

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Marisa Araújo Esteves

**Desenvolvimento e Exploração de uma
Nova Geração de Ferramentas de *Business
Intelligence* para o Apoio à Decisão e a Prática
Clínica em Unidades Hospitalares**

Desenvolvimento e Exploração de uma Nova Geração de Ferramentas de *Business
Intelligence* para o Apoio à Decisão e a Prática Clínica em Unidades Hospitalares

Marisa Araújo Esteves

UMinho | 2016

novembro de 2016



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Marisa Araújo Esteves

**Desenvolvimento e Exploração de uma
Nova Geração de Ferramentas de *Business
Intelligence* para o Apoio à Decisão e a Prática
Clínica em Unidades Hospitalares**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica
Ramo de Informática Médica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Manuel Ferreira Machado
e do
Doutor Carlos Filipe da Silva Portela

DECLARAÇÃO

Nome: Marisa Araújo Esteves

Endereço Eletrónico: marisa.araujo.esteves@gmail.com

Cartão de Cidadão: 15706654 1 ZY8

Título da Dissertação: Desenvolvimento e Exploração de uma Nova Geração de Ferramentas de *Business Intelligence* para o Apoio à Decisão e a Prática Clínica em Unidades Hospitalares

Orientador: Professor Doutor José Manuel Ferreira Machado

Coorientador: Doutor Carlos Filipe da Silva Portela

Ano de Conclusão: 2016

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

Área de Especialização: Ramo de Informática Médica

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA DISSERTAÇÃO.

Universidade do Minho, ---- / ---- / ----

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Parece que chegou inesperadamente a hora: conclui mais uma etapa da minha vida. E tenho alguns agradecimentos para deixar para todos aqueles que tornaram a conclusão deste projeto possível das formas mais variadas.

Em primeiro lugar, gostaria de expressar toda a minha gratidão ao meu orientador, o Professor Doutor José Machado, por toda a sua disponibilidade e o apoio prestado ao longo do desenvolvimento desta dissertação, assim como as oportunidades que nunca hesitou em partilhar com os seus alunos.

Não posso deixar de agradecer também o meu coorientador, o Doutor Filipe Portela, por toda a disponibilidade e o incentivo manifestados no decorrer deste projeto, bem como os seus conselhos. Deixo igualmente um obrigado ao Professor Doutor António Abelha pelo apoio e as sugestões sugeridas para a conclusão do mesmo.

Gostaria ainda de deixar um agradecimento ao Centro Hospitalar do Porto, mais concretamente ao Serviço de Sistemas de Informação, pelo apoio que me foi facultado e pela oportunidade dada de desenvolver o meu trabalho nos seus estabelecimentos.

A todos os meus amigos distribuídos por este planeta Terra, deixo um obrigado muito especial. Obrigada pelas palavras de motivação, pelas gargalhadas e por muito mais que não posso escrever. Em particular, deixo um muito obrigado à Joana Alves e Clara Carvalho que sempre me acompanharam de muito perto nestes últimos 5 anos, assim como aos meus parceiros de laboratório Cecília Coimbra e Filipe Miranda.

Termino com um agradecimento muito sentido à minha família pelo apoio que sempre me ofereceram ao longo de todo este longo percurso repleto de bons e de maus momentos que é a vida. À minha mãe que me mostrou qual é realmente o significado da palavra sacrifício e o que é dar sem jamais esperar receber. Ao meu pai que me fez ultrapassar muito mais obstáculos daqueles que deveria por sempre ter exigido muito mais de mim. E à minha irmã por ter sempre apoiado incondicionalmente o ser um pouco estranho que às vezes posso ser.

A todos, um muito obrigado.

RESUMO

Ao longo dos últimos anos, tem aumentado exponencialmente a utilização de Tecnologias de Informação (TIs) e de ferramentas computacionais em vários setores económicos, incluindo o setor da saúde, por serem defendidas como tecnologias que podem transformar e melhorar radicalmente a prestação de cuidados de saúde.

O principal objetivo das instituições de saúde é prestar os melhores cuidados de saúde aos seus utentes, garantindo, assim, a prestação de serviços de qualidade e a consequente satisfação dos utentes, bem como reduzir os custos e desperdícios desnecessários associados. Portanto, as decisões devem ser tomadas rapidamente mas, igualmente, eficazmente.

Acredita-se, assim, que o futuro realmente bem sucedido das TIs no setor da saúde passa então pelo desenho e pela implementação de sistemas *user-friendly*, incluindo Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADCs), personalizados e focados no paciente, bem como a receptibilidade dos profissionais de saúde aos mesmos. Abrange, igualmente, o uso de tecnologias emergentes na sua conceção, incluindo *Business Intelligence* (BI), de modo a tirar real partido da informação disponível.

Deste modo, no âmbito deste projeto de dissertação, foram desenhadas, desenvolvidas e exploradas uma nova geração de ferramentas *Web* de *Business Intelligence* para o apoio à decisão e a prática clínica em unidades hospitalares. Englobou, em particular, o desenvolvimento de uma plataforma de BI versátil, incluindo a sua aplicação a dois casos práticos diferentes, notadamente no apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias, assim como nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO), e de uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*).

Assim, as ferramentas foram projetadas de modo a auxiliar os profissionais de saúde do Centro Hospitalar do Porto (CHP) no seu trabalho diário, incluindo a lidar com pacientes em condições delicadas e determinadas situações que requerem uma tomada de decisão eficiente, bem como a codificação clínica de episódios de altas hospitalares.

ABSTRACT

Over the past few years, the use of Information Technology (IT) and computer applications has been widespread exponentially amongst various economic sectors, including healthcare, since they are defended as technologies that can transform and improve radically the delivery of health services.

The main goal of health institutions is to provide the best healthcare services to their patients and, thereby, ensuring the delivery of quality services and the consequent patient satisfaction, but also to reduce associated costs and unnecessary waste. Thus, decisions have to be made quickly, but also effectively.

Therefore, it is believed that the truly successful future of IT in the health sector could be achieved by the design and implementation of user-friendly systems, including Clinical Decision Support Systems (CDSSs), personalized and focused on the patient, and the physicians' positive acceptance to these IT tools. It also includes the use of emerging technologies in their design, including Business Intelligence (BI), in order to take real advantage of the information available.

Hereupon, in the context of this master's dissertation, the aim of this present work was to design, develop and explore the next generation of Business Intelligence Web tools to support the decision-making process and clinical practice in healthcare units. Thus, it included the development of a versatile BI platform, including its application to two different case studies, namely in order to support the decision-making process in appointments and surgeries waiting lists, as well as in Obstetrics and Gynaecology services, and a clinical coding tool for ICD-9-CM (International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification).

Thereby, the tools were designed in order to help health professionals of Centro Hospitalar do Porto (CHP) in their daily work, including dealing with patients in delicate conditions and certain situations that require an efficient decision-making process, as well as the clinical coding of the episodes of hospital discharges.

CONTEÚDO

Acrónimos	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização e Enquadramento	1
1.2 Motivação	3
1.3 Objetivos	5
1.4 Estrutura do Documento	8
2 ESTADO DA ARTE	11
2.1 Introdução	11
2.2 Sistemas de Informação Hospitalar	12
2.2.1 Interoperabilidade	13
2.2.2 Sistemas de Apoio à Decisão Clínica	14
2.3 Business Intelligence e a Informação Clínica	15
2.3.1 Extração, Transformação e Carregamento	16
2.3.2 Data Warehousing	17
2.4 Grupos de Diagnósticos Homogéneos	18
2.5 Conclusão	20
3 METODOLOGIAS DE INVESTIGAÇÃO E TECNOLOGIAS	21
3.1 Introdução	21
3.2 Metodologia de Design Science Research	22
3.3 Framework e Linguagens de Programação	24
3.3.1 Framework AngularJS	24
3.3.2 Programação em PHP	26
3.3.3 Programação em SQL	27
3.4 Extração, Transformação e Carregamento	28
3.4.1 Metodologia de Kimball	28
3.4.2 Tecnologia Oracle Database	30
3.4.3 Tecnologia MySQL	31
3.5 Metodologia de Prova de Conceito	31
3.6 Conclusão	32
4 PLATAFORMA DE BUSINESS INTELLIGENCE	33
4.1 Introdução	33
4.2 Definição do Problema e Motivação	34
4.3 Definição dos Objetivos da Solução	35

4.4	Desenho e Desenvolvimento	36
4.5	Discussão dos Resultados	46
4.6	Conclusão e Trabalho Futuro	48
5	APOIO À DECISÃO NAS LISTAS DE ESPERA	49
5.1	Introdução	49
5.2	Definição do Problema e Motivação	50
5.3	Definição dos Requisitos de Negócio	51
5.4	Fase Tecnológica	55
5.4.1	Projeto Técnico da Arquitetura	55
5.4.2	Seleção e Instalação de Produtos	56
5.5	Fase de Modelação Dimensional	57
5.5.1	Modelação Dimensional e Desenho Físico	57
5.5.2	Desenvolvimento dos Processos de ETL	60
5.6	Fase de Desenvolvimento Aplicacional	61
5.7	Discussão dos Resultados	66
5.8	Conclusão e Trabalho Futuro	67
6	APOIO À DECISÃO NOS CUIDADOS DE GINECOLOGIA E OBSTETRÍCIA	68
6.1	Introdução	68
6.2	Definição do Problema e Motivação	69
6.3	Definição dos Objetivos da Solução	70
6.4	Desenho e Desenvolvimento	72
6.5	Discussão dos Resultados	76
6.6	Conclusão e Trabalho Futuro	78
7	FERRAMENTA DE CODIFICAÇÃO CLÍNICA ICD-9-CM	79
7.1	Introdução	79
7.2	Definição do Problema e Motivação	80
7.3	Definição dos Objetivos da Solução	81
7.4	Desenho e Desenvolvimento	82
7.5	Discussão dos Resultados	90
7.6	Conclusão e Trabalho Futuro	90
8	PROVA DE CONCEITO	92
8.1	Introdução	92
8.2	Análise SWOT	93
8.2.1	Enquadramento Teórico	93
8.2.2	Plataforma de Business Intelligence	95
8.2.3	Ferramenta de Codificação Clínica ICD-9-CM	96
8.3	Estudo de Usabilidade	97
8.3.1	Plataforma de Business Intelligence	98

8.4	Conclusão	101
9	CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO	102
9.1	Principais Contribuições	102
9.2	Trabalho Futuro	104
	Bibliografia	106
A	GLOSSÁRIO	115
B	PUBLICAÇÕES	117
B.1	Monitoring Time Consumption in Complementary Diagnostic and Therapeutic Procedure Requests	117
B.2	Waiting Time Screening in Diagnostic Medical Imaging – A Case-based View	118
B.3	A Benchmarking Analysis of Open-Source Business Intelligence Tools to Healthcare Environments	118
B.4	A Case-based Methodology for Problem Solving aiming at Knee Osteoarthritis Detection	119
B.5	Applying Predictive Modelling to a Maternal and Perinatal Care Unit – A Proof of Concept Study	119
B.6	Data Streaming Mining in Intensive Care Units – A Proof of Concept Study	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação esquemática do processo de Extração, Transformação e Carregamento	17
Figura 2	Representação esquemática da metodologia de investigação <i>Design Science Research</i>	23
Figura 3	Representação esquemática da arquitetura <i>Model-View-Controller</i>	25
Figura 4	Representação esquemática da metodologia de Kimball	28
Figura 5	<i>Interface</i> do submódulo <i>Dashboard</i> do Módulo <i>Home</i> da plataforma de <i>Business Intelligence</i>	37
Figura 6	<i>Interface</i> do submódulo <i>Base de Dados</i> do Módulo <i>Data Warehouse</i> da plataforma de <i>Business Intelligence</i>	38
Figura 7	<i>Interface</i> de um submódulo do Módulo <i>Business Intelligence</i> da plataforma de <i>Business Intelligence</i>	39
Figura 8	<i>Interface</i> principal do submódulo <i>Gerir Utilizadores</i> do Módulo <i>Área de Utilizador</i> da plataforma de <i>Business Intelligence</i>	41
Figura 9	<i>Interface</i> principal do submódulo <i>Gerir Notificações</i> do Módulo <i>Área de Utilizador</i> da plataforma de <i>Business Intelligence</i>	42
Figura 10	<i>Interface</i> principal do submódulo <i>Questionário</i> do Módulo <i>Área de Utilizador</i> da plataforma de <i>Business Intelligence</i>	43
Figura 11	<i>Interface</i> principal do submódulo <i>Sugestões</i> do Módulo <i>Área de Utilizador</i> da plataforma de <i>Business Intelligence</i>	44
Figura 12	<i>Interface</i> do submódulo <i>Acessos</i> do Módulo <i>Área de Utilizador</i> da plataforma de <i>Business Intelligence</i>	45
Figura 13	Arquitetura do sistema de <i>Business Intelligence</i> de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias	56
Figura 14	Modelo dimensional dos <i>data marts</i> projetados de listas de espera de consultas e de cirurgias	58
Figura 15	<i>Interface</i> da aba <i>Número de Consultas</i> do submódulo <i>Consultas</i> do Módulo <i>Business Intelligence</i> do sistema de <i>Business Intelligence</i> de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias	63
Figura 16	<i>Interface</i> da aba <i>Tempo Médio de Espera</i> do submódulo <i>Consultas</i> do Módulo <i>Business Intelligence</i> do sistema de <i>Business Intelligence</i> de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias	64

