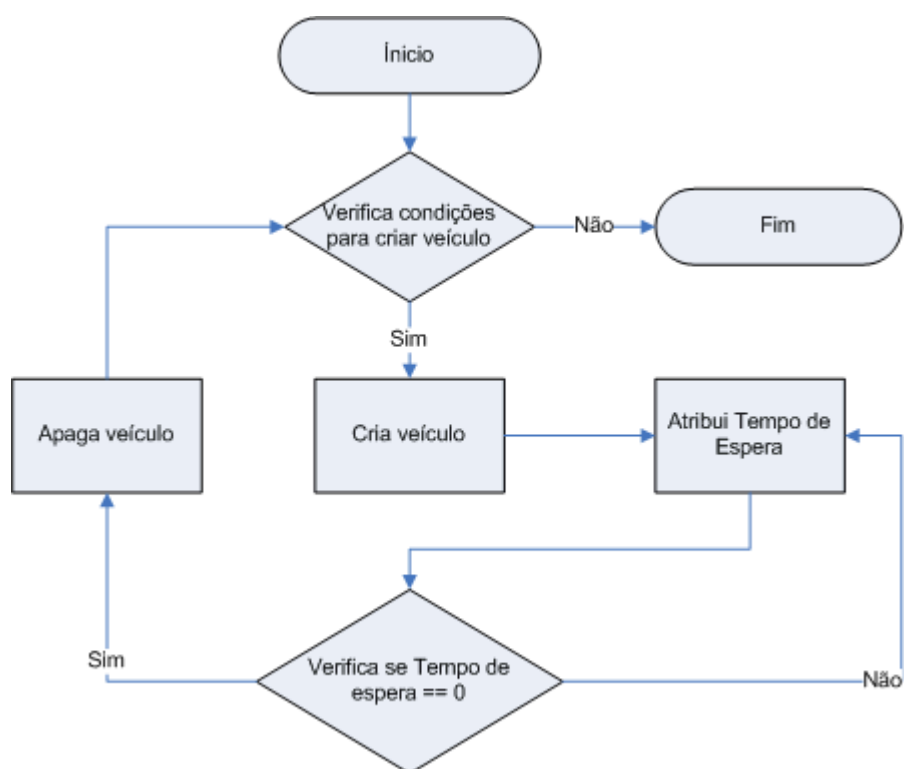


Figura 43- Diagrama de Fluxo do processo de geração de viaturas.

A Figura 43 explica na íntegra o algoritmo de geração das viaturas. O fluxo começa por verificar se existe condições para criação de um veículo e que seguidamente se define:

- O número máximo de viaturas da linha ainda não foi atingido.
- O tempo de espera da última viatura mais a periodicidade da linha tem de ser menor ou igual ao tempo limite máximo definido pelo utilizador.
- Existem vários horários e frequências para cada linha; é necessário que exista um horário correspondente à linha.

Caso algumas destas condições não seja cumprida, o algoritmo chega ao fim. No caso contrário, é criado um veículo e é-lhe atribuído um tempo, dependendo do tempo da última

viatura, da periodicidade da linha e um tempo aleatório. Este tempo evolui, decrementando-se, e atinge o valor zero quando a viatura chegar ao Hospital de S. João. Enquanto o tempo tomar valores diferentes de zero, é atribuído um tempo à viatura. Esse tempo poderá manter-se ou ser-lhe subtraído um minuto, dependendo de probabilidades definidas pelo utilizador. Este processo de atribuição de tempo e comparação será executado várias vezes, até que o tempo seja igual a zero minutos. Após a viatura ser eliminada, o algoritmo volta ao processo de decisão de criação de veículos.

Apesar de este algoritmo ser completamente automático, foi necessário estabelecer uma ponte entre o algoritmo e o utilizador. Foi concebido uma interface capaz de configurar algumas opções do algoritmo, mas também de permitir ao utilizador um controlo manual da geração de veículos. A Figura 44 ilustra a interface do utilizador do simulador.

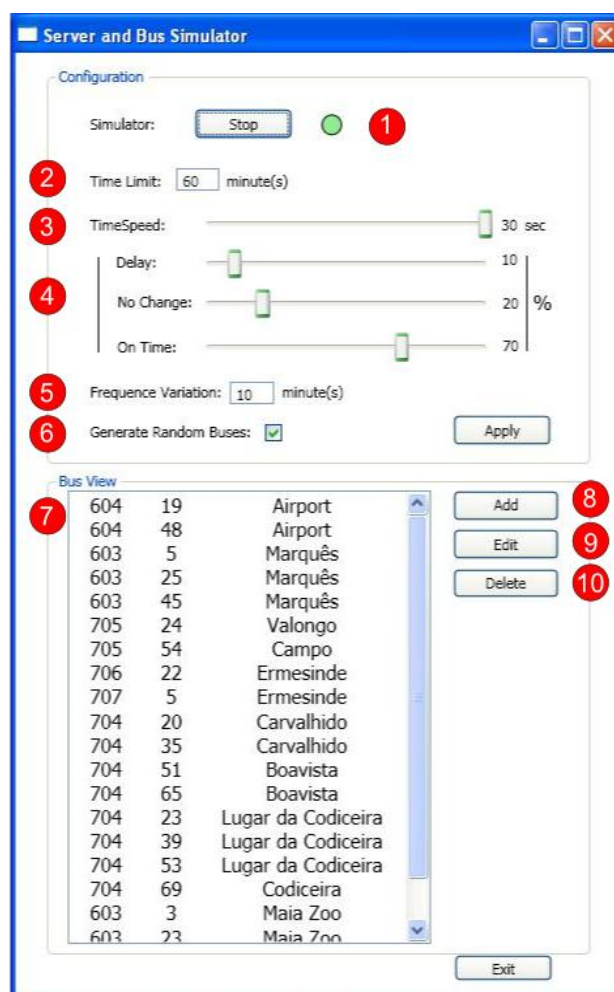


Figura 44- Interface do Simulador

Esta interface permite configurar o simulador e disponibiliza várias funcionalidades:

1. Capacidade de começar e recomeçar o simulador.
2. Definir um tempo limite máximo de visão das viaturas.
3. Definir a velocidade de actualização dos valores temporais.

4. Definição de probabilidades de acontecerem atrasos, de cumprir horário e de manter o tempo.
5. Definir o limite máximo de tempo em que pode ocorrer variação entre as frequências das viaturas.
6. Possibilidade de gerar, inicialmente, viaturas aleatórias.
7. Vista de viaturas com a linha, tempo e destino.
8. Adicionar viaturas (manualmente).
9. Editar viaturas (manualmente).
10. Apagar viaturas (manualmente).

Estas funcionalidades permitem um maior controlo, relativamente à geração de informação no simulador.

6.3 Web Server

O Servidor ou *Web Server* é responsável por criar uma ponte entre Simulador e Planeado (informação estática) e o Protótipo. Toda a informação destes sistemas é tratada no servidor e consoante os pedidos do protótipo, é enviada.

O Servidor é o sistema mais simples de implementar, pois apenas possui algumas funcionalidades relevantes para o sistema global. Essas funcionalidades são:

- Ler ficheiros XML
- Relacionar informação proveniente do simulador e do planeado.
- Enviar informação para o protótipo, consoante o pedido efectuado. Esse pedido pode utilizar a funcionalidade anterior.

É de notar que o Servidor não possui qualquer técnica de desenho, nem qualquer algoritmo de geração de dados. Pode afirmar-se que o *Web Server* é um sistema construído à medida do protótipo, sendo o seu principal objectivo, separar a camada de tratamento de dados, da apresentação da informação.

Com esta divisão é possível manter o Protótipo sem alterações, apenas sendo necessário, alterar o Servidor.

6.4 Protótipo

Esta subsecção tem como propósito explicar as principais implementações relativamente ao protótipo de apresentação de informação ao público. Como foi descrito anteriormente, apenas foi implementado o protótipo combinado com o Mapa Radial, Tabela Temporal e Mapa de Paragens.

Apesar de todos pertencerem ao mesmo protótipo, os elementos funcionam independentemente e, por isso, possuem implementações diferentes. No entanto, existem técnicas de desenho que são partilhados por todos elementos.

Um dos requisitos mais importantes do protótipo é poder redimensionar a janela e adaptá-la à resolução do dispositivo. Todos os elementos do protótipo se transformam proporcionalmente, de acordo com a sua dimensão.

O WPF permite o redimensionamento da janela com valores estáticos ou pré-definidos pelo utilizador. Contudo, a aplicação necessita de efectuar cálculos de transformações e posições no período em que o programa se encontra a correr. Assim existem duas opções:

1. Construir uma camada de conversor de posições e tamanhos e utilizá-la para calcular todos elementos. Este método tem a desvantagem de tornar o código mais complexo.
2. Utilizar contentores especificados em proporção. Todos os elementos irão herdar a posição e tamanho do contentor pai.

Depois de alguns testes efectuados, foi decidido optar pela segunda opção. A primeira opção tornaria a parte da lógica de negócio com demasiado código fonte e algo confusa. A Figura 45 demonstra a solução para especificar a posição e o tamanho de um determinado objecto.