Figura 17	<i>Interface da aba Evolução Temporal do submódulo Consultas do Módulo Business Intelligence do sistema de Business Intelligence de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias</i>	65
Figura 18	<i>Interface de um submódulo do Módulo Business Intelligence de um protótipo inicial de um novo sistema de Business Intelligence de apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia</i>	76
Figura 19	<i>Modelo relacional das tabelas da base de dados codi da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM</i>	85
Figura 20	<i>Interface do Módulo de Codificação da componente Informações Doente da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM</i>	86
Figura 21	<i>Interface do Módulo de Codificação das componentes Diagnósticos, Causas Externas, Morfologia Tumoral e Procedimentos da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM</i>	87
Figura 22	<i>Interface do Módulo de Recodificação da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM</i>	88
Figura 23	<i>Interface do Módulo de Consulta da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM</i>	89
Figura 24	<i>Matriz da análise Strengths Weaknesses Opportunities and Threats</i>	94
Figura 25	<i>Exemplos dos indicadores apresentados na aba Estudo de Usabilidade do submódulo Questionário da plataforma de Business Intelligence: a) Contagem das respostas por grupo profissional; b) Contagem das respostas pelo módulo mais utilizado; c) Média das notas de avaliação da aplicação</i>	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais características inovadoras da plataforma de <i>Business Intelligence</i>	47
Tabela 2	Descrição do <i>data warehouse</i> dos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia, incluindo uma breve descrição de cada um dos <i>data marts</i> , bem como uma listagem de todas as tabelas integradas em cada um deles	73

ACRÓNIMOS

AIDA	Agência para Integração, Difusão e Arquivo de Informação Médica
AIS	<i>Administrative Information System</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
BD	Base de Dados
BI	<i>Business Intelligence</i>
CHP	Centro Hospitalar do Porto
CMIN	Centro Materno Infantil do Norte
CRUD	<i>Create, Read, Update, Delete</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DIS	<i>Department Information System</i>
DM	<i>Data Mining</i>
DSA	<i>Data Staging Area</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
DW	<i>Data Warehouse</i>
ETL	<i>Extract, Transform and Load</i>
GDH	Grupo de Diagnóstico Homogéneo
GO	Ginecologia e Obstetrícia
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
ICD-9-CM	<i>International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification</i>
ID	Identificador
IM	Informática Médica

IP	<i>Internet Protocol</i>
IVG	Interrupção Voluntária da Gravidez
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LAMP	Linux, Apache, MySQL, PHP
LIS	<i>Laboratory Information System</i>
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
PCE	Processo Clínico Eletrónico
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PHP	<i>PHP: Hypertext Preprocessor</i>
PL/SQL	<i>Procedural Language/Structured Query Language</i>
PNA	Presente na Admissão
REST	<i>REpresentational State Transfer</i>
RIS	<i>Radiology Information System</i>
SADC	Sistema de Apoio à Decisão Clínica
SAM	Sistema de Apoio ao Médico
SAPE	Sistema de Apoio à Prática de Enfermagem
SGBD	Sistema de Gestão de Bases de Dados
SGBDR	Sistema de Gestão de Bases de Dados Relacional
SI	Sistema de Informação
SIH	Sistema de Informação Hospitalar
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SONHO	Sistema de Gestão de Doentes Hospitalares
SPA	<i>Single-page Application</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SWOT	<i>Strengths Weaknesses Opportunities and Threats</i>

TI	Tecnologia de Informação
TIS	Tecnologia de Informação na Saúde
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
VM	Ventilação Mecânica
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

INTRODUÇÃO

O presente documento serve para descrever o projeto de desenvolvimento e de exploração de uma nova geração de ferramentas *Web* de *Business Intelligence* (BI) para o apoio à decisão e a prática clínica em unidades hospitalares, recorrendo à *JavaScript framework* AngularJS. O projeto surgiu no âmbito da dissertação de mestrado do Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica da Universidade Minho na especialização em Informática Médica.

Assim, este capítulo introdutório divide-se em quatro secções. Uma breve contextualização e enquadramento do projeto desenvolvido são apresentados (Secção 1.1), incluindo referências às principais áreas e temas relacionados, bem como à principal motivação que levou à sua realização (Secção 1.2). Este capítulo inclui igualmente os principais objetivos propostos para o desenvolvimento desta tese de mestrado (Secção 1.3), incluindo, assim, uma descrição sucinta do estudo realizado. Por último, a apresentação da estrutura do documento finaliza este capítulo de forma a facilitar a sua leitura (Secção 1.4).

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E ENQUADRAMENTO

Atualmente, no setor da saúde, um dos principais objetivos das indústrias e organizações que prestam cuidados de saúde consiste na melhoria da qualidade e na tomada de decisão, nomeadamente na sua eficiência e eficácia, uma vez que estas decisões possivelmente colocam em causa a vida humana [1, 2, 3].

Uma das soluções para a resolução de problemas que tem sofrido um crescente aumento na sua utilização, não só no setor da saúde como, igualmente, em outras áreas, surgiu na década de 1960: a Tecnologia de Informação (TI). Resumidamente, a TI consiste no conjunto de todas as atividades e soluções providas por recursos computacionais que visam permitir produção, armazenamento, transmissão, acesso e uso de informação [1, 4, 5].

As TIs aplicadas no sector da saúde, denominadas Tecnologias de Informação na Saúde (TISs), apresentam a potencialidade de conseguir melhorar a saúde dos indivíduos, assim como o desempenho dos serviços prestados pelos profissionais de saúde, designadamente na melhoria da sua eficiência, eficácia e qualidade, bem como na redução significativa dos

custos associados. Por conseguinte, têm sido defendidas como ferramentas que podem transformar e melhorar radicalmente a prestação de cuidados de saúde [1, 6].

Deste modo, o uso de TIs torna-se cada vez mais imprescindível no setor da saúde, nomeadamente devido ao aumento diário da quantidade de informação a ser gerada e que necessita de ser tratada. Logo, não se justifica a sua atual falta de utilização por profissionais de saúde em várias instituições de saúde [1, 2, 4, 5, 7, 8].

Assim sendo, acredita-se que o futuro realmente bem sucedido das TISs reside no desenho e na implementação de sistemas *user-friendly* centrados no paciente, e interoperáveis, que permitem um maior e melhor acesso e controlo sobre os dados clínicos armazenados de modo a tirar real partido da informação disponível [7, 8]. Isto é, passa pela implementação de Sistemas de Informação Hospitalares (SIHs) que asseguram a comunicação e partilha de informação entre sistemas diferentes, incluindo Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADCs), personalizados e focados no paciente, que são ferramentas computacionais cujo potencial benéfico na prestação de cuidados de saúde é despoletado pela implementação de SIHs interoperáveis [9, 10, 11]. Por outro lado, depende, igualmente, do uso de tecnologias emergentes na sua conceção, incluindo *Business Intelligence* (BI), de modo a tirar real partido da informação disponível.

O conceito de BI consiste num conjunto de ferramentas de análise de dados que engloba uma ampla categoria de metodologias, aplicações e tecnologias usadas para coletar, armazenar, manipular, analisar e proporcionar acesso a dados de modo a ajudar indústrias e organizações a tomar melhores decisões de forma mais rápida. A tecnologia de BI transforma informação em conhecimento e apresenta a capacidade de conseguir colocar a informação certa, nas mãos certas, no momento certo, de forma a suportar o processo de tomada de decisão. Esta tecnologia inclui diversas ferramentas com potencialidades diferentes tais como *Extract, Transform and Load* (ETL) que se encarrega da extração, limpeza, normalização e carregamento dos dados, *data warehousing* para construção de *data warehouses* (DWs) e estruturação dos dados de modo a facilitar a sua análise, e a visualização dos dados para posterior análise e interpretação da informação representada [5, 12, 13].

Assim, as instituições de saúde devem garantir a aplicação de novas tecnologias para auxiliar e facilitar as práticas dos seus profissionais de saúde, incluindo *Business Intelligence*, e, conseqüentemente, prestar serviços de qualidade e assegurar a satisfação dos pacientes.

Neste contexto, surgiu este projeto de dissertação que consistiu no desenvolvimento e na exploração de uma nova geração de ferramentas *Web* de *Business Intelligence* para o apoio à decisão e a prática clínica em unidades hospitalares, a fim de auxiliar os profissionais de saúde do Centro Hospitalar do Porto (CHP) no seu trabalho diário. Englobou, em particular, o desenvolvimento de uma plataforma de BI versátil com características inovadoras, incluindo a sua aplicação a dois casos práticos diferentes, isto é, no apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias, bem como nos cuidados de Ginecologia e

Obstetrícia (GO) no Centro Materno Infantil do Norte (CMIN). O CMIN corresponde à unidade hospitalar do CHP responsável pelos cuidados de neonatologia, pediatria, ginecologia e obstetrícia.

Foi igualmente desenvolvida uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*) de forma a possibilitar o agrupamento de episódios em Grupos de Diagnósticos Homogéneos (GDHs). Os GDHs consistem num sistema de classificação de doentes internados em hospitais de agudos, desenvolvido em resposta aos custos e desperdícios crescentes nos cuidados de saúde, que agrupa doentes em grupos clinicamente coerentes e similares relativamente ao consumo de recursos [14, 15, 16]. É de salientar que esta ferramenta foi desenvolvida em colaboração com os alunos Filipe Miranda e Cecília Coimbra do 5.º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica da Universidade Minho na especialização em Informática Médica.

Deste modo, foram desenhadas, desenvolvidas e exploradas aplicações *Web*, recorrendo a um conjunto de metodologias e tecnologias disponíveis e viáveis na conceção das soluções de TI definidas, também denominadas artefactos de TI. Isto a fim de lidar com pacientes em condições delicadas e determinadas situações que requerem uma tomada de decisão eficiente, incluindo a implementação de novas medidas administrativas de modo a melhorar a gestão da organização, bem como a codificação de episódios de altas hospitalares.

1.2 MOTIVAÇÃO

Assim, a principal motivação do desenvolvimento deste projeto de dissertação reside na inserção e exploração de uma nova geração de ferramentas na área das Tecnologias de Informação (TIs), isto é, de artefactos de TI, de modo a auxiliar os processos de decisão e de prática clínica dos profissionais de saúde do Centro Hospitalar do Porto (CHP). Como referido anteriormente, consistiu no desenvolvimento de ferramentas *Web* para o apoio à decisão e a prática clínica em unidades hospitalares, incluindo a utilização de tecnologias emergentes na área das TIs, nomeadamente *Business Intelligence* (BI).

Como primeiro caso de estudo (Caso de Estudo n.º 1) foi desenvolvida uma ferramenta de apoio à decisão clínica, isto é, uma plataforma de *Business Intelligence* dinâmica e versátil que inclui um módulo de BI para a representação de dados provenientes de um dado *data warehouse* (DW), em forma de tabelas e diferentes tipos de diagramas, a fim de gerar indicadores clínicos e de desempenho. As principais funcionalidades disponibilizadas na aplicação incluem, igualmente, a gestão de utilizadores e de notificações, o envio de alertas via *e-mail*, um estudo de usabilidade, entre outras. Assim, esta plataforma de BI foi projetada e desenvolvida de modo a que seja facilmente e rapidamente adaptada a diferentes casos práticos a fim de promover a implementação de sistemas de BI no CHP, diminuindo-

se, deste modo, consideravelmente os desperdícios de tempo associados à implementação de novos sistemas de BI.

A plataforma de BI foi, seguidamente, aplicada a dois casos práticos do CHP, sendo que foram gerados indicadores clínicos e de desempenho a partir de dados clínicos de dois DWs distintos: a) listas de espera de consultas e de cirurgias; b) cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO). Assim, foram gerados indicadores clínicos e de desempenho com dados clínicos extraídos de diferentes bases de dados. É de notar que os indicadores gerados e integrados nos sistemas de BI foram baseados em estudos efetuados tendo em conta as atuais preocupações dos profissionais de saúde do CHP.

No primeiro caso prático de utilização da plataforma de BI desenvolvida (Caso de Estudo n.º 2), foram gerados indicadores relativos às listas de espera das consultas marcadas e às das cirurgias agendadas, de modo a analisar, avaliar e estimar a afluência, bem como os tempos médios de espera, de acordo com parâmetros analisados e escolhidos por potencialmente influenciar os seus valores. Os parâmetros selecionados inclui a data de marcação, nomeadamente por dia da semana e mês, especialidade, patologia, intervenção cirúrgica e profissional de saúde. Ao permitir o acesso à informação de qualidade no contexto das listas de espera, pretende-se, nomeadamente, disponibilizar informação que sustente novas medidas administrativas para melhorar a gestão da organização ou a correção imediata, o melhor conhecimento da realidade interna e externa da organização, bem como o conhecimento de potenciais riscos associados.

Seguidamente, no segundo caso prático da plataforma de BI (Caso de Estudo n.º 3), foi implementado um protótipo inicial de um novo sistema de BI de apoio à decisão nos cuidados de GO na unidade hospitalar de cuidados materno-infantis do CHP, o Centro Materno Infantil do Norte (CMIN). Incluiu a geração de indicadores clínicos e de desempenho dos cuidados de GO divididos em três módulos, isto é, os módulos de *Obstetrícia*, *Triagem* e *Admissão*, de modo a promover as boas práticas médicas e evitar possíveis eventos adversos na mãe e no recém-nascido. A principal finalidade deste caso de estudo é proporcionar melhorias à arquitetura atual do sistema de BI de GO do CMIN e, por outro lado, incentivar e redivulgar o uso de uma plataforma de BI nos cuidados materno-infantis do CMIN ao impulsionar a sua contínua manutenção e expansão. Passa também por permitir provar a aplicabilidade e adaptabilidade da plataforma de BI desenvolvida como primeiro caso de estudo.