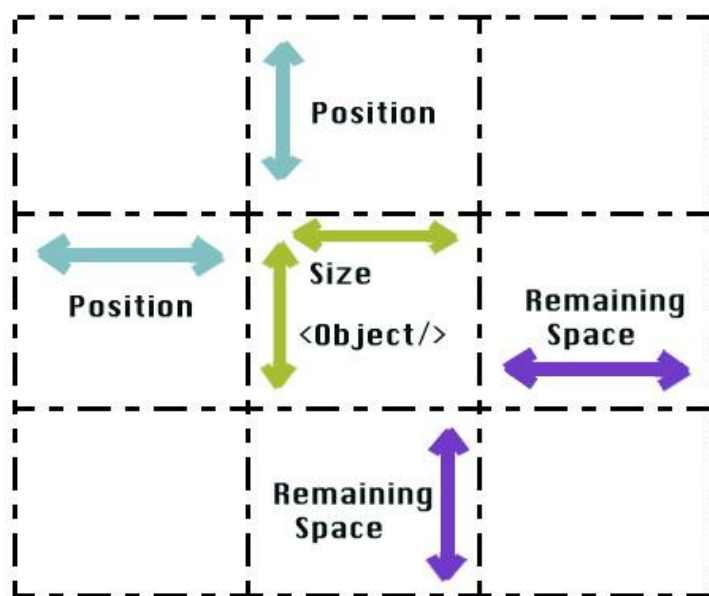


Figura 45 – Técnica de posicionamento e tamanho de um contentor

Esta figura demonstra a técnica de um elemento que faz parte da *Framework* .NET, denominado de Grid. O objecto fica posicionado na célula central da Grid onde herdar a posição definida através do tamanho das células. O tamanho definido pela própria célula especifica o tamanho do objecto. As posições e os tamanhos são definidos em percentagem e, no total os tamanhos das linhas e colunas terão que perfazer 100%.

Em seguida são apresentadas as implementações mais importantes de cada elemento do protótipo.

6.4.1 Tabela Temporal

A tabela temporal representa informação sobre as viaturas que se encontram mais próximas do Hospital de S. João. No capítulo 3 observa-se a estrutura da tabela temporal assim como, o *design* aplicado ao protótipo.

A construção deste protótipo foi dividida em duas fases:

1. Construção da estrutura que suporta a informação e posicionamento da informação na estrutura.
2. *Design* da estrutura.

Na primeira fase, em vez de utilizar uma estrutura definida pela *Framework* .NET, foi decidido utilizar uma estrutura criada de raiz, para colmatar os requisitos propostos. Esses requisitos específicos são:

- Obter maior controlo da informação que se apresenta na tabela.
- Representar um *design* independente da estrutura.
- Efectuar a paginação dinâmica.

Posto isto, decidiu-se utilizar o elemento Grid para criar as colunas e as linhas necessárias para estruturar a informação pretendida para apresentação. A Figura 46 demonstra como se estrutura essa informação.

<code><TextBlock></code> Title 1 <code></TextBlock></code>	<code><TextBlock></code> Title 2 <code></TextBlock></code>	<code><TextBlock></code> Title 3 <code></TextBlock></code>
<code><TextBlock></code> Line <code></TextBlock></code>	<code><TextBlock></code> Destination <code></TextBlock></code>	<code><TextBlock></code> Time <code></TextBlock></code>
...	...	...

Figura 46 – Estrutura da Tabela Temporal

Esta estrutura foi implementada em C#, e é dinâmica no sentido de ser completamente adaptável às dimensões da informação recebida e que se pretende afixar. Esta estrutura é representada por múltiplas células e, dentro das mesmas, existem os elementos contidos, que herdaram a posição e tamanho.

Com os dados recebidos, é possível calcular o número de linhas a representar, sendo possível também definir o tamanho mínimo e máximo de linhas por tabela. A *thread* da paginação define o tempo a apresentar em cada página.

A segunda fase, denominada por *design*, é completamente independente, pois repete a estrutura de informação anterior. No entanto, o conteúdo da célula é povoado por elementos de formas de desenho do WPF na qual são capazes de aplicar um *design* personalizável.

Esta estrutura de informação é baseada no elemento Grid, com colunas e linhas, na qual as únicas diferenças são os elementos contidos nas células.

6.4.2 Mapa de Paragens

O Mapa de Paragens é um protótipo necessário para colmatar a falta de informação relativamente à localização das paragens para uma certa linha. Para cumprir estes requisitos, foi construído um desenho representativo da zona e definidos os elementos representativos das paragens.

O Protótipo é constituído por dois tipos de desenho:

1. Desenho representativo da zona, não passível de ser alterado numa periodicidade definida.
2. Elementos representativos da paragem, sendo a posição definida pelo utilizador em percentagem.

O desenho da zona é apenas utilizado para representar a zona, situando-se em *background* no protótipo. No entanto, não deixa de ser muito importante pois contextualiza o utilizador da zona. Os elementos representativos da paragem são valores percentuais definidos num ficheiro XML na parte do *Web Server*. Estes valores são distribuídos para o protótipo e colocados no espaço reservado para o Mapa de Paragens tendo em conta a sua posição relativa. É da responsabilidade do utilizador posicionar os elementos da paragem no local correcto.

A funcionalidade de animar os elementos da paragem utiliza uma *thread* com um tempo definido. A *thread* responsável pela animação utiliza um algoritmo muito simples de execução. Quando um veículo apresenta um tempo limite, segundo o qual está na iminência de chegar ao Hospital S. João, o algoritmo reconhece que é necessário dar início à animação. Mais detalhadamente, a *thread* executa intermitentemente o sinal desse elemento, criando uma sensação de animação, focando a atenção do utilizador nessa paragem.

6.4.3 Mapa Radial

O Mapa Radial é um protótipo que apresenta o movimento temporal das viaturas num gráfico de barras dispostas numa representação radial. Em comparação com os restantes protótipos

implementados, este é o mais complexo, o que se deve ao facto de ser um gráfico completamente dinâmico, ajustável pelo utilizador.

O Mapa pode ser dividido em várias fases de implementação:

1. Desenho de círculos ao qual se ajusta automaticamente aquando o redimensionamento da janela.
2. Construção da escala de tempo.
3. Representação dos tempos das viaturas de todas as linhas.
4. Disposição das linhas ao longo do gráfico radial.
5. Movimento gradual das viaturas.

A **primeira fase** de implementação tinha como objectivo desenhar um círculo sendo que, após um redimensionamento da janela ou da resolução, o círculo se adapta ao tamanho da cena. A técnica utilizada para a construção de um contentor (Grid) com a forma de um quadrado, dotado de uma elipse no interior. Como a posição e o tamanho de cada elemento a desenhar, do seu contentor são herdados, a elipse tornar-se-á em círculo.

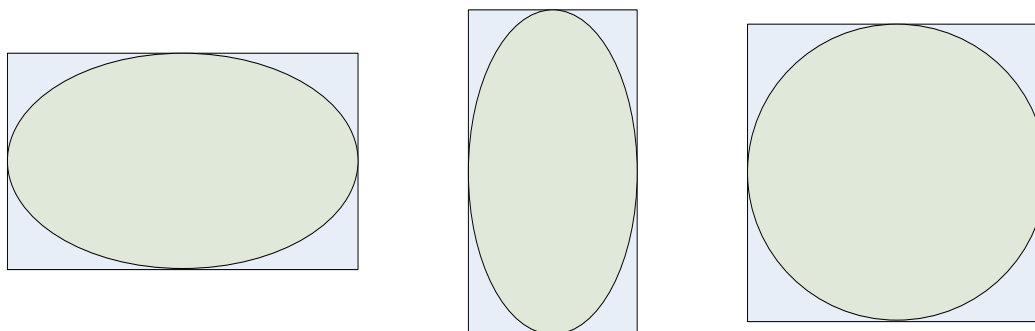


Figura 47 – Várias representações possíveis de acontecer no Mapa Radial. A figura na esquerda e central são elipses. A figura à direita é um círculo.

Porém como a Figura 47 demonstra, caso a janela seja redimensionada, o círculo deforma-se passando a ser elipse, sendo necessária a implementação de um evento, para atribuir ao tamanho do contentor, o valor do diâmetro mais pequeno da elipse, para tornar o contentor num quadrado.

A segunda fase utiliza contentores e elipses concêntricas para representar as escalas definidas pelo utilizador, na qual estão definidas em um ficheiro XML. A Figura 48 representa uma escala definida pelo utilizador.

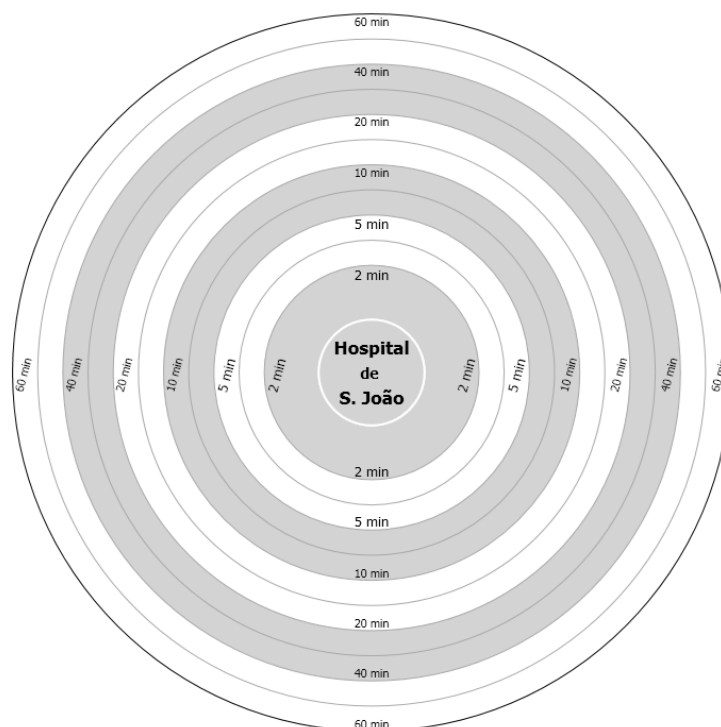


Figura 48- Escala representada por vários círculos

A escala é calculada dinamicamente, por exemplo, caso hajam 10 valores de tempos a serem representados, o algoritmo desenha 10 círculos, tendo sempre em atenção a proporção de distância entre eles. Os círculos são acompanhados por estas legendas, sendo estas expressas em minutos.

A **terceira fase** é independente das outras fases referidas. Esta fase tem como objectivo a representação das viaturas de cada linha. Para uma melhor compreensão, observe a Figura 49.