Por fim, como quarto e último caso de estudo (Caso de Estudo n.º 4) foi desenvolvida uma ferramenta de prática clínica, nomeadamente uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*). A plataforma permite a codificação, recodificação e consulta, para determinado doente, de um conjunto de códigos de diagnósticos e procedimentos, bem como a associação de causas externas e morfologia tumoral aos diagnósticos. A codificação clínica ICD-9-CM é utilizada

para efeitos de codificação das altas hospitalares, em termos de diagnósticos e procedimentos, de forma a possibilitar o agrupamento de episódios em Grupos de Diagnósticos Homogéneos (GDHs). Deste modo, ao substituir um trabalho demorado e cansativo num processo mais rápido e intuitivo através de uma ferramenta *Web*, pretende-se auxiliar e simplificar o trabalho dos profissionais codificadores do CHP, aumentando e incentivando, assim, a sua capacidade e rapidez de trabalho.

1.3 OBJETIVOS

Como referido anteriormente, a presente dissertação teve como principal objetivo o desenvolvimento e a exploração de uma nova geração de ferramentas *Web* de *Business Intelligence* (BI) para o apoio à decisão e a prática clínica em unidades hospitalares: i) uma ferramenta de apoio à decisão clínica, isto é, uma plataforma de BI dinâmica e versátil que inclui, entre outras funcionalidades, um módulo de BI para representação de dados provenientes de determinada base de dados (BD). Ainda abrangeu a sua aplicação a dois casos práticos, nomeadamente em listas de espera de consultas e de cirurgias, assim como nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO); ii) uma ferramenta de prática clínica, isto é, uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM de episódios de altas hospitalares. Em ambos os casos foram usados dados dos Sistemas de Informação Hospitalar (SIHs) do Centro Hospitalar do Porto (CHP).

No contexto deste projeto de dissertação, surgiram, assim, as seguintes questões de investigação:

- **Questão de Investigação n.º 1:** De que forma se pode promover a implementação de sistemas de *Business Intelligence* no Centro Hospitalar do Porto e, por outro lado, diminuir consideravelmente os desperdícios de tempo associados à implementação de novos sistemas de BI nas suas unidades hospitalares?

Para responder à esta questão, destacam-se os seguintes objetivos:

- Caso de Estudo n.º 1: desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão clínica, isto é, de uma plataforma *Web* de BI em AngularJS (ver Capítulo 4):
 - Levantamento de requisitos necessários a nível técnico no desenho e desenvolvimento da plataforma de BI;
 - Escolha das metodologias e tecnologias envolvidas no desenho e desenvolvimento da aplicação *Web*;

- Desenho e desenvolvimento de uma plataforma de BI com diversos módulos, componentes e funcionalidades, cuja arquitetura possa ser facilmente e rapidamente adaptada a diferentes casos práticos;
 - Implementação da plataforma de BI numa máquina de produção do CHP.
- **Questão de Investigação n.º 2:** Que informações podem ser alcançadas através do conceito de *Business Intelligence* capazes de auxiliar os profissionais de saúde no apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias no Centro Hospitalar do Porto e, assim, sustentar a melhoria da organização de saúde?

Para tal, definiram-se os seguintes objetivos:

- Caso de Estudo n.º 2: aplicação e adaptação da plataforma de BI (*Caso de Estudo n.º 1*) no apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias (ver Capítulo 5):
 - Levantamento dos requisitos de negócio necessários a nível técnico no desenho e desenvolvimento do sistema de BI;
 - Escolha das metodologias e tecnologias envolvidas no desenho e desenvolvimento do sistema de BI;
 - Execução de processos de *Extract, Transform and Load* (ETL) e *data warehousing* para construção de um *data warehouse* (DW) de listas de espera de consultas e de cirurgias;
 - Aplicação e adaptação da plataforma de BI ao caso prático;
 - Geração e integração de indicadores clínicos e de desempenho no sistema de BI:
 - * Módulo das Consultas: indicadores relacionados com as listas de espera das consultas marcadas;
 - * Módulo das Cirurgias: indicadores relacionados com as listas de espera das cirurgias agendadas.
 - Implementação e utilização do sistema de BI numa máquina de produção do CHP.
- **Questão de Investigação n.º 3:** De que forma se pode proporcionar melhorias à arquitetura atual do sistema de *Business Intelligence* dos cuidados materno-infantis do Centro Materno Infantil do Norte no Centro Hospitalar do Porto, bem como incentivar e redivulgar o uso de uma plataforma de *Business Intelligence* na unidade hospitalar?

Assim, de forma a responder à esta questão, colocam-se os seguintes objetivos:

- Caso de Estudo n.º 3: aplicação e adaptação da plataforma de BI (*Caso de Estudo n.º 1*) no apoio à decisão nos cuidados de GO (ver Capítulo 6):

- Estudo e implementação do DW anteriormente desenhado e construído nos cuidados de GO do Centro Materno Infantil do Norte (CMIN) aquando o desenvolvimento da plataforma de BI atual de GO;
 - Estudo da arquitetura, das funcionalidades, dos indicadores e modelos de previsão da plataforma de BI atual dos cuidados de GO do CMIN de modo a identificar possíveis pontos que possam ser atualizados e melhorados, justificando, assim, a reformulação da plataforma de BI atual;
 - Escolha das metodologias e tecnologias envolvidas no desenho e desenvolvimento do sistema de BI;
 - Aplicação e adaptação da plataforma de BI ao caso prático;
 - Geração e integração de indicadores clínicos e de desempenho no sistema de BI:
 - * Módulo de Obstetrícia: indicadores relacionados com a mãe, o recém-nascido e as circunstâncias do parto;
 - * Módulo de Triagem: indicadores relacionados com a triagem das utentes;
 - * Módulo de Admissão: indicadores relacionados com as notas de admissão das utentes.
 - Implementação do sistema de BI numa máquina de produção do CHP;
 - Formulação de uma proposta de um protótipo inicial de um novo sistema de BI de GO no CMIN.
- **Questão de Investigação n.º 4:** De que forma se pode auxiliar e simplificar o trabalho dos profissionais codificadores do Centro Hospitalar do Porto, assim como aumentar a produtividade e a rapidez associadas à realização de codificações clínicas ICD-9-CM no estabelecimento hospitalar?

Deste modo, foram definidos os seguintes objetivos:

- Caso de Estudo n.º 4: desenvolvimento de uma ferramenta de prática clínica, isto é, de uma ferramenta *Web* de codificação clínica ICD-9-CM em AngularJS (ver Capítulo 7):
 - Levantamento de requisitos necessários a nível técnico no desenho e desenvolvimento da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM;
 - Escolha das metodologias e tecnologias envolvidas no desenho e desenvolvimento da aplicação *Web*;
 - Desenho e desenvolvimento de uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM que inclui três módulos, nomeadamente o Módulo de Codificação, Módulo de Recodificação e Módulo de Consulta;

- Implementação e utilização da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM numa máquina de produção do CHP.

É de salientar que todos os objetivos de cada um dos casos de estudo estão explicitamente descritos no capítulo dedicado ao caso de estudo em questão neste documento.

Por fim, a seguir ao processo de desenho, desenvolvimento e implementação das aplicações *Web*, surgiram ainda mais duas questões de investigação, nomeadamente:

- **Questão de Investigação n.º 5:** Qual é a viabilidade, a utilidade e a usabilidade das ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica desenvolvidas?

Assim, destacam-se os seguintes objetivos:

- Análise crítica e discussão dos resultados para cada caso de estudo;
- Realização de uma prova de conceito às ferramentas para o apoio à decisão a prática clínica (ver Capítulo 8).
- **Questão de Investigação n.º 6:** Como trabalho futuro, quais são as alterações ou melhorias que poderão ser efetuadas às ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica desenvolvidas?

De forma a responder à esta última questão, foi então definido o seguinte objetivo:

- Formulação de propostas de alteração e de melhoria de modo a promover a contínua manutenção e expansão das ferramentas desenhadas, desenvolvidas e implementadas.

Deste modo, os objetivos, que determinam todo o estudo, podem também ser vistos como questões de investigação que servem de guia ao processo de resolução de todo o estudo apresentado e, assim, para às quais vão ser procuradas soluções.

1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente documento está estruturado em nove capítulos: Introdução, Estado da Arte, Metodologias de Investigação e Tecnologias, Plataforma de *Business Intelligence*, Apoio à Decisão nas Listas de Espera, Apoio à Decisão nos Cuidados de Ginecologia e Obstetrícia, Ferramenta de Codificação Clínica ICD-9-CM, Prova de Conceito e, por fim, Conclusão e Trabalho Futuro.

- Capítulo 1 - Introdução: este primeiro capítulo apresenta uma breve contextualização e enquadramento do trabalho, a sua principal motivação, os objetivos, assim como a estrutura do documento;
- Capítulo 2 - Estado da Arte: no Capítulo 2 são apresentados todos os conceitos teóricos e científicos de maior interesse para este estudo na área das Tecnologias de Informação na Saúde (TISs), nomeadamente Sistemas de Informação Hospitalar (o conceito de Interoperabilidade e Sistemas de Apoio à Decisão Clínica), *Business Intelligence* e a Informação Clínica (Extração, Transformação e Carregamento, e *Data Warehousing*) e, por fim, Grupos de Diagnósticos Homogéneos;
- Capítulo 3 - Metodologias de Investigação e Tecnologias: o Capítulo 3 apresenta as metodologias adotadas, nomeadamente a metodologia de investigação *Design Science Research* no desenvolvimento dos casos de estudo, a metodologia de Kimball na construção dos *data warehouses* (DWs) e na fase de desenvolvimento aplicacional das soluções de BI, e a metodologia de investigação de Prova de Conceito na defesa da viabilidade e utilidade das ferramentas informáticas. São, igualmente, expostas todas as tecnologias e ferramentas utilizadas na concretização deste projeto. Assim, é explorada a *framework* AngularJS utilizada para o desenvolvimento das ferramentas *Web*, bem como as linguagens de programação PHP e SQL. Por fim, são apresentadas as tecnologias Oracle Database e MySQL utilizadas para gerir as bases de dados usadas em ambas as aplicações;
- Capítulo 4 - Plataforma de *Business Intelligence*: no Capítulo 4 é apresentada a ferramenta de apoio à decisão clínica desenvolvida, isto é, a plataforma de *Business Intelligence* (BI). É definido o problema e a sua motivação, sendo descritos os objetivos da solução de TI encontrada aquando a sua conceção. Segue-se uma descrição pormenorizada de cada um dos seus componentes no processo de desenho e desenvolvimento da aplicação, apresentando-se todas as suas funções, assim como a programação que rodeia o desenvolvimento da aplicação *Web*. O capítulo conclui-se com uma análise e discussão dos resultados obtidos, bem como uma breve conclusão e trabalho futuro;
- Capítulo 5 - Apoio à Decisão nas Listas de Espera: no Capítulo 5, a plataforma de BI desenvolvida é aplicada ao primeiro caso prático, isto é, no apoio à decisão nas listas de espera nos módulos das consultas e das cirurgias. Inclui a definição do problema e motivação, bem como a descrição dos requisitos de negócio. Segue-se a apresentação de cada um dos passos seguidos na abordagem de Kimball. O projeto técnico da arquitetura, a seleção e instalação de produtos, a modelação dimensional e desenho físico, e o desenvolvimento dos processos de *Extract, Transform and Load* (ETL) são, assim, descritos. Seguidamente, na fase de desenvolvimento aplicacional, os indicadores clínicos e de desempenho gerados são apresentados por módulo, após

a sua integração na plataforma de BI desenvolvida. Por fim, o capítulo finaliza-se com uma análise e discussão dos resultados obtidos, terminando numa conclusão e trabalho futuro;

- Capítulo 6 - Apoio à Decisão nos Cuidados de Ginecologia e Obstetrícia: no Capítulo 6 a plataforma de BI desenvolvida é aplicada ao segundo caso prático, isto é, no apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) nos módulos de obstetrícia, triagem e admissão. É definido o problema e a sua motivação, sendo descritos os objetivos da solução de TI definida aquando a sua conceção. Segue-se uma descrição pormenorizada de cada um dos passos no processo de desenho e desenvolvimento do sistema de BI. Por fim, o capítulo termina-se com uma análise e discussão dos resultados obtidos, bem como de uma breve conclusão e trabalho futuro;
- Capítulo 7 - Ferramenta de Codificação Clínica ICD-9-CM: no Capítulo 7 é apresentada a ferramenta de prática clínica desenvolvida, isto é, a ferramenta de codificação ICD-9-CM. É definido o problema e a sua motivação, sendo descritos os objetivos da solução de TI encontrada aquando a sua conceção. Segue-se uma descrição pormenorizada de cada um dos seus componentes no processo de desenho e desenvolvimento da aplicação, apresentado-se todas as suas funções, assim como a programação que rodeia o desenvolvimento da aplicação *Web*. O capítulo conclui-se com uma análise e discussão dos resultados obtidos, terminando numa conclusão e trabalho futuro;
- Capítulo 8 - Prova de Conceito: no Capítulo 8 é apresentada a prova de conceito realizada à metodologia proposta neste projeto. Foi efetuada uma análise *Strengths Weaknesses Opportunities and Threats* (SWOT) a ambas as ferramentas desenvolvidas, assim como um estudo de usabilidade à plataforma de BI;
- Capítulo 9 - Conclusão e Trabalho Futuro: o último capítulo do presente documento pretende resumir e apresentar as principais conclusões e contribuições obtidas através da realização deste estudo. Para além disso, são igualmente apresentadas propostas que podem ser aplicadas no futuro de forma a melhorar ambas as aplicações;
- Apêndice A - Glossário: reúne definições úteis de determinados termos num glossário;
- Apêndice B - Publicações: são destacados todos os contributos científicos, isto é, as publicações, elaborados ao longo deste projeto de dissertação.