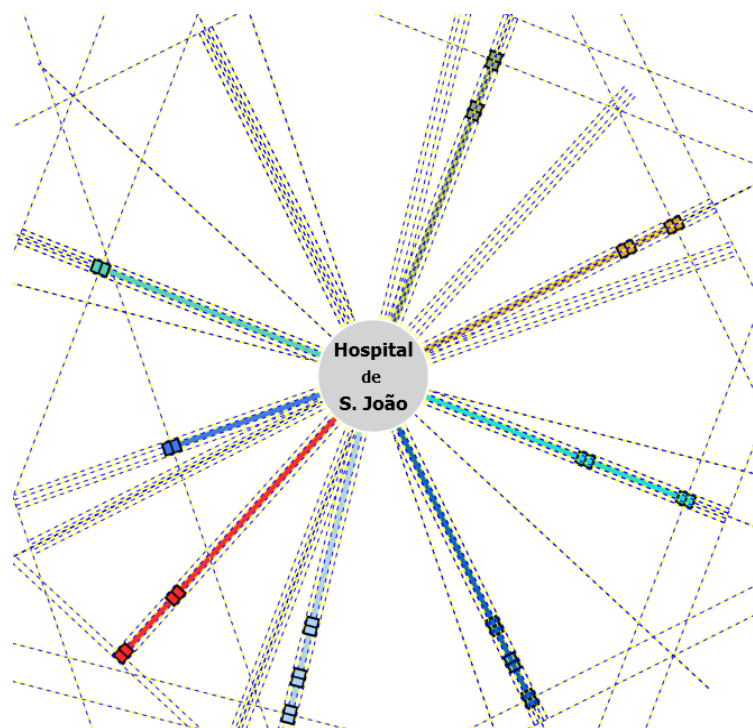


Figura 49- Representação das viaturas no Protótipo Radial

A Figura 49 apresenta 7 linhas com a representação dos tempos de cada viatura. Os rectângulos desenhados na figura são representações das viaturas, sendo o tamanho da linha até à sua posição correspondente ao tempo de chegada até ao Hospital de S. João. Esses rectângulos são representados por células de uma Grid, sendo utilizada a mesma técnica de posicionamento e de tamanho abordada nesse capítulo.

A **quarta fase** é de extrema importância dado que decide a disposição das linhas no espaço radial. O algoritmo é bastante simples e de fácil de implementação. Em primeiro lugar, divide-se o mapa em quatro quadrantes. Nos ângulos $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ e 270° são reservados ângulos de folga para não ficarem coincidentes com a legenda da escala. Em seguida conta-se quantas linhas são necessárias representar e divide-se pelo número de quadrantes, o que dá o número de linhas por quadrante. Após esse cálculo, o cálculo dos ângulos de representação das linhas é trivial.

A **quinta ou última fase** implementa um movimento gradual das viaturas ao longo do tempo. A necessidade desta implementação deve-se ao facto dos utilizadores sentirem a necessidade de saber qual o sentido das viaturas. Os dados recebidos pelo protótipo são discretos, na ordem dos minutos, e, por conseguinte, só existe movimento discreto entre minutos. Com o movimento gradual, é possível visualizar a viatura em tempos intermédios.

A implementação desta funcionalidade é muito simples, tendo em conta a estrutura implementada no protótipo. Cada viatura é definida com uma percentagem e é possível determinar quantos minutos faltam para a chegar à próxima escala, através de cálculos lineares.

Assim, só é necessário fazer um cálculo de uma média de percentagem por activação da *thread* responsável por actualizar o desenho das viaturas. Este cálculo é definido pelas configurações da velocidade do simulador.

6.5 Resumo

Este capítulo, visa descrever todas as fases e processos da implementação, o seu desenvolvimento, recorrendo sempre que possível a um detalhe mais aprofundado.

A implementação inicia-se com a representação de uma estrutura a nível de ficheiros e identificação dos elementos visuais que foram seleccionados, tendo em vista a implementação.

As *threads* têm um papel importante na optimização e organização do sistema. Neste capítulo é apresentado o seu funcionamento, propósito, e os elementos e funcionalidades que necessitam dessas mesmas para tornar o protótipo simples, eficaz e optimizado.

Em relação ao simulador, é explicado o fluxo de dados do algoritmo de geração de tempos das viaturas. Esse fluxo é demonstrado através de um diagrama capaz de representar o algoritmo de um maneira simples e abstracta.

No que toca ao protótipo são descritas as principais técnicas de representação dos objectos, relevantes na concepção do projecto. São explicados também todos os processos, desde a extracção da informação até ao ponto da representação visual, focando sempre os problemas encontrados no desenvolvimento do projecto.

Capítulo 7

Avaliação e Testes

Neste capítulo, são descritas avaliações dos protótipos, análise das decisões e também são efectuados testes, os quais permitem avaliar as potencialidades do projecto.

7.1 Usabilidade

A usabilidade normalmente refere-se à simplicidade e facilidade com que uma interface de utilizador pode ser utilizada. No questionário efectuado aos utilizadores no capítulo 3 foram conseguidas opiniões e validações dos protótipos. Cabe a este subcapítulo, avaliar as decisões tomadas, retirar juízos de valor e apresentar soluções.

7.1.1 Tabela Temporal

Após a escolha dos protótipos, uma das perguntas mais importantes acerca do protótipo Tabela Temporal é:

- Qual o número ideal de representações de linhas em cada página?

Embora esta pergunta tenha mais sentido de ser respondida pelos utilizadores, pode ser tecidas algumas considerações.

Sabendo que a Tabela Temporal utiliza paginação, quanto maior o número de páginas mais difícil se torna para o utilizador encontrar a linha e o tempo de espera respectivamente. Sendo assim, faz sentido maximizar o número de linhas por cada página de modo a minimizar o número de páginas.

Linha	Destino	Espera	1/3
603	Marquês	3 min	
603	Maia Zoo	2 min	
604	Aeroporto	16 min	

Figura 50- Tabela Temporal com três páginas

A aplicação foi concebida com flexibilidade e parametrizada de modo a ser possível a alteração do número mínimo e máximo de linhas por página, permitindo um ajuste automático das dimensões dos elementos gráficos.

Através de uma amostra de dez pessoas, na qual o seu objectivo era uma apreciação global e melhoramento da aplicação, chegou-se a um consenso em que o número ideal de linhas por página seria dez. Este número deve-se ao facto de os utilizadores encontrarem um equilíbrio entre a representação da informação e o *design*, não provocando confusão na compreensão da informação.

7.1.2 Mapa Radial

O Mapa Radial é um protótipo cuja principal vantagem é condensar grande quantidade de informação num espaço pequeno, sem perda de coerência e sem grande aumento de complexidade de análise da informação apresentada.

Porém é necessário efectuar testes para calcular o número máximo de linhas aceitáveis para a difusão ao público. Para que o protótipo cumpra as regras dos testes efectuados, terão de ser cumpridos os seguintes pressupostos:

- Os quadrados identificadores das linhas que estão posicionados por fora da escala, não deverão ficar sobrepostos.
- As linhas não deverão ficar sobrepostas entre elas, assim como a escala de tempos.
- As viaturas não deverão sobrepor-se a outras linhas nem à escala.

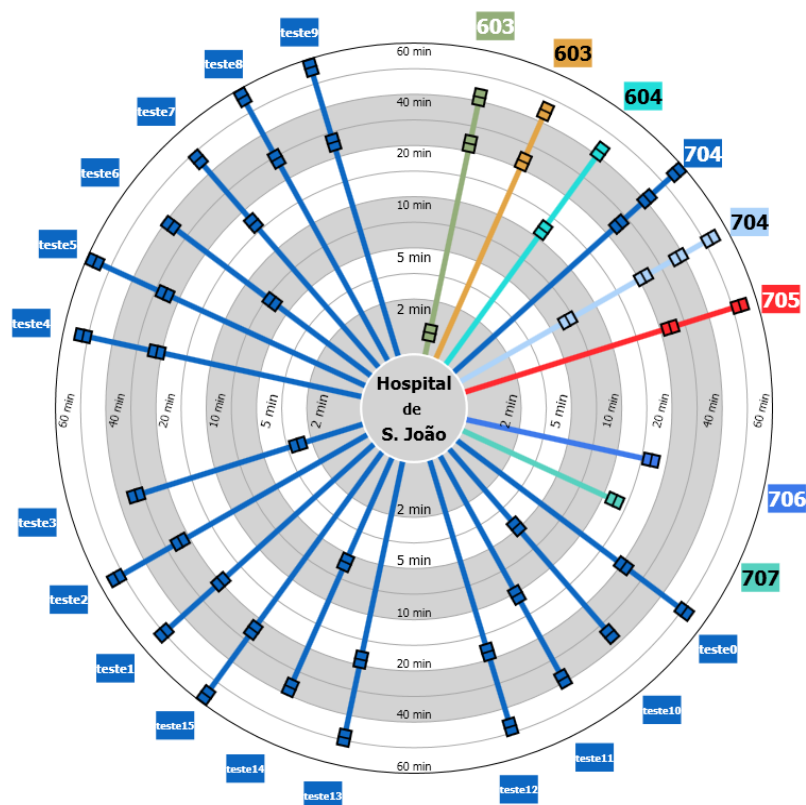


Figura 51 – Mapa Radial com o número máximo de linhas aceitável.

Posto isto, e após alguns testes, foram calculadas 24 linhas possíveis de representação. Ao analisar a Figura 51 pode concluir-se que os pressupostos anteriores, apesar da quantidade das linhas, são verificados.

7.2 Testes de Carga e Desempenho

Os testes de carga são importantes para avaliar o desempenho dos produtos e para evitar maiores custos de desenvolvimento. Normalmente, quando o projecto falha nos testes de carga, é necessário otimizar e, por vezes, redefinir a arquitectura de modo a permitir um bom desempenho.