ESTADO DA ARTE

Neste capítulo são apresentados a revisão da literatura e o estado da arte de todos os conceitos teóricos e científicos associados ao desenvolvimento deste projeto de dissertação, dividindo-se em cinco secções.

Após uma breve introdução ao estado atual da Tecnologia de Informação na Saúde (TIS) (Secção 2.1), são introduzidos os Sistemas de Informação Hospitalar (SIHs) (Secção 2.2), incluindo o conceito de interoperabilidade orientado aos casos de estudo deste trabalho, bem como os Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADCs). Na Secção 2.3 são descritos os conceitos associados com a tecnologia de *Business Intelligence* (BI), nomeadamente o processo de *Extract, Transform and Load* (ETL) e *data warehousing*, com destaque na área da saúde. Na secção seguinte (Secção 2.4) é descrito o sistema de classificação dos Grupos de Diagnósticos Homogêneos (GDHs) e a codificação clínica ICD-9-CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*). O capítulo encerra-se com uma breve conclusão (Secção 2.5) relativamente a todos os conceitos introduzidos e descritos ao longo deste capítulo.

2.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as Tecnologias de Informação na Saúde (TISs) têm sido cada vez mais defendidas como ferramentas que podem transformar e melhorar radicalmente a prestação de cuidados de saúde nas instituições de saúde [1, 6]. As Tecnologias de Informação (TIs) consistem no conjunto de todas as atividades e soluções providas por recursos computacionais que pretendem produzir, armazenar, transmitir, aceder e usar a informação disponível.

As principais vantagens que têm sido apontadas para o uso de TISs em organizações hospitalares são a redução significativa dos custos e das despesas associados às organizações de saúde, diminuição do número de efeitos adversos associados ao uso de drogas, redução de erros médicos e erros de prescrição, bem como o uso de melhores práticas médicas no tratamento de determinados problemas de saúde incluindo ataques cardíacos, insuficiências cardíacas e pneumonias. Assim, afetam positivamente o desempenho e a qualidade dos

serviços prestados pelos profissionais de saúde, nomeadamente na sua eficiência, eficácia e qualidade [1, 2, 3].

No entanto, vários estudos mostram que o setor da saúde está aquém relativamente a outros setores económicos no que diz respeito à adoção de TIs, apesar de se fazer sentir um crescente aumento na sua utilização [2]. Assim, apesar das evidências anteriormente mencionadas relativamente aos benefícios do uso de aplicações de TIs na área médica, ainda são escassamente usadas em várias instituições de saúde [1, 2, 7, 8].

O desempenho ainda dececionante das TISs pode ser atribuído a diversos fatores, designadamente a adoção lenta de Sistemas de Informação Hospitalar (SIHs), a escolha de sistemas que não são interoperáveis ou fáceis de usar e a reticência em aderir a tecnologias informáticas pelos profissionais de saúde [7, 17].

Assim, acredita-se que o futuro realmente bem sucedido das TIs no setor da saúde reside no desenho e na implementação de sistemas mais *user-friendly* centrados no paciente, e interoperáveis, que permitem um maior e melhor acesso e controlo sobre os dados clínicos armazenados. Por outro lado, passa, igualmente, pelo uso de tecnologias emergentes na sua conceção, incluindo *Business Intelligence* (BI), de modo a tirar real partido da informação disponível [7, 8].

No contexto das TIs no setor da saúde e da realização deste projeto de dissertação, surgem, assim, os próximos conceitos, processos e sistemas computacionais destacados nas próximas secções e subsecções deste capítulo.

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO HOSPITALAR

Os Sistemas de Informação Hospitalar (SIHs), implementados de modo a gerir processos e atividades administrativas, financeiras e clínicas de um meio hospitalar, correspondem a uma subcategoria dos Sistemas de Informação (SIs) [18]. Assim, os SIHs são sistemas computacionais complexos projetados e desenhados de modo a facilitar a gestão da informação clínica e administrativa de uma instituição de saúde, de forma a gerir os registos clínicos. Por conseguinte, possibilitam a redução dos custos e desperdícios, melhorar a qualidade da prestação de cuidados de saúde, bem como incentivar as tomadas de decisão baseadas em evidências [19, 20, 21, 22].

No entanto, nos últimos anos, apesar da implementação de SIHs estar a aumentar progressivamente no sector da saúde, ainda é diminuto o número de instituições de saúde que atingiram um nível de implementação e de maturidade suficiente para permitir a completa partilha e comunicação de informação estruturada entre todas as unidades e os profissionais de saúde dentro dos seus estabelecimentos hospitalares [19, 21, 23, 24, 25]. As principais barreiras apontadas para conseguir ultrapassar este desafio são a heterogeneidade das tarefas, das atividades e dos profissionais de saúde envolvidos, a diversidade das estruturas

das organizações, e a complexidade e as dificuldades na adoção e gestão de mudanças em meios hospitalares [18, 19, 25].

Contudo, a implementação de SIHs é crescentemente mais considerada uma necessidade obrigatória numa instituição de saúde pelos tomadores de decisão médica e profissionais de saúde, uma vez que oferece muitos benefícios às instituições de saúde, ao servir de repositório de dados clínicos no processo de armazenamento e gestão de dados hospitalares [19]. Assim, a implementação de SIHs nas instituições de saúde permite automatizar determinadas atividades de manutenção e de gestão de dados clínicos e, deste modo, melhorar o armazenamento e a recuperação da informação, reduzir o tempo de espera e de resposta, bem como aumentar a eficiência e eficácia dos profissionais envolvidos nestas atividades [22, 23, 24].

Assim, neste contexto, surgem os dois próximos conceitos que estão descritos nas próximas subsecções desta secção, subsecções 2.2.1 e 2.2.2, nomeadamente o conceito de interoperabilidade, que assegura a comunicação e partilha de informação entre sistemas diferentes, e os Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADCs), que são ferramentas computacionais cujo potencial benéfico na prestação de cuidados de saúde é despoletado pela implementação de SIHs interoperáveis, respetivamente.

2.2.1 Interoperabilidade

Hoje em dia, com o contínuo crescimento da informação clínica registada nos Sistemas de Informação Hospitalar (SIHs), uma das maiores preocupações na área da Informática Médica (IM) é assegurar a interoperabilidade entre Sistemas de Informação (SIs) diferentes nas instituições de saúde [26, 27]. Assim, a interoperabilidade é crescentemente mais considerada um requisito nos SIHs ao invés de uma opção de forma a implementar a comunicação e cooperação adequadas entre sistemas [28].

Genericamente, o conceito de interoperabilidade pode ser definido como a capacidade de um sistema comunicar e partilhar informação com outro sistema que surge de forma a superar a heterogeneidade e a distribuição de várias fontes de informação diferentes. No setor da saúde, o principal objetivo da interoperabilidade é conectar as aplicações e os dados de modo a que possam ser partilhados em toda a organização e distribuídos pelos profissionais de saúde [26, 28].

Assim, neste contexto, advém a necessidade de implementar plataformas dinâmicas como, por exemplo, sistemas multi-agentes que permitem o acesso e a partilha de informação entre SIs diferentes, de forma a conectá-los, padronizar os sistemas clínicos distribuídos e, deste modo, reduzir os atrasos normalmente gerados no processo de partilha de informação [29].

a) Agência para Integração, Difusão e Arquivo de Informação Médica (AIDA):

O registo da informação clínica no Centro Hospitalar do Porto (CHP) é assegurada por determinados SIHs, nomeadamente o Sistema de Apoio ao Médico (SAM), o Sistema de Gestão de Doentes Hospitalares (SONHO), o Sistema de Apoio à Prática de Enfermagem (SAPE) e o Processo Clínico Eletrónico (PCE) [27, 30].

Neste contexto, surge a Agência para Integração, Difusão e Arquivo de Informação Médica (AIDA) que consiste numa plataforma baseada no uso de agentes pró-ativos que assegura a interoperabilidade entre os diferentes SIHs do CHP e outras entidades como os sistemas complementares, nomeadamente *Radiology Information System* (RIS), *Laboratory Information System* (LIS), *Department Information System* (DIS) e *Administrative Information System* (AIS) [26, 27, 28, 29, 30].

A AIDA é um sistema complexo constituído por subsistemas simples e especializados, definidos como agentes inteligentes, que são responsáveis por tarefas como a comunicação entre sistemas heterogéneos, o envio e a receção de informação (por exemplo, relatórios clínicos, imagens médicas e prescrições), bem como a gestão e o arquivo de dados [26].

Assim, diretamente a partir da AIDA é possível integrar, disseminar e arquivar grandes conjuntos de dados de fontes diferentes (por exemplo, serviços, departamentos, unidades hospitalares, computadores e dispositivos médicos) [26]. Deste modo, a AIDA proporciona um fácil acesso e a partilha da informação registada, facilitando a investigação médica e a aplicação e desenvolvimento de outras ferramentas computacionais como, por exemplo, Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADCs), de forma a otimizar os serviços prestados na instituição de saúde.

2.2.2 *Sistemas de Apoio à Decisão Clínica*

Nos últimos anos, o reconhecimento da importância de Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADCs) como ferramentas práticas tem aumentado exponencialmente [9, 31]. Esta tendência deve-se maioritariamente ao crescimento inexorável da complexidade e dos custos desnecessários associados à prestação de cuidados de saúde, o desafio de oferecer serviços médicos personalizados para cada paciente, a pressão cada vez mais sentida de adotar e usar o Processo Clínico Eletrónico (PCE), bem como a introdução cada vez mais frequente de requisitos obrigatórios relativamente à implementação deste tipo de ferramentas computacionais no sector da saúde [9, 10, 11, 32, 33].

Conceptualmente, SADCs permitem não só a recuperação de informação relevante, como também permitem a partilha e comunicação da informação no contexto clínico, disponibilizando assim informações específicas e recomendações. Estes sistemas fornecem, assim, conhecimento fundamental e análises necessárias de modo a auxiliar os tomadores de de-

cisão, incluindo organizações de saúde e profissionais de saúde, na prestação de cuidados de saúde [9, 10, 11].

Assim, SADCs podem usar a informação do contexto clínico atual de modo a recuperar documentos relevantes, criar e enviar alertas ou recomendações para os pacientes e/ou profissionais da instituição de saúde, ou até organizar e apresentar a informação em *dashboards*, diagramas, documentos e relatórios, de forma a facilitar, acelerar e melhorar o processo de tomada de resolução e de tomada de decisão [9, 31].

Deste modo, o objetivo principal dos SADCs é assistir, e não substituir, o profissional de saúde no seu trabalho diário, consistindo assim numa ferramenta de auxílio no processo de tomada de decisão que permite reduzir a incidência de erros médicos, melhorar a qualidade dos serviços prestados aos utentes, assim como reduzir os custos e desperdícios desnecessários associados [9, 10, 11].

2.3 BUSINESS INTELLIGENCE E A INFORMAÇÃO CLÍNICA

O conceito de *Business Intelligence* (BI) refere-se ao processo de recolha, transformação, organização, análise e distribuição de dados de várias fontes de informação externas para melhorar o processo de tomada de decisão de negócios [4]. Assim, corresponde a um conjunto de teorias, metodologias, processos, estruturas e tecnologias de apoio à decisão que permite agrupar dados de forma a que seja possível tomar uma decisão mais fundamentada [12, 34]. Deste modo, BI transforma uma grande quantidade de dados brutos em informação útil para tomadas de decisão estratégicas, baseando-se em experiências passadas.

Nas últimas décadas, tem aumentado exponencialmente o número de serviços e produtos que recorrem ao conceito de BI no seu desenvolvimento [13, 34, 35]. Hoje em dia, já é usado globalmente tecnologias de BI para obtenção de conhecimento útil em tempo real com o objetivo de melhorar o processo de tomada de decisão nas mais diversas áreas científicas. A tecnologia de BI transforma informação em conhecimento e apresenta a capacidade de conseguir colocar a informação certa, nas mãos certas, no momento certo, de forma a suportar o processo de tomada de decisão [12].

No sector da saúde, tem-se gerado cada vez mais grandes quantidades de dados devido, maioritariamente, aos requisitos obrigatórios progressivamente mais exigentes a cumprir nos serviços relacionados com a prestação de cuidados de saúde, impulsionando, assim, uma melhor manutenção e gestão dos registos clínicos [4, 36].

Deste modo, estes vastos conjuntos de dados, denominados *big data*, apresentam a potencialidade de conseguir melhorar a qualidade de prestação de cuidados de saúde e reduzir os custos e desperdícios associados aos mesmos ao ser capaz de suportar uma ampla gama de funções no sector de saúde, incluindo o desenvolvimento de Sistemas de Apoio à De-

cisão Clínica (SADCs) e a sua aplicabilidade no Processo Clínico Eletrónico (PCE) [12, 36]. Assim, o conceito de BI tem vindo a ter cada vez mais visibilidade por parte dos profissionais de saúde pelo seu aproveitamento benéfico dos registos clínicos e por possibilitar o acesso aos dados para auxiliar os profissionais de saúde a tomar melhores decisões num menor intervalo de tempo [5].

Ferramentas que recorrem às tecnologias de BI incluem a aplicação de uma série de processos incluindo o processo de *Extract, Transform and Load* (ETL) que se encarrega da extração, limpeza, normalização e carregamento dos dados, a construção de *data warehouses* (DWs) para estruturação dos dados de modo a facilitar a sua análise (*data warehousing*) e, finalmente, a visualização, análise e interpretação da informação representada [5, 12, 13].

Assim, os dois principais conceitos referidos relacionados com a tecnologia de BI, isto é, o processo de ETL e o *data warehousing*, estão sucintamente descritos nas próximas subsecções desta secção, designadamente nas subsecções 2.3.1 e 2.3.2, respetivamente.

2.3.1 Extração, Transformação e Carregamento

O processo de ETL (*Extract, Transform and Load*), ou extração, transformação e carregamento em português, consiste num conjunto de procedimentos que é responsável pela extração de dados de várias fontes de informação distintas, a sua limpeza e otimização, e o respetivo carregamento dos dados num *data warehouse* (DW). Porém, os dados podem ser enviados para qualquer outro tipo de sistema de organização de dados, incluindo *data marts* [37]. Assim, o processo de ETL divide-se em três fases consecutivas, notadamente a extração, a transformação e o carregamento dos dados [37, 38, 39, 40].

Na primeira fase do processo de ETL, a extração, os dados que provêm de fontes de informação externas são extraídos das mesmas. Estes dados podem provir de bases de dados (BDs) ou até de ficheiros com formatos heterogéneos (por exemplo, de texto) [38]. Os dados provenientes dessas fontes de informação são extraídos por processos de extração (por exemplo, recorrendo a *scripts* em SQL), e correspondem a informação igual ou modificada relativamente às fontes de informação de dados originais.

Após a extração dos dados das suas fontes de informação de dados originais, os mesmos seguem para a entrada do processo de transformação. Nesta segunda fase, os dados são copiados para a *Data Staging Area* (DSA) que consiste numa localização temporária onde os dados dos sistemas de origem são copiados, transformados e limpos antes de serem carregados para o DW [39]. Algumas fontes de informação necessitam de pouca manipulação dos seus dados, enquanto para outras podem ser necessárias uma ou mais transformações. As transformações que podem ser realizadas incluem, em particular, a seleção de apenas determinadas colunas, codificação de valores (mapeando e atribuindo códigos a valores),

limpeza de dados, junção de dados provenientes de fontes de informação distintas, entre outras.

Seguidamente, na fase de carregamento, que corresponde à terceira fase do processo de ETL, os dados são carregados num DW, sendo que o objetivo é armazenar os dados, através de processos de carregamento (por exemplo, recorrendo a *scripts* em SQL). Dependendo das necessidades da organização, as informações contidas no DW podem ser substituídas periodicamente.

O processo de ETL está esquematizado e resumido na Figura 1, incluindo as suas três fases consecutivas de *Extração*, *Transformação* e *Carregamento*.

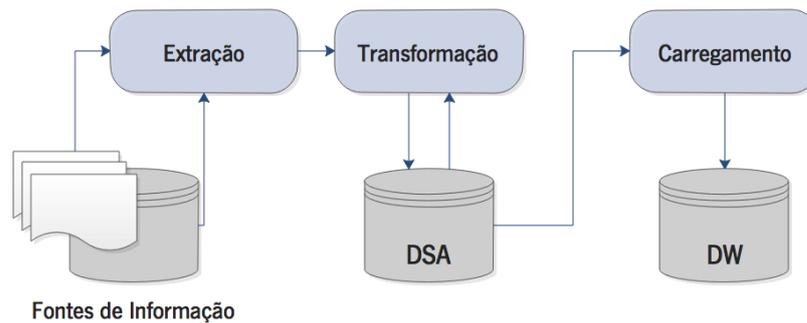


Figura 1.: Representação esquemática do processo de Extração, Transformação e Carregamento (adaptado de [37]).

Concluindo, o processo de ETL é uma das fases mais críticas e demoradas na construção de um DW por envolver o processamento de grandes volumes de dados. Assim, o processo de ETL corresponde ao processo mais complexo e moroso, demorando cerca de 60-80% do tempo na construção de um sistema de DW [40].

2.3.2 Data Warehousing

Um *data warehouse* (DW) consiste num sistema que permite agregar informação proveniente de uma ou mais fontes de informação (por exemplo, bases de dados (BDs)) [41, 42] através do processo de *Extract, Transform and Load* (descrição pormenorizada na Subsecção 2.3.1 desta secção). A informação extraída é tratada, formatada e consolidada numa única estrutura de dados de forma a facilitar a análise desses dados. Este processo de construção de um DW é denominado *data warehousing* [43, 44].

Devido ao custo elevado, um DW é muitas vezes dividido em partes menores, nomeadamente *data marts*. Um *data mart* consolida apenas a informação de uma determinada área, enquanto um DW corresponde à união de vários *data marts* para formarem um único DW [41].

Por outro lado, os DWs apresentam a sua informação organizada consoante o modelo dimensional definido pelo utilizador, existindo vários tipos de modelos dimensionais. No entanto, os mais comuns são o modelo *star schema* e o modelo *snow flake* [45, 46].

No modelo em estrela (*star schema*), todas as tabelas, isto é, tabelas de dimensão, estão diretamente relacionadas com uma tabela central denominada tabela de factos. As ligações entre as tabelas de factos e as tabelas de dimensão são feitas entre as chaves primárias das tabelas de dimensão e as chaves estrangeiras das tabelas de factos. Resumindo, as tabelas de dimensão contêm a descrição dos factos medidos e guardados nas tabelas de factos [45, 46].

Relativamente ao modelo *snow flake*, por questões de normalização visando a diminuição do espaço ocupado pelas tabelas de dimensão, algumas dimensões não estão diretamente relacionadas com a tabela de factos, mas sim relacionadas com outras tabelas de dimensão. Assim, as tabelas de dimensão também se relacionam com a tabela de factos. No entanto, a ligação pode não ser feita diretamente, mas sim por tabelas de dimensão auxiliares que normalizam as tabelas de dimensão principais [45, 46].

Portanto, o modelo *snow flake* reduz o espaço necessário para armazenar os dados, mas aumenta a complexidade do modelo por apresentar mais tabelas do que um DW construído e apoiado no modelo *star schema*. Como aumenta a complexidade do modelo e a quantidade de ligações entre as tabelas, o acesso aos dados através de *queries* é mais lento no caso do modelo *snow flake*. Assim, é mais fácil e rápido extrair informação de dados organizados no modelo em estrela do que no modelo *snow flake*, sendo mais vantajoso a sua utilização por fornecer um acesso mais rápido e simples aos dados. Só se justifica a utilização do modelo *snow flake* na construção de um DW quando compensar a perda de rapidez e facilidade de acesso aos dados relativamente ao espaço ocupado pelos mesmos [45, 46].

Existe um vasto número de metodologias para *data warehousing*, ou seja, para construção de DWs. Os casos de estudo deste projeto de dissertação que incluíram a construção de um DW adotaram a metodologia de Kimball *bottom-up*, para construção dos DWs, descrita na Subsecção 3.4.1 do Capítulo 3. Consiste numa arquitetura em que os *data marts* vão sendo criados conforme as necessidades da organização e, seguidamente, são integrados no DW que é construído. Foi a metodologia escolhida por ser flexível e adequada a casos de estudo em que haja armazenamento contínuo de novos tipos de dados e, assim, a adição frequentemente de novos *data marts* no DW [41, 45, 46], enquadrando-se, deste modo, com os casos práticos deste trabalho.

2.4 GRUPOS DE DIAGNÓSTICOS HOMOGÉNEOS

Um sistema de classificação de doentes consiste num método em que se pretende agrupar os doentes, ou episódios de doença, sendo que o objetivo principal é tornar possível a

identificação das suas semelhanças e diferenças, e permitir que os que pertencem à mesma classe sejam tratados de modo semelhante.

Neste contexto, surgem os Grupos de Diagnósticos Homogéneos (GDHs) que consistem num sistema de classificação de doentes internados em hospitais de agudos, desenvolvido em resposta aos custos e desperdícios crescentes nos cuidados de saúde [14], que agrupa doentes em grupos clinicamente coerentes e similares relativamente ao consumo de recursos [15, 16].

Este sistema de classificação permite definir o conjunto de bens e serviços que cada doente recebe em função das suas necessidades e da patologia que o levou ao internamento, bem como o processo de tratamento definido. Deste modo, é possível relacionar o tipo de doentes tratados com o consumo de recursos [14, 15, 47, 48].

Por outro lado, o conceito de coerência clínica define que as patologias dos doentes incluídos em cada GDH estão relacionadas com um aparelho ou sistema, ou ainda com a etiologia, e que os cuidados prestados são similarmente os mesmos para todos os doentes nesse GDH [47]. É paga aos hospitais uma quantia predeterminada para o tratamento de doentes pertencentes à um dado GDH, independentemente dos custos reais associados aos cuidados de saúde prestados [14, 48, 49, 50].

Assim, a motivação principal do agrupamento de doentes de uma instituição de saúde em GDHs reside no facto de proporcionar um sistema financeiro e de classificação de doentes que utiliza o diagnóstico, intervenção cirúrgica, idade, sexo, destino após alta, e outros fatores relacionados, como critérios de triagem [14, 15, 50]. Foram introduzidos em diversos países, incluindo Portugal, como estratégia de contenção de custos, planeamento, orçamento, gestão e seguimento dos cuidados de saúde prestados [47, 48, 49].

a) Codificação Clínica ICD-9-CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*):

Para efeitos de codificação das altas hospitalares em termos de diagnósticos e procedimentos, de forma a possibilitar o agrupamento de episódios em GDHs, é utilizada a codificação clínica ICD-9-CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*) [50]. Consiste num conjunto de códigos de diagnósticos e de procedimentos utilizados para classificação e codificação da informação de morbilidade e mortalidade para fins estatísticos, e para indexação dos registos hospitalares por doença e intervenções cirúrgicas. A informação é, seguidamente, utilizada para fins de armazenamento e pesquisa.

Assim, o processo de classificação GDH é realizado por um profissional codificador que necessita conhecer o sistema e a estrutura de classificação ICD-9-CM, compreender a organização dos índices e a sua utilização na codificação das doenças e procedimentos,

bem como saber aplicar corretamente os princípios e as regras da codificação clínica ICD-9-CM [50].

2.5 CONCLUSÃO

Nos últimos anos, no sector da saúde, tem aumentado exponencialmente a utilização de Tecnologias de Informação (TIs) defendidas como ferramentas que podem transformar e melhorar radicalmente a prestação de cuidados de saúde nas instituições de saúde.

Como referido ao longo deste capítulo, as principais vantagens apontadas para a utilização de TIs são a redução significativa dos custos e desperdícios desnecessários associados às organizações de saúde e a diminuição do número de erros médicos. Inclui, igualmente, a disponibilização de ferramentas clínicas computacionais aos profissionais de saúde de forma a auxiliar o seu trabalho e, deste modo, facilitar e melhorar o processo de tomada de decisão.

Assim, acredita-se que o futuro realmente bem sucedido das TIs no sector da saúde passa pela implementação de Sistemas de Informação Hospitalar (SIHs) interoperáveis que permitem um melhor acesso e controlo sobre os dados clínicos armazenados pela instituição de saúde na sua íntegra. Reside também no desenho e na implementação de sistemas *user-friendly*, incluindo Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADCs), personalizados e focados no paciente, bem como o uso de tecnologias emergentes na sua conceção, incluindo *Business Intelligence* (BI), de modo a tirar real partido da informação disponível.

De seguida, no Capítulo 3, são abordadas todas as metodologias, tecnologias e ferramentas envolvidas no desenvolvimento de todos os casos de estudo deste projeto de dissertação.

METODOLOGIAS DE INVESTIGAÇÃO E TECNOLOGIAS

Este capítulo é composto por seis secções relativas às metodologias de investigação e tecnologias utilizadas ao longo do desenvolvimento deste projeto de dissertação.

A primeira secção (Secção 3.1) introduz o capítulo, seguindo-se da Secção 3.2 que descreve a metodologia de investigação prosseguida para desenvolver este projeto, designadamente *Design Science Research* (DSR). Na Secção 3.3 são apresentadas a *framework* e as linguagens de programação utilizadas no desenvolvimento de ambas as ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica. Na secção seguinte (Secção 3.4) são descritas a metodologia e tecnologias adotadas na fase de extração, transformação e carregamento (ETL) dos dados clínicos. Por outro lado, na Secção 3.5 é explicitada a metodologia de investigação *Proof of Concept*, isto é, prova de conceito em português, aplicada de modo a provar a viabilidade e a utilidade das ferramentas informáticas. Por fim, é feita uma breve conclusão deste capítulo (Secção 3.6).

3.1 INTRODUÇÃO

A realização de qualquer estudo na área das Tecnologias de Informação (TIs) engloba evidentemente a pesquisa e a análise esmiuçada do conjunto de metodologias e tecnologias disponíveis e viáveis na conceção das soluções de TI definidas. A escolha dos métodos e das ferramentas mais apropriados baseia-se nas vantagens apontadas, bem como em questões de conformidade com sistemas relacionados e as limitações associadas.

Assim, a concretização deste projeto de dissertação assenta-se na metodologia de investigação *Design Science Research* (DSR) utilizada na construção e avaliação de soluções de TIs úteis e rigorosas. Cada uma das fases de conceção deste estudo, desde a construção dos *data warehouses* (DWs), através dos processos de *Extract, Transform and Load* (ETL) e de *data warehousing*, até ao desenvolvimento das ferramentas informáticas, abrangeu a escolha e utilização de um conjunto das metodologias, tecnologias e ferramentas mais adequadas para a definição e elaboração de cada uma das soluções pré-definidas aquando a projeção deste trabalho. Por fim, foi ainda realizada uma prova de conceito de modo a defender a

viabilidade e a utilidade das ferramentas de apoio à decisão e a prática clínica desenhadas e desenvolvidas.