Assim, foram feitos testes muito específicos para analisar a carga. O teste consistia em adicionar linhas ao protótipo. Cada teste é registado para posterior análise de carga e desempenho no Mapa Radial:

Tabela 16 - Criação de linha no Mapa Radial

Percentagem CPU	Memória Consumida	Número de Linhas	Performance
8%~9%	60 MBytes	1	Muito Boa
16%~25%	63 MBytes	25	Muito Boa
24%~26%	66 MBytes	50	Muito Boa
34%~44%	80 MBytes	100	Boa
34%~60%	100 MBytes	500	Aceitável
50%~74%	159 MBytes	1000	Lento
50%~90%	200 MBytes	2000	Lento
50%~90%	290 MBytes	5000	Muito Lento

Como se pode observar na Tabela 16, quanto maior o número de linhas criadas, pior é o desempenho. Verifica-se que, até 500 linhas, o comportamento da aplicação é aceitável para aplicação correr, pois consegue cumprir os requisitos mínimos.

A Figura 52 demonstra 100 linhas dispostas no mapa radial.

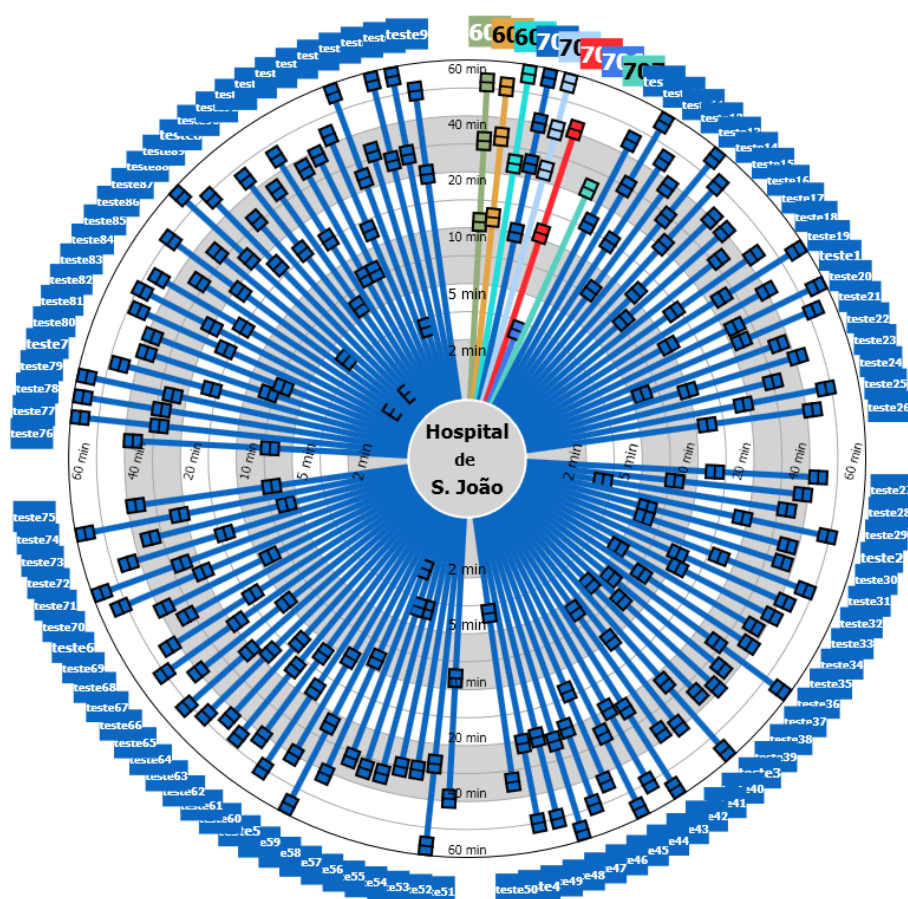


Figura 52- Mapa Radial com 100 linhas dispostas.

Na secção 7.1.2 analisou-se a usabilidade. Isto significa que 24 linhas constituem o máximo número de linhas, tendo em conta a coerência, *design* e estética do protótipo. No entanto, nos testes de carga, o protótipo superou em grande número esse limite. Pode afirmar-se que face à carga proposta, o projecto cumpre todos os requisitos.

7.3 Testes de Casos do Simulador

Com a introdução do interface do utilizador é possível simular alguns casos específicos do protótipo. As apresentações dos testes de casos que poderão acontecer no protótipo, são importantes na medida que é necessário identificar as falhas ou casos comuns. A identificação dos casos permite obter uma visão geral do protótipo.

7.3.1 Viaturas Sobrepostas

Uma das situações que raramente acontece é a sobreposição das viaturas da mesma linha. A figura seguinte apresenta o problema descrito previamente:

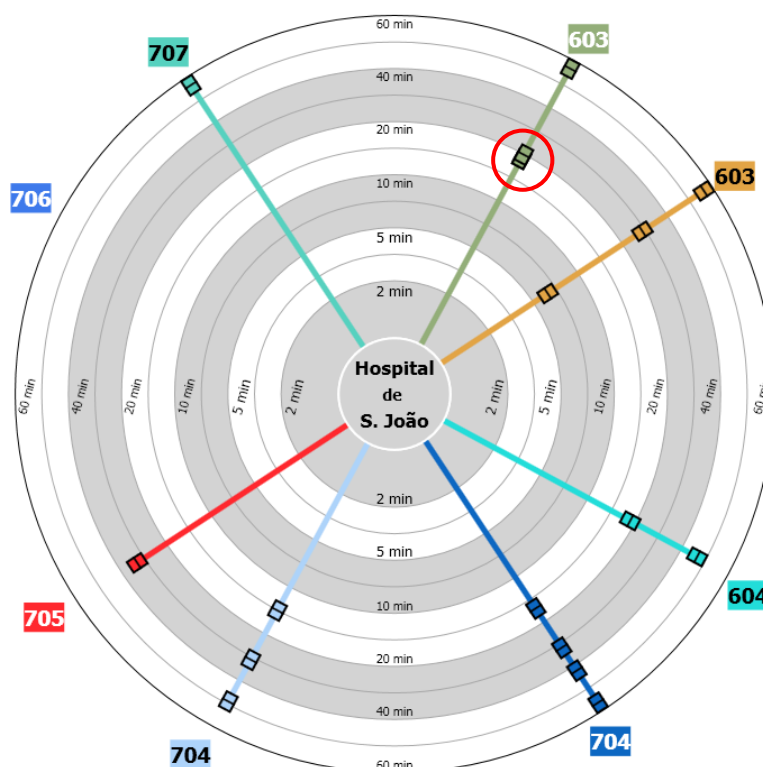


Figura 53- Mapa Radial com sobreposição de viaturas

A linha 603 (cor verde) contém duas viaturas com o tempo (por volta dos 20 minutos), na qual existe uma sobreposição, marcada na figura com um círculo a vermelho. Estas situações acontecem devido ao atraso da viatura que vai à frente. Isto acontece mais frequentemente, quando as viaturas se encontram longe, devido à compressão da escala de tempo inerente à técnica de F+C utilizada.

No entanto, a sobreposição das viaturas pode-se considerar uma situação menos grave, dado que este caso, raramente acontece em viaturas que se situam na proximidade do centro.

7.3.2 Ausência de Viaturas na Linha

Muitas vezes a linha já esgotou o número de viaturas para um determinado horário. A representação encontrada para alertar os utilizadores pode ser visualizada na Figura 54.

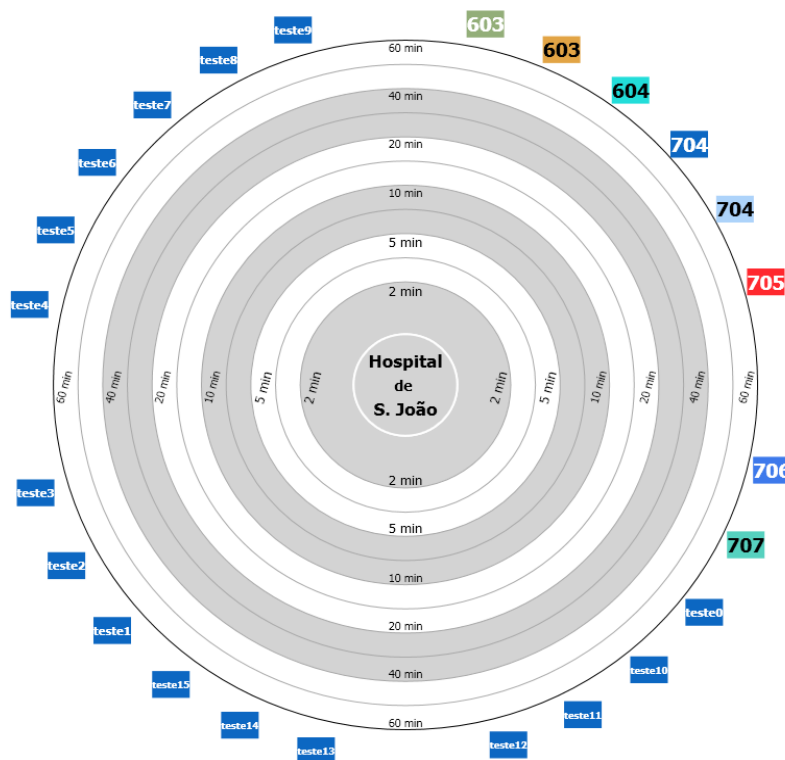


Figura 54 – Mapa Radial sem viaturas.

Na figura observam-se vários identificadores das linhas (quadrados) mas sem a linha correspondente. Esta solução mostra aos utilizadores o conjunto de linhas que passam pela zona, mas chama a sua atenção para o facto de não existirem viaturas em circulação nas mesmas.

7.3.3 Caso Normal

Este teste é um dos casos mais prováveis de acontecer no protótipo. A apresentação do protótipo demonstra várias viaturas em cada linha, dispostas por uma frequência determinada para cada linha. A Figura 55 representa um caso em condições normais.