Deste modo, nas próximas secções deste capítulo, cada uma das metodologias e tecnologias enquadrada no desenvolvimento deste projeto de dissertação está adequadamente descrita.

3.2 METODOLOGIA DE DESIGN SCIENCE RESEARCH

Na área das Tecnologias de Informação (TIs), o principal objetivo da utilização da metodologia de investigação *Design Science Research* (DSR) é a construção e avaliação de objetos, também denominados “artefactos”, que permitem aos profissionais o processamento de informação organizacional e o desenvolvimento de ações face a um problema [51, 52].

Assim, a metodologia que impulsionou a concretização deste projeto é a DSR. Consiste num método rigoroso de pesquisa científica usado para desenvolver artefactos bem sucedidos [53]. Foca-se no artefacto de TI com uma alta prioridade na sua relevância no seu domínio de aplicação. Assim, no contexto de resolução de problemas de negócio no mundo real, é fundamental tentar melhorar a relevância e a utilidade do artefacto [54, 55]. O artefacto projetado tem de corresponder a uma solução tecnológica viável para resolução de problemas de negócio importantes e relevantes, e a sua utilidade, qualidade, e eficácia devem ser rigorosamente demonstradas através de métodos de avaliação bem executados. Além disso, a pesquisa deve fornecer contribuições claras e verificáveis, e deve basear-se na aplicação de métodos rigorosos no seu processo de construção e avaliação [54, 55].

Na Figura 2 está esquematizada a metodologia de investigação DSR, isto é, as suas diferentes etapas interligadas que sintetizam os passos a serem seguidos através da DSR na construção de artefactos de TI científicos, designadamente as etapas de *Definição do Problema e Motivação*, *Definição dos Objetivos da Solução*, *Desenho e Desenvolvimento*, *Demonstração*, *Avaliação* e *Comunicação*. São estas as fases adotadas na conceção dos casos de estudos, incluindo o desenvolvimento das ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica.

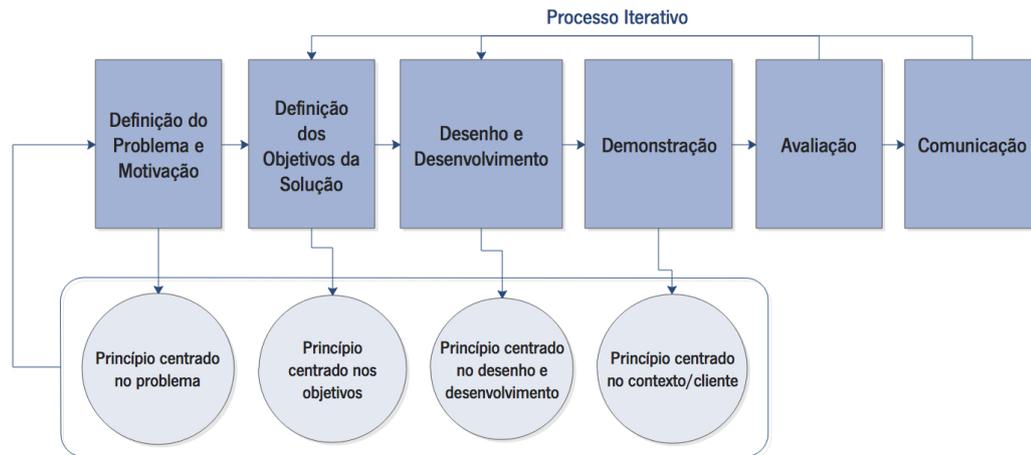


Figura 2.: Representação esquemática da metodologia de investigação *Design Science Research* (adaptado de [53]).

Resumindo, nos primeiros passos, é definido o problema e a motivação, bem como os objetivos da solução encontrada. De seguida é desenhado e desenvolvido o artefacto, direccionado a um problema de negócio importante por resolver que deve ser relevante para a solução do mesmo. O seu desenvolvimento deve seguir um processo científico rigoroso apoiado no conhecimento e na teoria já explorada. Por fim, a solução deve ser demonstrada, avaliada, comunicada e propagada de forma eficiente para o público-alvo [51, 56].

Assim, todos os casos de estudo descritos neste documento seguem a metodologia de investigação de DSR porque cada solução de TI encontrada para cada problema cumpre as necessidades dos profissionais de saúde do Centro Hospitalar do Porto (CHP), isto é, novas ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica de modo a auxiliar o seu trabalho, de acordo com os desafios atualmente existentes nas unidades hospitalares do CHP.

Deste modo, proporcionam à instituição de saúde soluções apropriadas e fundamentadas, apoiadas em métodos e tecnologias já explorados e adequados para a resolução do problema em questão, e incitam, igualmente, novo conhecimento, tanto para a organização como a nível científico. Assim, o desenvolvimento deste projeto de dissertação incluiu também a divulgação dos artefactos de TI junto dos profissionais do CHP, assim como a escrita de artigos científicos (ver Capítulo B).

Por fim, é importante referir que todas as ferramentas clínicas desenvolvidas foram devidamente avaliadas através de uma avaliação *Strengths Weaknesses Opportunities and Threats* (SWOT). No caso da plataforma de BI, foi ainda realizado um estudo de usabilidade da aplicação *Web* através da preparação de um questionário dirigido aos utilizadores da ferramenta informática. É de salientar que a aplicação da metodologia de investigação de Prova de Conceito a fim de provar a viabilidade, utilidade e usabilidade das ferramentas, que incluiu a realização de análises SWOT e de um estudo de usabilidade, está sucintamente descrita no Capítulo 8 deste documento.

3.3 FRAMEWORK E LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO

Nesta secção são apresentadas a *framework* e as linguagens de programação utilizadas no desenvolvimento das ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica. Em particular, AngularJS, uma JavaScript *framework* usada para auxiliar o desenvolvimento de *single-page applications* (SPAs) [57], bem como as linguagens de programação PHP e SQL utilizadas, principalmente, na construção dos *Web services* e na conceção das bases de dados (BDs) e manipulação dos dados, respetivamente.

3.3.1 Framework AngularJS

As ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica foram ambas desenvolvidas com o auxílio da *framework* AngularJS na sua versão 1.5.5. Resumindo, consiste numa nova ferramenta JavaScript *open-source*, lançada em 2012, que auxilia a conceção de *single-page applications* (SPAs) que podem ser acedidas via um navegador *Web* [57]. Assim, é possível desenvolver páginas em HTML (*HyperText Markup Language*) que não precisam de *reload* e que se comportam verdadeiramente como uma aplicação.

A escolha desta *framework* SPA deve-se à sua produtividade no desenvolvimento de aplicações *Web*, isto é, com menos código é possível fazer mais; por ser extremamente declarativa, sendo fácil de entender o funcionamento das aplicações lendo apenas o HTML; à possibilidade de poder usar diretivas que podem ser facilmente personalizadas; bem como devido à sua compatibilidade com o ambiente de implementação das aplicações no Centro Hospitalar do Porto (CHP), isto é, as máquinas de produção.

As aplicações *Web* desenvolvidas recorrendo à *framework* AngularJS baseiam-se na arquitetura MVC (*Model-View-Controller*, isto é, Modelo-Vista-Controlador em português), que consiste num padrão arquitetural usado para desenvolver aplicações *Web* [58, 59]. O desenvolvimento de cada aplicação *Web* em AngularJS inicia-se pela criação de um controlador que controla o modelo através da vista que é atualizada cada vez que uma modificação é executada no modelo [58].

Deste modo, as três componentes da arquitetura MVC podem ser resumidamente descritas da seguinte forma: [60, 61]

- Modelo: é responsável pela gestão dos dados da aplicação. Responde ao pedido da vista e às instruções do controlador para se atualizar;
- Vista: consiste na apresentação dos dados num formato específico, desencadeada pela decisão do controlador para apresentar os dados;

- Controlador: responde à entrada do utilizador, procede à sua validação e, de seguida, executa operações sobre os objetos dos modelos de dados que modificam o seu estado atual.

Na Figura 3 está esquematizada a arquitetura MVC, isto é, *Model-View-Controller*, que está na base de como uma aplicação em AngularJS trabalha de forma a responder a um evento (por exemplo, um pedido por parte de um utilizador).

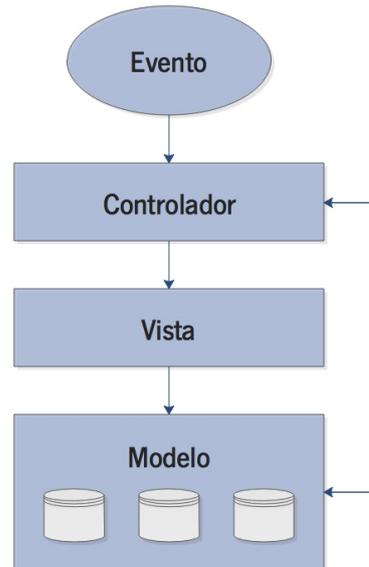


Figura 3.: Representação esquemática da arquitetura *Model-View-Controller* (adaptado de [58]).

a) Visualização dos Dados - Diretivas `Angular-nvd3` e `angular-datatables`:

A partir de *Web services* e da formulação de *queries*, através das linguagens de programação PHP e SQL, é possível concretizar o envio de pedidos de consulta às bases de dados (BDs). Assim, as *queries* permitem representar informação útil e relevante a partir de pedidos de consulta às BDs de modo, por exemplo, a desenvolver indicadores clínicos e de desempenho. Os indicadores gerados podem tomar a forma de diagramas/gráficos de barras e circulares, e tabelas, serem posteriormente agregados por área ou tema em *dashboards* e, seguidamente, serem apresentados e acedidos em determinada aplicação *Web* via um *Web browser*.

Assim, para a visualização dos dados em forma de gráficos, na geração dos indicadores clínicos e de desempenho, incluindo diagramas de barras e circulares, foi utilizada a diretiva `Angular-nvd3`, na sua versão 1.0.8, instalada através do Bower que consiste numa ferramenta de instalação e desinstalação de pacotes nas aplicações *Web* em AngularJS. A diretiva foi escolhida pelos gráficos serem facilmente personalizáveis através do JSON API e por estar baseada na biblioteca de gráficos reutilizáveis `nvd3.js`, uma biblioteca com uma ampla gama de gráficos disponíveis [62]. Através de um *Web service* e da formulação de

queries, recorrendo às linguagens de programação PHP e SQL, são feitos pedidos de consulta às BDs onde se encontra armazenada a informação. Os dados no formato JSON são, seguidamente, manipulados em JavaScript de forma a serem moldados e, posteriormente, representados e visualizados recorrendo à diretiva Angular-nvD3.

Por fim, todas as tabelas foram criadas recorrendo à diretiva *angular-datatables*, na sua versão 0.5.5, igualmente instalada através do Bower. Esta diretiva, baseada em JQuery, foi escolhida por ser fácil de usar e disponibilizar diversas funcionalidades como a ordenação automática dos atributos por ordem crescente e decrescente, a filtração dos atributos pelo valor do campo introduzido, bem como a possibilidade de adicionar diversos *plugins*, notadamente para gerar ficheiros externos com o conteúdo de determinada tabela no formato especificado, incluindo o formato PDF [63].

3.3.2 Programação em PHP

Para o desenvolvimento das ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica foi usada a linguagem de programação PHP (*PHP: Hypertext Preprocessor*) na sua versão 5.5.36. Resumindo, a sua principal utilização consistiu no seu uso na criação e no desenvolvimento de *CRUD RESTful PHP Web services* utilizados na integração de sistemas e na comunicação entre aplicações diferentes [64].

a) *CRUD RESTful PHP Web Service:*

O *Web browser*, isto é, o cliente (*User Agent*) refere-se ao parceiro de uma sessão HTTP (*HyperText Transfer Protocol*). O protocolo HTTP trata-se de um protocolo de comunicação entre Sistemas de Informação (SIs) que permite a transferência de dados entre redes de computadores, principalmente na *Internet* [65]. É um protocolo fácil de entender por estar baseado no conceito de pedido e resposta (*request/response*). O cliente inicia o pedido a ser atendido pelo *Web server*, designadamente o servidor Apache (*Apache HTTP Server*) nos casos de estudo deste projeto de dissertação. Os *Web servers* são processos que permitem pedidos HTTP feitos pelos clientes *Web* e que retornam dados como resposta no formato especificado [66].

Os *Web services* desenvolvidos baseiam-se na principal arquitetura para criação de *Web services* para aplicações *Web* e móveis, isto é, o estilo arquitetural REST (*REpresentational State Transfer*) [65]. Faz uso de um padrão de URI (*Uniform Resource Identifier*) [66, 67] e, praticamente, todos os *Web services* REST usam HTTP como camada de transporte por padrão [67]. No entanto, não existe qualquer tipo de restrição para que seja usado HTTP como camada de transporte.

Assim, *Web services APIs* (*Application Programming Interfaces*) que aderem às restrições da arquitetura REST são denominadas *RESTful APIs* [68]. *RESTful APIs* baseadas no protocolo

HTTP usam os seus métodos GET para ler, POST para criar, PUT para atualizar e DELETE para remover - CRUD (*Create, Read, Update, Delete*) [66, 67, 69]. Porém, o uso dos métodos para as tarefas especificadas são apenas recomendações.

A maior vantagem deste tipo de *Web service* é a sua flexibilidade [70], sendo que o formato das mensagens do sistema pode ser escolhido de acordo com as necessidades específicas do sistema. Os formatos mais comuns são JSON (*JavaScript Object Notation*), XML (*eXtensible Markup Language*) e texto puro, mas em teoria qualquer formato pode ser usado [67, 68, 69]. Assim, quase sempre os *Web services* que usam REST são mais “leves” e, portanto, mais rápidos.

Nas aplicações *Web* desenvolvidas, os *Web services* foram criados de modo a enviar pedidos às bases de dados (*queries*) e receber respostas no formato JSON. O formato JSON é um tipo de estrutura de dados simples que faz parte do JavaScript e que não precisa de qualquer tipo de biblioteca ou *plugin* para ser usada [71]. Para manipular os dados enviados e recebidos, as estruturas em formato JSON foram convertidas para *arrays* ou objetos PHP e vice-versa. Para conversões de *arrays* ou objetos PHP para estrutura de dados JSON foi usado um método do PHP denominado `json_encode`. Para o processo inverso (estrutura em formato JSON para *arrays* ou objetos PHP) foi usado o método PHP denominado `json_decode`.

A escolha da arquitetura REST deve-se à sua agilidade, simplicidade, produtividade, clareza, escalabilidade, flexibilidade e à sua fácil manutenção, sendo muito mais simples de modificar o sistema, em comparação com o SOAP (*Simple Object Access Protocol*) [66, 67, 70]. O SOAP consiste num protocolo de transferência de mensagens em formato XML mais indicado para sistemas rígidos [66]. Devido ao desenvolvimento contínuo das aplicações criadas e ao facto de o tempo ser um fator de constrangimento na produção das mesmas, a escolha da arquitetura REST tornou-se a opção mais viável.

3.3.3 Programação em SQL

Structured Query Language (SQL), uma linguagem de programação originalmente baseada em álgebra relacional e cálculo relacional, é amplamente utilizada para gerir bases de dados (BDs) relacional e para manipulação de dados. Isto é, é principalmente utilizada para aceder e gerir dados guardados em Sistemas de Gestão de Bases de Dados Relacional (SGBDRs), nomeadamente BDs Oracle e MySQL [72, 73].

As suas principais funções inclui a criação de pedidos de informação às base de dados (*queries*), e a consulta, inserção, remoção, modificação e atualização de dados, bem como a criação e modificação de esquemas, o controlo de acesso aos dados e a criação de procedimentos armazenados (*stored procedures*).

Um procedimento armazenado consiste num conjunto de instruções SQL armazenadas que permitem aceder ao Sistema de Gestão de Bases de Dados (SGBD). Os procedimentos são

principalmente usados para executar tarefas complexas utilizando a informação das bases de dados. A sua utilização pode ser bastante útil nos processos de validação de dados, os quais são integrados nos mecanismos da BD ou nos mecanismos de controlo, incluindo o controlo de acesso aos dados [73].

Consoante o SGBD, a linguagem padrão SQL pode sofrer algumas variações, isto é, existem extensões do SQL. Uma delas é a PL/SQL (*Procedural Language/Structured Query Language*), a linguagem procedural da Oracle que estende a linguagem SQL. Combina o poder de manipulação dos dados de SQL com o poder de processamento de dados das linguagens procedurais [74, 75].

3.4 EXTRAÇÃO, TRANSFORMAÇÃO E CARREGAMENTO

Nesta secção é introduzida a metodologia e tecnologias utilizadas na conceção de umas das fases mais importantes deste projeto, nomeadamente a extração e transformação dos dados provenientes das bases de dados (BDs), através do processo de *Extract, Transform and Load* (ETL), anteriormente descrito na Subsecção 2.3.1 do Capítulo 2, e o carregamento dos dados no respetivo *data warehouse* (DW) que inclui a sua conceção e construção. De seguida vem a fase de desenvolvimento aplicacional, isto é, a especificação e desenvolvimento das aplicações de *Business Intelligence* (BI).

3.4.1 Metodologia de Kimball

Todas as fases da metodologia de Kimball, também denominada *Business Dimensional Lifecycle*, estão apresentadas na Figura 4 e devidamente descritas a seguir [45, 46].

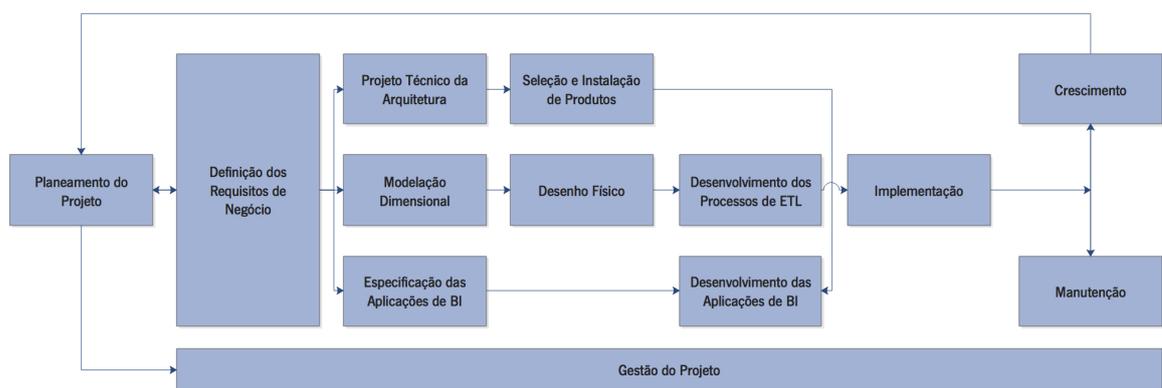


Figura 4.: Representação esquemática da metodologia de Kimball (adaptado de [45, 46]).

O ciclo de vida do desenvolvimento inicia-se com a tarefa de *Planeamento do Projeto* que inclui a identificação das tarefas do projeto, constituindo uma atividade crítica para as se-

guintes etapas do mesmo. Este passo está intrinsecamente ligado à fase de *Gestão do Projeto* que assegura a monitorização de todas as etapas do ciclo de Kimball e o seu devido cumprimento. Na atividade de *Definição dos Requisitos de Negócio* são definidas as considerações técnicas imprescindíveis para as próximas etapas.

O primeiro conjunto de atividades consiste no percurso tecnológico da metodologia, Fase Tecnológica, e foca-se na integração de tecnologias na construção do *data warehouse* (DW), incluindo as etapas de *Projeto Técnico da Arquitetura* e *Seleção e Instalação de Produtos*. Segundo Kimball, a primeira tarefa corresponde a uma das mais importantes no projeto de construção do DW, em que é definida uma estrutura e visão geral da arquitetura do produto, que inclui a especificação do ambiente técnico, bem como dos respetivos componentes necessários para a construção do DW. No passo de *Seleção e Instalação de Produtos* é seguido um processo de realização de tarefas de investigação e estudo de modo a selecionar os produtos mais adequados na construção do DW.

Segue-se o percurso dos dados, Fase de Modelação Dimensional, em que os dados levantados na fase de *Definição dos Requisitos de Negócio* são agregados para desenvolver um modelo dimensional. Assim, este segundo conjunto de tarefas inicia-se com a modelação dimensional da informação, resultando num modelo dimensional que é constituído por tabelas de dimensão ligadas à uma tabela de factos que foram agregadas para formar o modelo dimensional. A abordagem de modelação de bases de dados (BDs) seguida é a do esquema em estrela (*star schema*), um conceito igualmente criado e proposto pelo Dr. Kimball, onde o centro da estrela representa a tabela de factos e as suas extremidades correspondem às tabelas de dimensão. Enquanto a tabela de factos armazena os valores de negócio, as tabelas de dimensão definem os factos. Uma das principais características deste conceito reside na presença de dados altamente redundantes, melhorando, assim, o desempenho. O passo seguinte, *Desenho Físico*, foca-se na definição das estruturas, incluindo a escolha do Sistema de Gestão de Bases de Dados (SGBD). O *Desenvolvimento dos Processos de ETL* inclui o desenvolvimento de procedimentos de extração, transformação e carregamento dos dados, tal como descrito na Subsecção 2.3.1 do Capítulo 2.

O terceiro conjunto de atividades corresponde ao percurso do desenvolvimento aplicacional das aplicações de *Business Intelligence* (BI), Fase de Desenvolvimento Aplicaçional, incluindo as tarefas de *Especificação das Aplicações de BI* e o *Desenvolvimento das Aplicações de BI*. São identificadas as áreas prioritárias e desenvolvidas as tarefas para a sua configuração e construção.

Estes três conjuntos de tarefas paralelas culminam para a fase de *Implementação*, que é suportada pelas atividades de *Manutenção* e *Crescimento*, que reinicia o processo cíclico de Kimball, redefinindo-se novos requisitos de negócio. Assim, é realizado o contínuo suporte, treino e monitorização dos utilizadores, bem como a manutenção da infraestrutura.

A metodologia de Kimball foi a abordagem escolhida na construção dos DWs e na fase de desenvolvimento aplicacional das soluções de BI. Foram construídos dois DWs no decorrer deste projeto, nomeadamente no apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias, e nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO), do Centro Hospitalar do Porto (CHP). Seguidamente, a plataforma de *Business Intelligence* desenvolvida foi aplicada a ambos os DWs, na fase de desenvolvimento aplicacional, resultando, assim, em dois sistemas de BI distintos de apoio à decisão clínica.

Assim, resumidamente, a aplicação desta abordagem aos casos práticos da plataforma de BI incluiu, então, a definição dos requisitos do artefacto de Tecnologia de Informação (TI), a escolha de métodos, tecnologias e ferramentas adequados ao caso de estudo em questão, a execução dos processos associados ao desenho do modelo dimensional, o desenvolvimento e a implementação do sistema de BI, assim como a manutenção e o crescimento da solução de TI.

3.4.2 Tecnologia Oracle Database

Oracle Database (Oracle DB) é um Sistema de Gestão de Bases de Dados Relacional (SGBDR) utilizado para armazenar os dados manipulados na aplicação da ferramenta de apoio à decisão clínica, designadamente os dois casos práticos da plataforma de *Business Intelligence* (BI), devido à conformidade com as bases de dados (BDs) do Centro Hospitalar do Porto (CHP), isto é, BDs Oracle, usadas nas áreas de estudo em questão. Oracle SQL Developer foi a ferramenta escolhida para lidar com a administração e gestão das bases de dados Oracle pela sua amplitude em termos de aplicações para a manipulação dos dados, nomeadamente na implementação de processos *Extract, Transform and Load* (ETL) através de comandos PL/SQL.

Oracle DB consiste num SGBDR lançado pela primeira vez em 1977, sendo apontado como uns dos sistemas de gestão de bases de dados relacional mais confiáveis e utilizados [76].

Tal como a maioria deste tipo de sistemas de gestão de bases de dados, baseia-se na linguagem de programação SQL. No entanto, como anteriormente referido na Subsecção 3.3.3 deste capítulo, o Oracle DB recorre à uma extensão do SQL, PL/SQL, a linguagem procedural da Oracle que estende a linguagem SQL [74, 75]. Os comandos PL/SQL permitem a filtração, seleção e extração de informação de grandes bases de dados, e facilitem também outras operações de gestão de bases de dados, incluindo os processos de ETL.

Por fim, é de salientar que o Oracle SQL Developer disponibiliza uma ferramenta integrada no seu sistema, denominada SQL Developer Data Modeler, que permite auxiliar o processo de desenho físico de modelos dimensionais.

3.4.3 Tecnologia MySQL

MySQL é um Sistema de Gestão de Bases de Dados Relacional (SGBDR) utilizado para armazenar os dados manipulados no desenvolvimento da ferramenta de prática clínica, designadamente a ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM, devido à conformidade com as bases de dados (BDs) do Centro Hospitalar do Porto (CHP), isto é, base de dados MySQL, usadas nesta área de estudo. MySQL Workbench foi a ferramenta escolhida para lidar com a administração e gestão da base de dados MySQL por ser grátis e de fácil aprendizagem e utilização.

MySQL consiste num SGBDR livre, isto é, *open-source*, baseado na linguagem de programação SQL, desenvolvido e lançado pela primeira vez em 1995 [77, 78]. É escrito em C e C++ e é compatível com todos os principais sistemas operativos, incluindo Linux, UNIX e Windows.

Embora possa ser utilizado numa ampla gama de aplicações, o MySQL é amplamente conhecido por ser muitas vezes associado a aplicações *Web* devido ao seu grande repositório de recursos otimizados para a *Web*, incluindo tipos de dados HTML [79, 80]. É uma das componentes da arquitetura LAMP, isto é, Linux, Apache, MySQL, PHP. O LAMP consiste na combinação de plataformas que são frequentemente utilizadas para desenvolver e suportar aplicações *Web* avançadas que usam Linux como sistema operativo, Apache como *Web Server*, MySQL como sistema de gestão de bases de dados relacional e PHP como linguagem orientada a objetos [81]. No entanto, por vezes, Perl ou Python é usado em vez de PHP. A título de exemplo, a ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM, descrita no Capítulo 7 deste documento, foi desenvolvida baseando-se na arquitetura LAMP.

3.5 METODOLOGIA DE PROVA DE CONCEITO

A metodologia de investigação de Prova de Conceito, ou *Proof of Concept* em inglês, consiste num modelo prático que possa provar ou validar o conceito estabelecido através de análises ou até de artigos técnicos. Assim, passa por verificar se determinado conceito ou teoria é bem-sucedido e viável e, por outro lado, é assim suscetível de ser explorado de maneira útil [82].