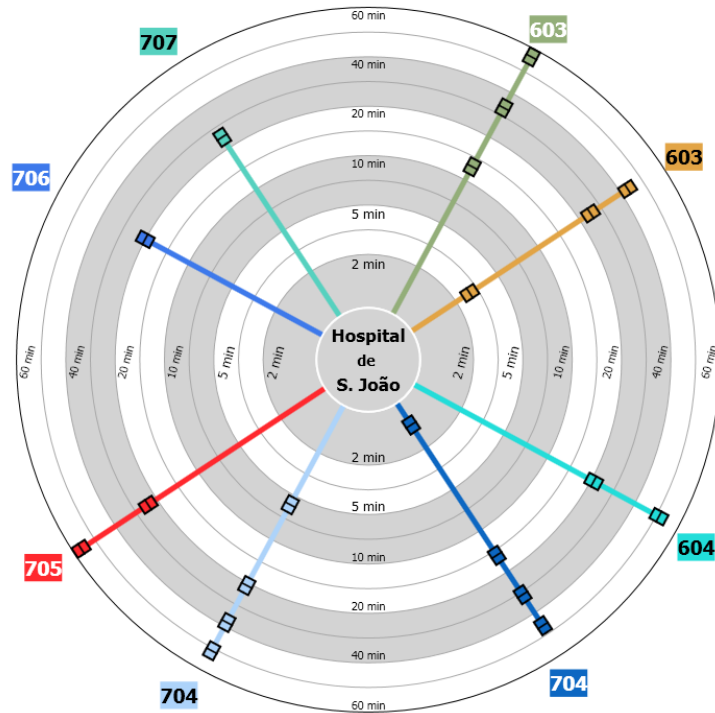


Figura 55- Mapa Radial com acontecimentos normais das linhas e viaturas.

Na figura pode observar-se que existe uma linha para cada identificador e é necessária estar representada, pelo menos uma viatura para a linha ser desenhada. Pode afirmar-se que este tipo de caso é uma excelente solução, para as situações mais comuns que o simulador gera.

7.4 Resumo

O capítulo Avaliação e Testes tem como principal objectivo avaliar as soluções encontradas e aplicação de testes a nível da usabilidade, carga e casos específicos.

Os testes de usabilidade iniciam-se com o protótipo da Tabela Temporal. Neste protótipo foi necessário descobrir qual o número de linhas ideais para os utilizadores na tabela. Concluiu-se que maximizar o número de linhas sem que haja perturbação na leitura por parte do utilizador, minimiza o número de páginas, assim como o tempo de acesso à informação. Este teste, foi também efectuado no Mapa Radial com o intuito de descobrir o número máximo de linhas, que o protótipo consegue representar, sem quebrar regras de desenho inerentes.

Realizar os testes de carga, torna-se importante, pois permite perceber as limitações do sistema, assim como, toda a sua arquitectura e implementação. É de salientar que o protótipo Mapa Radial obteve bons resultados na representação de linhas simultaneamente e testes de carga.

Também foram efectuados testes específicos para estudar os casos particulares, de forma a perceber qual as limitações e vantagens existentes no protótipo.

Capítulo 8

Conclusões e Trabalho Futuro

Finally, in conclusion, let me say just this.

Peter Sellers

Este capítulo tem como principal objectivo a apresentação das decisões mais importantes, os resultados obtidos e o cumprimento dos objectivos propostos. Refere também, as principais implementações a efectuar no futuro.

8.1 Satisfação dos Objectivos

A proposta do projecto consiste em investigar temas relacionados com a visualização de informação. No entanto, sendo esta área muito vasta, foi necessário limitar o estudo.

No decorrer do projecto, foram abordados temas de representação de informação através de estruturas específicas, capazes de apresentar a informação de uma maneira organizada e eficaz; estudo de técnicas que permitem focar a informação relevante, não retirando o contexto da informação; estudo de tipos de janelas com o intuito de apresentar a informação o mais clara e concisa possível e, finalmente, gráficos com o objectivo de saber quais são as estruturas existentes capazes de dar resposta a problemas diários.

Face a estes estudos, foi possível implementar uma interface que apresentasse informações importantes para os utilizadores de transportes públicos. Essas informações passam por apresentar horários, frequências, destinos, percursos e tempos de espera. Para colmatar esse défice de informação, foram propostos três protótipos:

1. Mapa de Barras
2. Mapa Radial combinado com Tabela Temporal e Mapa de Paragens
3. Mapa de Destinos combinado com Tabela de Destinos

Os resultados dos inquéritos efectuados aos utilizadores permitiram uma melhoria global nos protótipos. Foram efectuadas questões abertas para perceber qual era a opinião global dos

utilizadores. Através dos inquéritos, também foram validados os três protótipos com bons resultados.

No entanto, de acordo com as prioridades de implementação e o planeado, só um protótipo foi implementado; o Protótipo Radial combinado com Tabela Temporal e Mapa de Paragens, devido à sua capacidade de representação e grande quantidade de informação.

Para servir o protótipo com a informação necessária, foi implementado um *Web Server* e um Simulador de tempos de espera das viaturas. O simulador tem como principal função gerar tempos de espera das viaturas, o mais aproximado da realidade. O *Web Server* também possui um papel muito importante, dado que faz de ponte entre o protótipo, o simulador e o planeado.

Dada a constante redefinição dos objectivos ao longo do projecto considero que os objectivos foram totalmente atingidos, embora seja necessária uma continuidade e aperfeiçoamento, em termos de implementação, dos restantes protótipos.

8.2 Trabalho Futuro

Desenvolver um *software* em qualquer trabalho proposto, torna-se um desafio estimulante, uma vez, que impele um desejo constante de aperfeiçoamento.

Torna-se difícil estabelecer o limite em que o *software* atinge o seu fim, dado que os requisitos vão mudando ao longo do seu desenvolvimento e parece existir sempre algo a ser complementado ou outra maneira mais eficaz ou eficiente de ser apresentado. No entanto, alguns melhoramentos a serem implementados podem ser definidos, na implementação dos restantes protótipos e integração com o sistema real de previsão de tempos das viaturas, nos subcapítulos seguintes.

8.2.1 Implementação dos restantes Protótipos

A implementação e teste dos restantes protótipos é um dos pontos com maior prioridade no trabalho futuro.

O **Protótipo Mapa de Destinos combinado com Tabela de Destinos** é constituído por dois elementos: Mapa de Destinos e Tabela de Destinos.

O elemento denominado Mapa dos Destinos é composto por segmentos que poderão ser linhas ou curvas, de maneira a completarem um percurso de uma linha. Esses segmentos são especificados num ficheiro XML, contendo a informação de todas as linhas. Para cada segmento são necessários pontos notáveis (zonas que podem incluir várias paragens de viaturas).

O elemento **Tabela de Destinos** é uma tabela de duas colunas, contendo o destino pretendido e as linhas respectivas. Na tabela será introduzida uma animação *slide* com objectivo de apresentar toda a informação. Na linha a meio da tabela será colocado um objecto que simulará uma lupa, com o objectivo de focar o destino correspondente. Todas as linhas no Mapa de Destinos, que são indicadores do destino pretendido, ficarão mais grossas estimulando o utilizador a concentrar-se no mapa e na linha correspondente.

O **Protótipo de Barras Temporais** é um desenho representativo de linhas em função do tempo. Este protótipo, semelhante ao Mapa Radial, não está definido como gráfico radial, mas

sim, como gráfico de barras. Os transportes públicos são representados por um objecto em forma de círculo e possuem uma identificação da linha no lado esquerdo do protótipo.

8.2.2 Integração com o sistema real de previsão de tempos das viaturas

O Protótipo implementado no presente momento recebe informação através de um *Web Server* que distribui a informação. O *Web Server* tem como principal função receber pedidos do Protótipo (Cliente) e, através da informação de que dispõe, filtrar e devolver informação ao protótipo. O *Web Server* também comunica com o simulador distribuindo essa informação dinâmica para o cliente.

Porém, após a implementação dos protótipos, o simulador deixa de ter propósito. O único objectivo do simulador é ajudar na concepção do protótipo, enviando valores de tempos de espera das viaturas o mais reais possíveis. Assim, é necessária a integração com o sistema real de previsão de tempos das viaturas.

Este sistema já é utilizado no seio da empresa através de um serviço denominado SMSBUS, no qual foi desenvolvida uma API, capaz de comunicar com o sistema de previsão de tempos de espera.

Espera-se, assim, a implementação no *Web Server* de serviços de comunicação com o sistema de previsão através dessa API. Dado que as alterações serão efectuadas no *Web Server*, não se torna necessário modificar qualquer funcionalidade ou modelo de dados nos protótipos

Referências

- [ActionScript'09] *ActionScript tutorial*. 2009; Disponível em: http://www.adobe.com/support/flash/action_scripts/actionscript_tutorial/ (último acesso em Maio de 2009).
- [AdobeFlex'09] *Adobe Flex*. 2009; Disponível em: <http://www.adobe.com/products/flex/> (último acesso em Maio de 2009).
- [AdobeFlexWiki'09] *Adobe Flex*. 2009; Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Adobe_Flex (último acesso em Maio de 2009).
- [Anderson'04] *The Blinking Lights Division*. 2004; Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms972578.aspx> (último acesso em Maio de 2009).
- [Bartram'95] Bartram, L. e A. Ho, et al. *The continuous zoom: a constrained fisheye technique for viewing and navigating large information spaces*. Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology. 1995.
- [Bruggemann-klein'95] Bruggemann-klein, A., *Pagination reconsidered*. Electronic Publishing, VOL. 8(2 & 3), 139–152. 1995.
- [Campo'97] Campo, M., R. Orosco, et al. *Automatic abstraction management in information visualization systems*. IEEE Conference on Information Visualisation, Washington, DC, USA, IEEE Computer Society. 1997.
- [Card'99] Card, S. K. J. D. M. e Ben Shneiderman, *Readings in informartion visualization: using vision to think*, ed. M.K.P. Inc. 1999.
- [Chi Ed Huai-hsin '97] Chi Ed Huai-hsin, P. B., John Riedl, Joseph Konstan, *A Spreadsheet Approach to Information Visualization*. Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology, 17-24. 1997.
- [Cristo'90] Cristo, J., Galhardo, M., *O Mundo Biológico - origem, evolução e diversidade*. Ed. Replicação. 1990
- [Flex'09] *Coding with MXML and ActionScript*. 2009; Disponível em: http://www.adobe.com/devnet/flex/quickstart/coding_with_mxml_and_actionscript/ (último acesso em Maio de 2009).

- [Furnas'86] Furnas, G. W. *Generalized Fisheye Views*. Human Factors in Computing Systems CHI Conference Proceedings. 1986.
- [Hinckley'02] Hinckley, K., Cutrell, Edward, Bathiche, Steve e Muss, Tim. *Quantitative Analysis of Scrolling Techniques*. ACM, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Changing our world, changing ourselves, 65-72. 2002.
- [Maletic'02] Maletic, J. I., Marcus, Andrian e Collard Michael L., *A Task Oriented View of Software Visualization*. IEEE, Proceedings of the 1st International Workshop on Visualizing Software for Understanding and Analysis. 2002.
- [McCormick'89] McCormick, B. H., DeFanti e T.A. Brown, M.D., *Visualization: expanding scientific and engineering research opportunities*. IEEE, Computer Volume 22, 12-16, 22-5. 1989.
- [Microsoft Corporation'09a] *.NET Framework Developer's Guide*. 2009; Disponível em: [http://msdn.microsoft.com/pt-pt/library/bb332048\(en-us\).aspx](http://msdn.microsoft.com/pt-pt/library/bb332048(en-us).aspx) (último acesso em Maio de 2009).
- [Microsoft Corporation'09b] *Conceitos de programação da Integração CLR (Common Language Runtime)*. 2009b; Último acesso em Maio de 2009. Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/ms131102.aspx>
- [Microsoft Corporation'09c] *XAML Overview*. 2009c; Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms752059.aspx> (último acesso em Maio de 2009).
- [Microsoft Silverlight'09] *Silverlight for mobile*. 2009; Disponível em: <http://silverlight.net/learn/mobile.aspx> (último acesso em Maio de 2009).
- [Minard'69] Minard, J., *Tableaux Graphiques et Cartes Figuratives de M. Minard 1845-1869*. Bibliothèque de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- [NBC'09] *Historical Hurricane Tracker*. 2009; Disponível em: <http://www.msnbc.msn.com/id/26295161/> (último acesso em Maio de 2009).
- [Norman'94] Norman, D. e J. Z., *Representations in Distributed Cognitive Tasks*. Cognitive Science, 87-122. 1994.
- [OPT'05] Produtos da Empresa; Disponível em: <http://www.opt.pt/produtos.asp> (último acesso em Maio de 2009).
- [Plaisant'04] Plaisant, C., *The challenge of information visualization evaluation*. ACM, Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces, 109-116. 2004.
- [Plaisant'95] Plaisant, C., Carr, David e Shneiderman, Bem. *Image Browsers: Taxonomy, Guidelines, and Informal Specifications*. IEEE, Software, Volume: 12. 1995.
- [PlayFair'01] Playfair, William (1801). *Statistical Breviary; Shewing, on a Principle Entirely New, the Resources of Every State and Kingdom in Europe*. London: Wallis. Republished in Wainer, H. and Spence, I. (eds.), *The Commercial and Political Atlas and Statistical Breviary*, 2005, Cambridge University Press.

- [Rao'94] Rao, R., K e Card, Stuart K., *The Table Lens: Merging Graphical and Symbolic Representations in an Interactive Focus+Context Visualization for Tabular Information*. CHI-Conference. 1994
- [R. Kosara'01] R. Kosara, S. M., e H. Hauser. *Semantic Depth of Field*. Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization, p. 97. 2001.
- [Santos'04] Santos, S. e K. Brodlie *Gaining understanding of multivariate and multidimensional data through visualization*. Computer & Graphics, Vol. 28. 2004.
- [Sarkar'92] Sarkar, M. e M. H. B. *Graphical Fisheye Views of Graphs*. Human Factors in Computing Systems, CHI'92 Conference Proceedings: Striking A Balance. 1992.
- [SchroederMartin'96] Schroeder, W., Martin, K., e Lorensen, B., *The visualization toolkit : an object-oriented approach to 3-D graphics*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall PTR. xvi, 826 p. 1996.
- [Shneiderman'96] Shneiderman, B., *The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations*. IEEE Computer Society, Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Visual Languages, p. 336 . 1996.
- [Sonnino'06] *Introdução ao WPF*. 2006; Último acesso em Maio de 2009. Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/cc564903.aspx> (último acesso em Maio de 2009).
- [Stasko'04] Stasko, John, *Information Visualization*; Disponível em: http://www.cc.gatech.edu/classes/AY2004/cs7450_spring/ (último acesso em Abril de 2009).
- [Tufte'01] Tufte, E. R., *The Visual Display of Quantitative Information*, ed. G. Press. 2001.
- [Wikipedia'07a] Wikipedia, *The .NET Framework Stack*; Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:DotNet.svg>. 2007 (último acesso em Maio de 2009).
- [Wikipedia'07b] Wikipedia, *WPF Architecture*; Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:WPF.svg>. 2007 (último acesso em Maio de 2009).

Anexo A.

Inquérito

Seguidamente é apresentado a estrutura e as perguntas efectuados no inquérito.

A.1 Estrutura e Perguntas

Título: Questionário sobre Quadro Informativo de Transportes Públicos

Introdução: Este questionário é realizado no âmbito de um projecto de um quadro informativo com tempos de espera de autocarros/metro, destinos e locais de paragem das linhas. O projecto consiste num dispositivo de visualização de grandes dimensões (TV LCD) na zona das paragens do Hospital de S. João. Para isso é preciso determinar as necessidades dos utilizadores, assim como as possíveis interpretações da informação a afixar.

Dados Gerais

1. Idade:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ☐ inferior a 18 | ☐ 46 a 55 |
| ☐ 18 a 25 | ☐ 56 a 65 |
| ☐ 26 a 35 | ☐ superior a 65 |
| ☐ 36 a 45 | |

2. Sexo:

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino

3. Habilitações Literárias:

- ☐ Ensino Primário (até ao 4º ano)
- ☐ Ensino Básico (até a 9º ano)
- ☐ Ensino Secundário (9º ano até 12º ano)
- ☐ Ensino Superior (Bacharelato, Licenciatura, Mestrado, Doutoramento)

Tempos de Espera - Barras Temporais

Esta imagem representa os tempos de espera e destinos das viaturas que se movimentam em direcção ao Hospital de S. João. Por favor analise a imagem com atenção e responda às seguintes questões:

4. Quantos minutos necessita a próxima viatura com destino a Matosinhos para chegar ao Hospital de S. João?

- | | |
|-------------------------------|---|
| ☐ 1 min. | ☐ 25 min. |
| ☐ 2 min. | ☐ 40 min. |
| ☐ 3 min | ☐ Não é possível saber essa informação. |
| ☐ 10 min. | |

5. Na linha 603, quantos minutos necessita a segunda viatura para chegar ao Hospital de S. João?

- | | |
|------------------------------|---|
| ☐ 5 min | ☐ 25 min |
| ☐ 10 min | ☐ 30 min |
| ☐ 15 min | ☐ Não é possível saber essa informação. |

6. Para sugestões ou melhoramentos a esta representação visual dos tempos de espera deixe comentário:

Tempos de Espera - Sistema Radial

Esta imagem representa as linhas, os destinos, as paragens e os respectivos tempos de espera pelas próximas viaturas. Em cima e à esquerda apresenta-se uma tabela com as linhas, destinos e o tempo de espera pela viatura mais próxima do Hospital S. João. Em baixo e à esquerda apresenta-se um Mapa das Paragens com a localização das mesmas. À direita, em grandes dimensões, encontra-se um esquema radial, representando o tempo previsto de chegada das próximas viaturas. Por favor analise a imagem com atenção e responda às seguintes questões:

7. Qual o tempo de espera da próxima viatura da linha 603 com destino a Maia Zoo?

- ☐ 3 min
- ☐ 8 min
- ☐ 20 min
- ☐ 25 min
- ☐ Não consigo saber essa informação

8. Qual o tempo de espera para a segunda viatura da linha 68?

- ☐ 1 min
- ☐ 2 min
- ☐ 10 min
- ☐ 20 min

9. Se o quadrado com o número 301 no Mapa de Paragens estiver a piscar qual é o significado?

A próxima viatura da linha 301 encontra-se...

- ☐ a 301 minutos da paragem.
- ☐ a 301 metros da paragem.
- ☐ na iminência de chegar à paragem
- ☐ Outro: (Qual?)

10. Para sugestões ou melhoramentos a esta representação visual dos tempos de espera deixe um comentário:

Preferências e Importâncias

11. Indique a representação mais importante para si:

- ☐ 1ª Imagem (Esquema de linhas)
- ☐ 2ª Imagem (Esquema radial)
- ☐ Ambas
- ☐ Nenhuma

12. Quantas viaturas por linha deverão ser representadas?

- ☐ A próxima viatura.
- ☐ As próximas duas viaturas.
- ☐ As próximas três viaturas.

☐ Outra: (Qual?)

13. Qual a importância em incluir o Mapa de Paragens:

☐ Pouco importante

☐ Importante

☐ Muito Importante

Mapa dos Destinos

14. Quais as linhas que podem levar a Ermesinde?

☐ 505; 506

☐ 704; 705; 706; 707

☐ 205; 603

☐ Não é possível saber essa informação.

☐ 704; 803

15. A resposta da pergunta anterior foi obtida por visualizar...

☐ A tabela dos destinos e linhas (lado direito)

☐ O mapa esquemático (lado esquerdo)

☐ Ambos (Mapa esquemático e tabela)

☐ Não me é possível responder a esta questão.

16. Para sugestões ou melhoramento da representação visual do mapa de destinos deixe um comentário:

Anexo B.

Prototipagem

São apresentados todos os protótipos realizados no âmbito do projecto.

B.1 Mapas Temporais

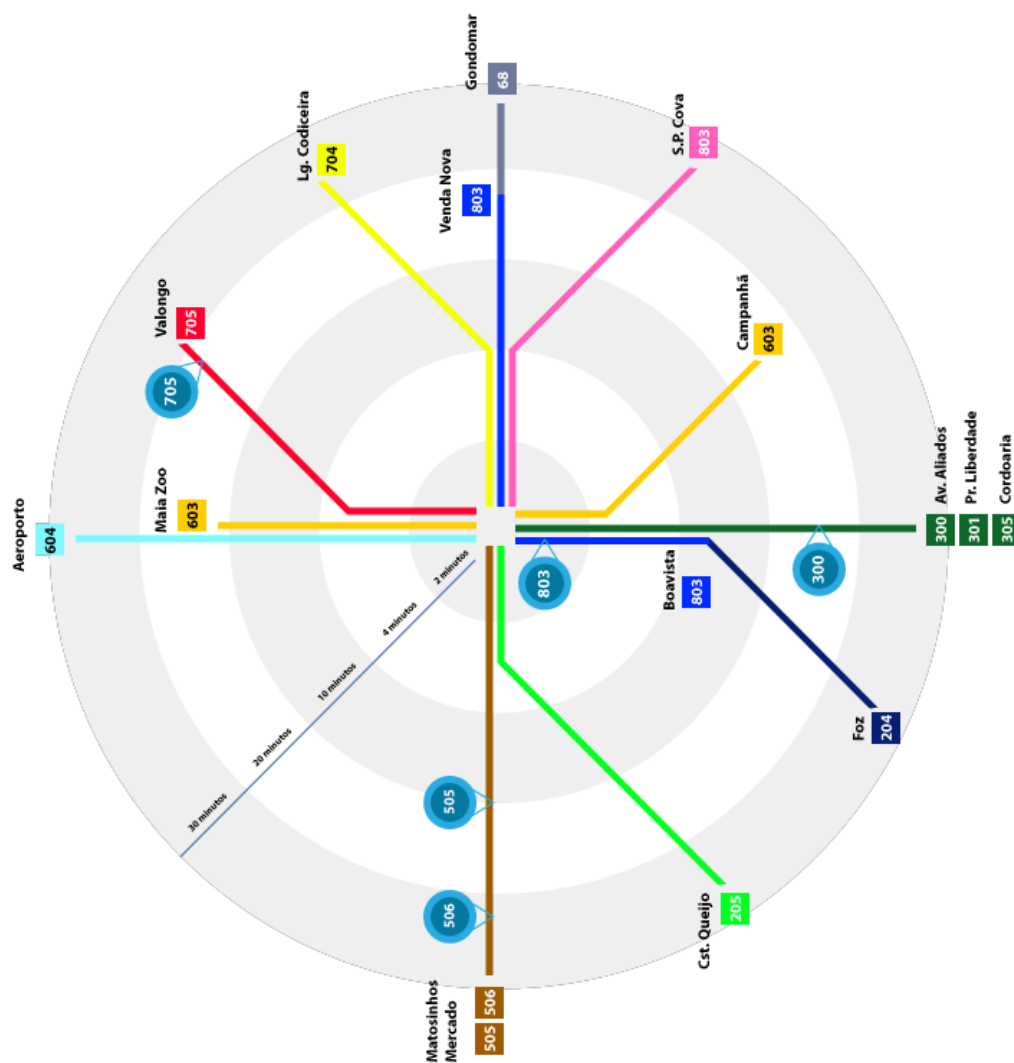


Figura 56 – Primeiro Protótipo Temporal da zona da Asprela.

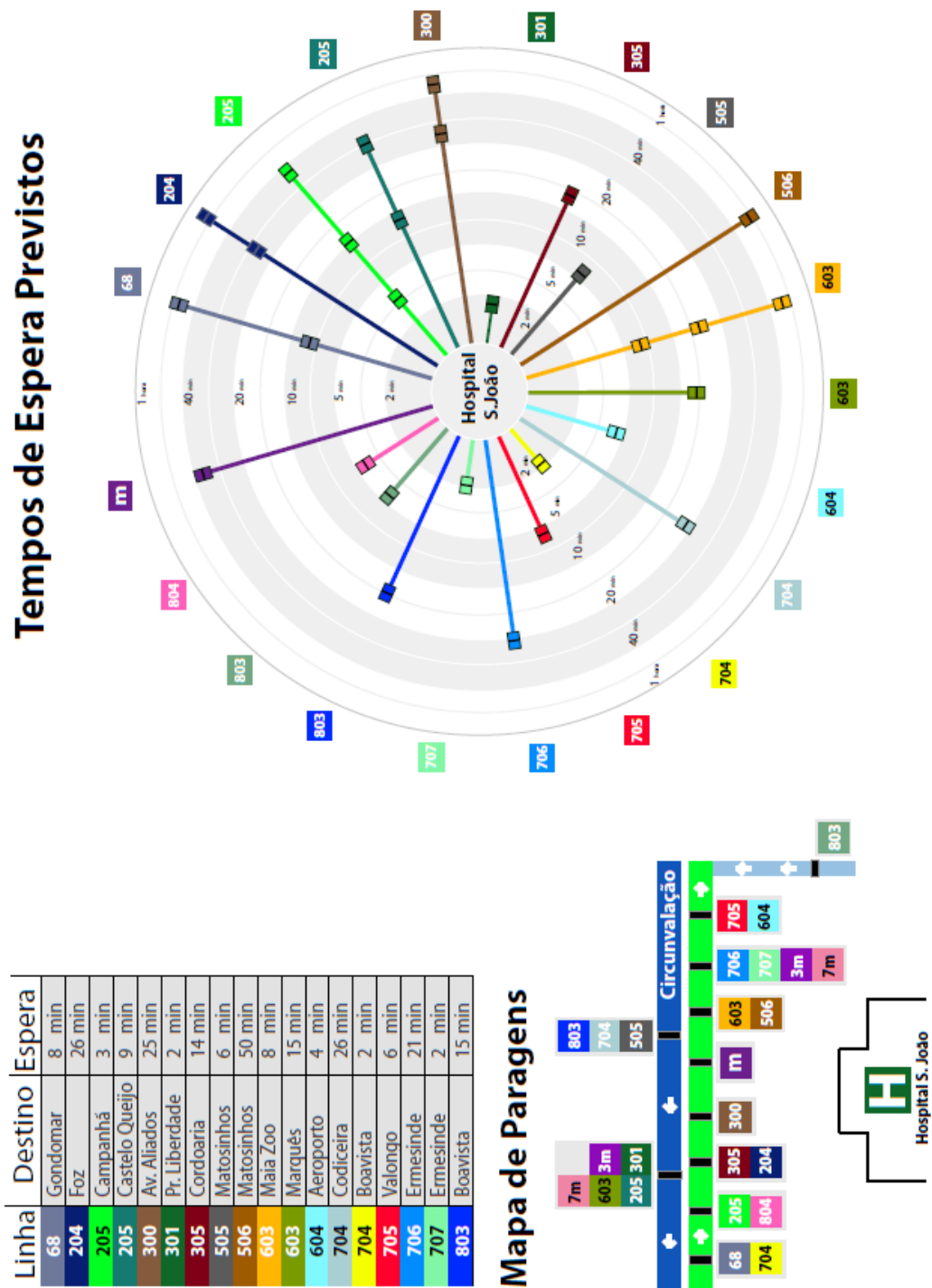


Figura 57- Mapa Radial Temporal com Tabela Temporal e Mapa de Paragens

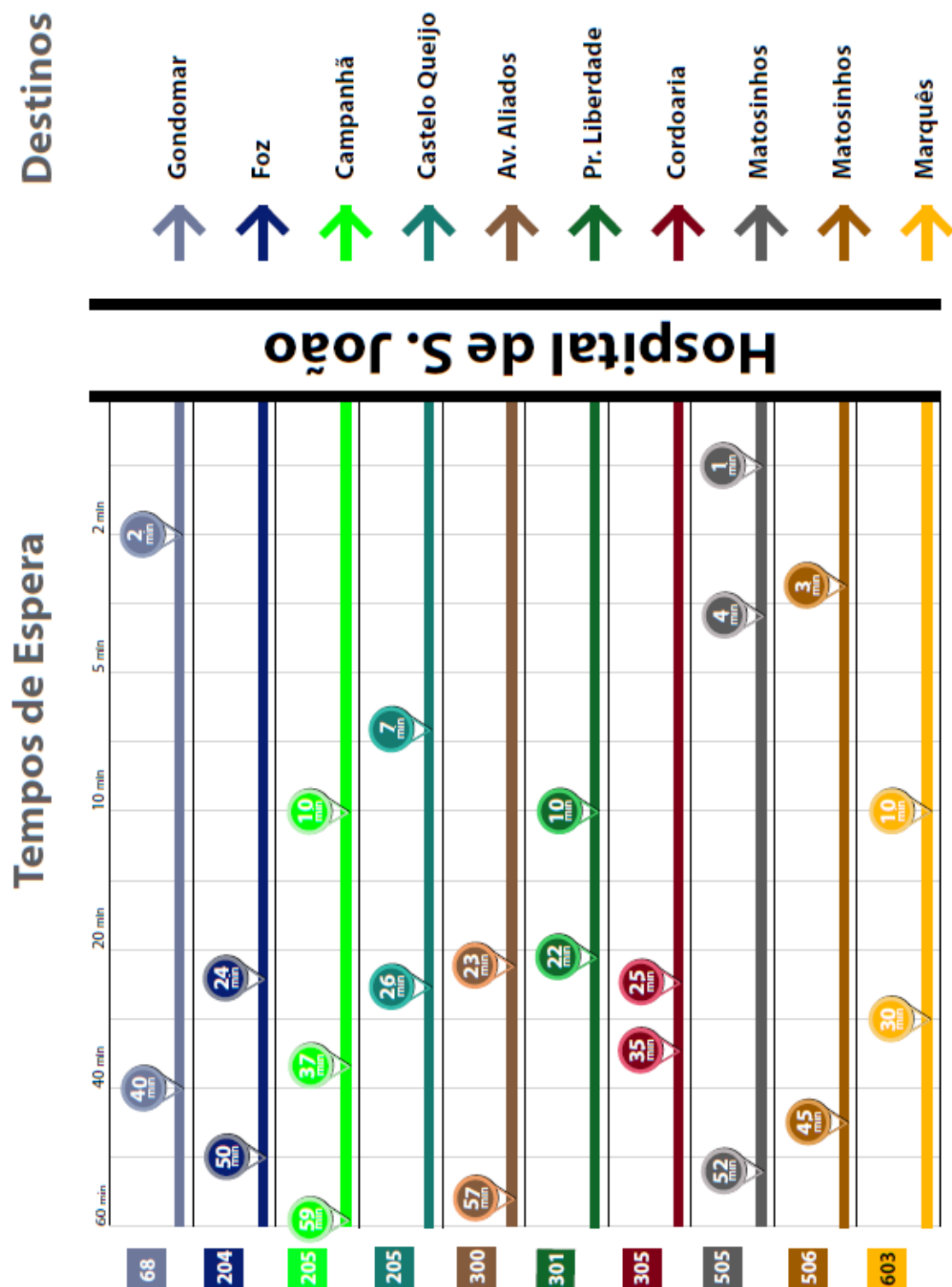


Figura 58 - Mapa de Barras Temporais

B.2 Mapas de Destinos

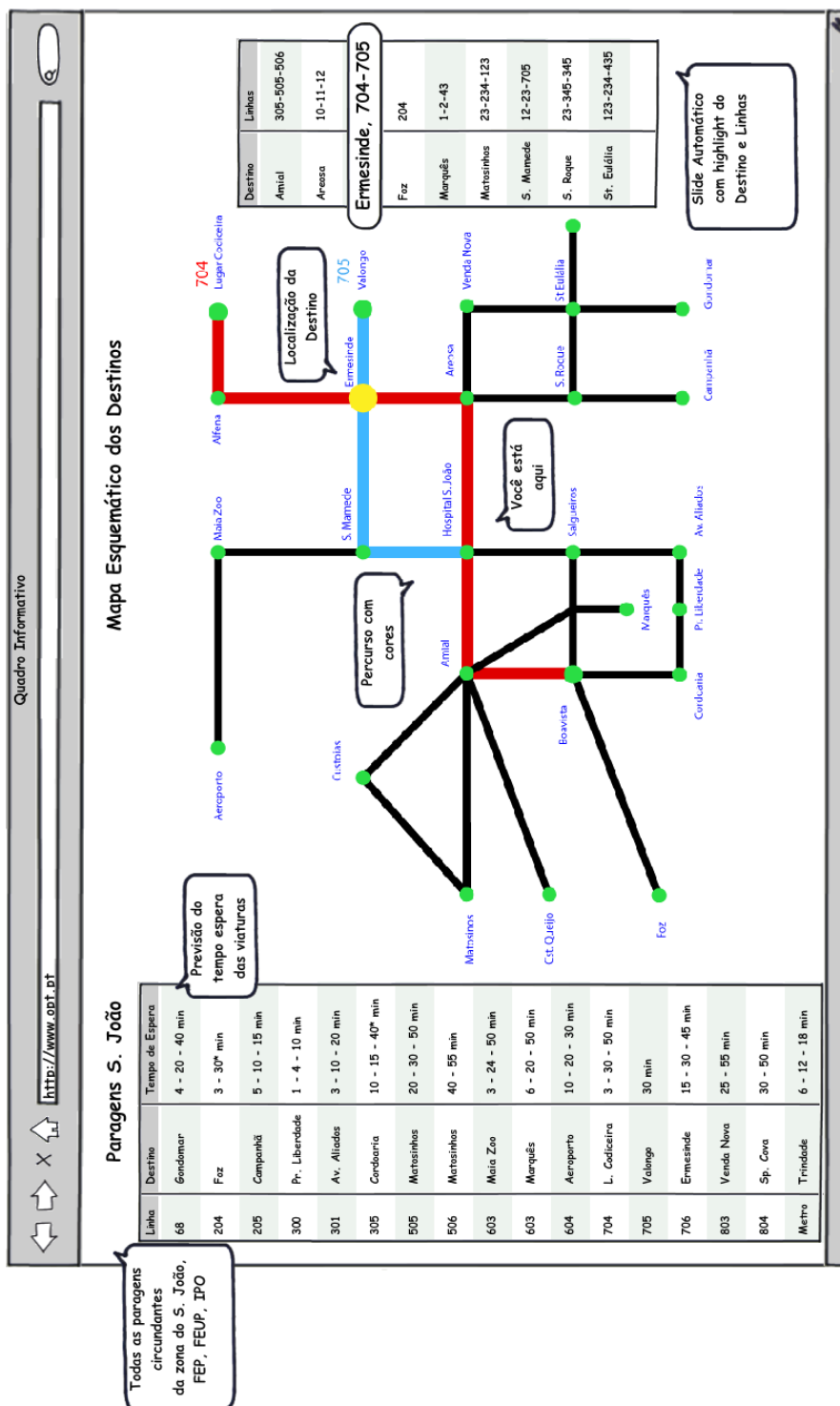


Figura 59- Primeiro Mapa de Destinos

B.3 Mapa Esquemático das Viaturas

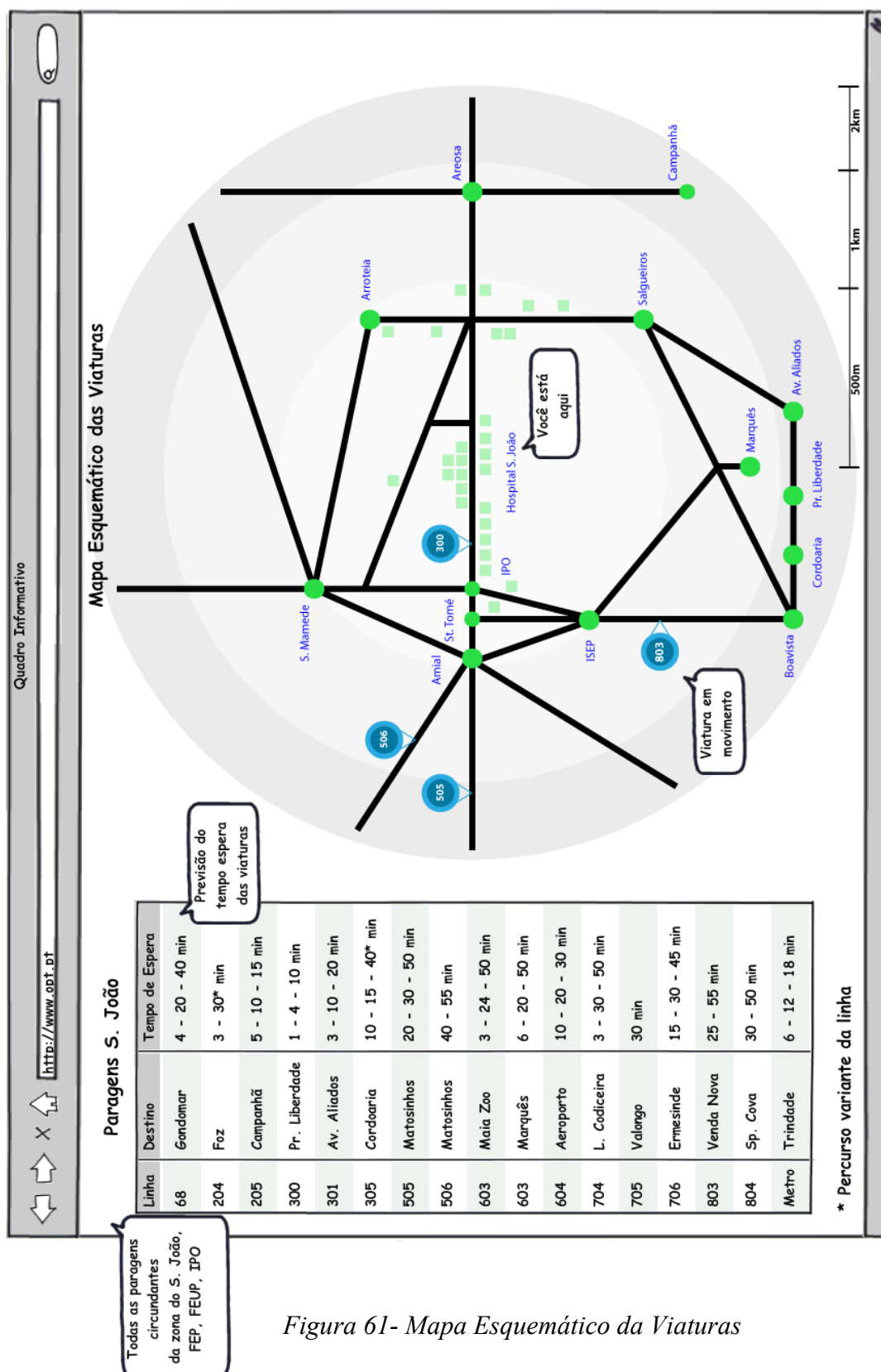


Figura 61- Mapa Esquemático da Viaturas