Deste modo, a realização de uma prova de conceito é frequentemente apontada como sendo um dos passos mais importantes no processo de desenho, desenvolvimento, implementação e de proposta de um protótipo de determinada solução na área das Tecnologias de Informação (TIs), principalmente por estabelecer se determinada solução de TI satisfaz a sua finalidade, isto é, cumpre os requisitos e objetivos definidos para a qual foi inicialmente projetada. Por outro lado, permite também a identificação de potenciais falhas ou erros na solução de TI desenvolvida [83].

Resumindo, uma prova de conceito permite demonstrar na prática os conceitos, as metodologias e as tecnologias envolvidos na elaboração de determinado projeto e, assim, validar a solução proposta ao provar a sua viabilidade e utilidade para a finalidade a que se destina, isto é, ao defender o seu potencial.

Neste projeto de dissertação, a defesa da viabilidade e utilidade das ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica passou então pela aplicação da metodologia de investigação de Prova de Conceito. Assim, foram realizadas análises SWOT (*Strengths Weaknesses Opportunities and Threats*) a ambas as aplicações *Web*, bem como ainda um estudo de usabilidade no caso da plataforma de *Business Intelligence* (BI).

A prova de conceito deste trabalho, assim como todos os passos envolvidos na sua realização, está sucintamente descrita no Capítulo 8 deste documento.

3.6 CONCLUSÃO

Este capítulo destacou a metodologia de investigação utilizada para organizar os casos de estudo, *Design Science Research* (DSR), assim como todos os métodos seguidos e tecnologias utilizadas em cada uma das fases deste projeto de dissertação, incluindo a metodologia de investigação *Proof of Concept* aplicada de modo a provar a viabilidade e a utilidade das ferramentas informáticas desenhadas e desenvolvidas.

Na fase de desenvolvimento das ferramentas informáticas, em ambos os casos foi usada a *framework* AngularJS apoiada nas linguagens de programação PHP e SQL de modo a criar os *Web services*, bem como aceder e manipular os dados armazenados nas bases de dados (BDs) do Centro Hospitalar do Porto (CHP).

Por outro lado, os processos de *Extract, Transform and Load* (ETL), de *data warehousing* e da implementação das soluções de BI apoiaram-se na metodologia de Kimball. É ainda de salientar que devido a questões de conformidade com as BDs do CHP foram usado dois sistemas diferentes de gestão de bases de dados relacional (SGBDRs) para manipular os dados: Oracle DB no caso dos dois casos práticos da plataforma de *Business Intelligence* (BI) e MySQL para a ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM.

A partir do próximo capítulo (Capítulo 4), cada um dos casos de estudo deste projeto de dissertação estão destacados, bem como os principais resultados alcançados em cada umas das suas respetivas fases, constituindo, assim, todos os passos práticos seguidos ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

PLATAFORMA DE BUSINESS INTELLIGENCE

O primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação correspondeu ao desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão clínica, nomeadamente de uma plataforma de *Business Intelligence* (BI). A aplicação *Web* foi desenvolvida apoiando-se na metodologia de investigação *Design Science Research* (DSR) descrita no capítulo *Metodologias de Investigação e Tecnologias* na Secção 3.2 do referido capítulo.

Assim, na primeira secção, é feita uma curta introdução relativamente ao conteúdo abordado neste capítulo (Secção 4.1). Seguidamente, o estudo realizado é enquadrado com uma breve definição do problema e da sua motivação, bem como dos objetivos a cumprir com a solução de Tecnologia de Informação (TI) definida (secções 4.2 e 4.3). O artefacto de TI desenhado e desenvolvido é, posteriormente, sucintamente descrito na Secção 4.4. Por fim, o capítulo encerra-se com uma discussão dos resultados alcançados, bem como uma pequena conclusão e trabalho futuro relativamente ao conteúdo abordado e descrito neste capítulo (secções 4.5 e 4.6).

4.1 INTRODUÇÃO

Um sistema de *Business Intelligence* (BI) é constituído por um conjunto de tecnologias, ferramentas e processos para extrair, recolher, armazenar, visualizar e analisar dados que permitem aos seus utilizadores tomar decisões baseadas em evidências [12, 34].

No sector da saúde, a grande quantidade de informação armazenada nos repositórios de dados locais das instituições de saúde, e o aumento exponencial dos registos clínicos, tem incentivado e propulsionado cada vez mais a adoção de sistemas de BI pelas mesmas [13, 34, 35]. Este contínuo crescimento deve-se à riqueza dos dados existentes, pelo elevado potencial do conhecimento que é possível extrair dos mesmos, e pelos benefícios que o conhecimento adquirido a partir da evidência dos dados podem trazer na melhoria da eficiência das instituições de saúde a diversos níveis, nomeadamente na redução de custos, otimização de recursos, e na atividade e prática clínica [4, 36].

Nesse sentido, no âmbito deste projeto de dissertação, surgiu este estudo que consistiu no desenvolvimento de uma plataforma de BI escalável, de elevada usabilidade e facilmente

adaptável a diferentes casos de estudo, de modo a tirar rapidamente real partido dos dados clínicos armazenados ao longo de vários anos nos Sistemas de Informação Hospitalar (SIHs) do Centro Hospitalar do Porto (CHP).

Assim, todos os passos práticos envolvidos na definição, desenvolvimento e utilização da ferramenta informática estão sucintamente descritos nas próximas secções deste capítulo.

4.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

Sistemas de *Business Intelligence* (BI) correspondem a uma das componentes da arquitetura de um Sistema de Informação (SI) de uma organização para suporte à tomada de decisão através da análise dos dados de determinado negócio [4].

A sua grande vantagem é a uniformização da informação que se encontra dispersa por diversas fontes de informação, às quais é impossível de aceder para efetuar consultas e análises multidimensionais de dados. Deste modo, recorrendo à tecnologia de BI, é garantido que todos trabalham com a mesma realidade, facilitando a tomada de decisão. A sua uniformização permite, igualmente, uma maior rapidez no acesso à informação, bem como uma maior fiabilidade nos dados, gerando, assim, ganhos significativos na eficiência de trabalho e uma considerável diminuição nos desperdícios de tempo [5, 12, 36].

Nos últimos anos, tem-se notado cada vez mais a intenção de aquisição de sistemas de BI no Centro Hospitalar do Porto (CHP), a fim de apoiar os profissionais de saúde no seu processo de tomada de decisão, em diversas áreas do estabelecimento hospitalar. As principais razões para a imprescindibilidade de adoção, implementação e utilização de um sistema de BI reside na necessidade de melhoria na gestão de recursos, melhoria na qualidade dos cuidados médicos prestados, bem como a consequente melhoria na satisfação dos pacientes [5, 12, 36].

Assim, numa primeira fase do desenvolvimento deste projeto de dissertação, foi desenvolvida uma ferramenta de apoio à decisão clínica, nomeadamente uma plataforma de BI com uma arquitetura de elevada versatilidade, de modo a que seja facilmente e rapidamente adaptada a diferentes casos de estudo do CHP. A ferramenta, que apresenta diversos módulos com um vasto conjunto de componentes e funcionalidades, poderá ser futuramente aplicada a diferentes áreas do CHP e auxiliar os profissionais de saúde no processo de tomada de decisão. A escolha de todas os módulos, componentes e funcionalidades integrados na plataforma de BI basearam-se em reuniões realizadas com determinados profissionais de saúde e profissionais especialistas em SIs do CHP, de modo a proceder à identificação dos objetivos a cumprir com o desenvolvimento da ferramenta informática, nomeadamente os requisitos necessários a nível técnico.

4.3 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA SOLUÇÃO

A plataforma de *Business Intelligence* (BI) foi criada para auxiliar os profissionais de saúde do Centro Hospitalar do Porto (CHP) no seu trabalho diário, particularmente no apoio à decisão, isto é, no processo de tomada de decisão.

Devido à vasta variedade de áreas de estudo do CHP em que a adoção de um sistema de BI se tornaria vantajoso para os profissionais de saúde e pacientes da instituição de saúde, surgiu o primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação, designadamente o desenvolvimento de uma plataforma de BI. Deste modo, o objetivo principal consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta informática *Web* que possa ser facilmente e rapidamente adaptada a diferentes casos práticos e, seguidamente, implementada e utilizada pelos profissionais de saúde do referido estabelecimento hospitalar.

Assim, os principais objetivos a cumprir com o desenvolvimento da plataforma de BI são os seguintes pontos:

- Levantamento de requisitos necessários a nível técnico no desenho e desenvolvimento da plataforma de BI através da realização de reuniões com determinados profissionais de saúde e profissionais especialistas em Sistemas de Informação (SIs) do CHP;
- Desenvolvimento de uma plataforma de BI com diversos módulos, componentes e funcionalidades, cuja arquitetura possa ser facilmente e rapidamente adaptada a diferentes casos práticos;
- Integração de um Módulo *Home* que inclui um *dashboard* com os indicadores principais da aplicação, bem como um redirecionamento direto aos submódulos com os indicadores de maior relevância;
- Integração de um Módulo *Data Warehouse* que proporciona uma visualização geral das tabelas do *data warehouse* do caso prático e os seus respetivos atributos;
- Integração de um Módulo *Business Intelligence* para visualização dos indicadores clínicos e de desempenho gerados por submódulos;
- Integração de um Módulo *Data Mining* com os modelos de previsão desenvolvidos para a área de estudo em questão;
- Integração de um Módulo Área de Utilizador que inclui a gestão dos utilizadores e das notificações da aplicação, bem como formulários para o questionário e as sugestões, e uma visualização dos acessos à aplicação *Web*;
- Adição de uma funcionalidade para envio de alertas através da plataforma de BI via *e-mail*;

- Aplicação da plataforma de BI a diferentes casos práticos e o contínuo incentivo para a sua manutenção e crescimento.

4.4 DESENHO E DESENVOLVIMENTO

A plataforma de *Business Intelligence* (BI) está atualmente implementada numa máquina de produção Ubuntu (*Ubuntu 14.04.5 LTS*) do Centro Hospitalar do Porto (CHP). Apesar de já ter sido implementada e instalada numa máquina do CHP, ainda se encontra em fases de testes e avaliações. No entanto, prevê-se que seja usada brevemente no CHP em pelo menos um dos dois casos práticos a que já foi adaptada e testada, nomeadamente no apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias (ver Capítulo 5).

É de salientar que todas as metodologias e tecnologias associadas ao desenvolvimento desta ferramenta informática encontram-se sucintamente descritas no Capítulo 3. Resumindo, a plataforma de BI foi desenvolvida recorrendo à *framework* AngularJS, em JavaScript, HTML e CSS, que auxilia a conceção de *single-page applications* (SPAs) que podem ser acedidas via um *Web browser*. As linguagens de programação PHP e SQL são igualmente utilizadas, mas para desenvolver os *CRUD RESTful PHP Web services* e realizar pedidos de consulta aos dados das bases de dados (BDs), como por exemplo, BDs Oracle ou MySQL. Por fim, o Apache corresponde ao *Web server* que sustenta a aplicação *Web*.

Assim, para aceder à plataforma de BI e às suas funcionalidades, é necessário identificar-se com *username* e respetiva *password* na *interface* inicial de *login*. Cada utilizador da aplicação é guardado numa tabela específica com os seus respetivos dados, incluindo os que são necessários para fazer *login* com êxito.

Por outro lado, a plataforma de BI está dividida em cinco módulos distintos, nomeadamente o Módulo *Home*, Módulo *Data Warehouse*, Módulo *Business Intelligence*, Módulo *Data Mining* e Módulo Área de Utilizador.

De seguida, cada um dos módulos da ferramenta *Web* são, então, descritos, bem como outras componentes e funcionalidades que estão integradas na mesma.

É importante referir que todas as figuras da plataforma de BI que estão apresentadas neste capítulo referem-se às da aplicação da ferramenta ao caso de estudo que está posteriormente descrito e analisado no Capítulo 5, notadamente ao sistema de BI de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias.

a) Módulo *Home*:

O Módulo *Home* está dividido num único submódulo que corresponde ao *Dashboard*. No *Dashboard* estão apresentados indicadores fulcrais da aplicação *Web*, bem como uma opção para redirecionamento à informação relativa aos indicadores em questão.

Os indicadores apresentados são, então, os seguintes:

- Utilizadores: número de utilizadores que estão registados na plataforma de BI, bem como uma opção de redirecionamento direto ao submódulo *Gerir Utilizadores* do Módulo Área de Utilizador;
- Notificações: número de notificações da última semana registadas na ferramenta informática, assim como uma opção de redirecionamento direto ao submódulo *Gerir Notificações* do Módulo Área de Utilizador;
- Submódulos do Módulo de *Business Intelligence*: número de indicadores clínicos e de desempenho para cada um dos submódulos do Módulo *Business Intelligence*, bem como um redirecionamento direto ao submódulo em questão do Módulo *Business Intelligence*.

Assim, com o Módulo *Home* é possível destacar e proporcionar uma visualização geral dos indicadores de maior interesse aos utilizadores da ferramenta de apoio à decisão clínica, bem como redirecioná-los para o módulo da ferramenta correspondente. O *Dashboard* permite, deste modo, indicar visualmente qual a informação vital é de importância fulcral, e é basicamente uma forma para os gestores e decisores terem um conhecimento e acesso rápido aos dados importantes para eles.

Na Figura 5 está apresentado um exemplo da *interface* do submódulo *Dashboard* do Módulo *Home*, a partir da qual é possível visualizar os seus principais indicadores, assim como proceder ao redirecionamento para o submódulo em questão (*Consultar*), nomeadamente *Utilizadores*, *Notificações* e os submódulos do Módulo de *Business Intelligence*.

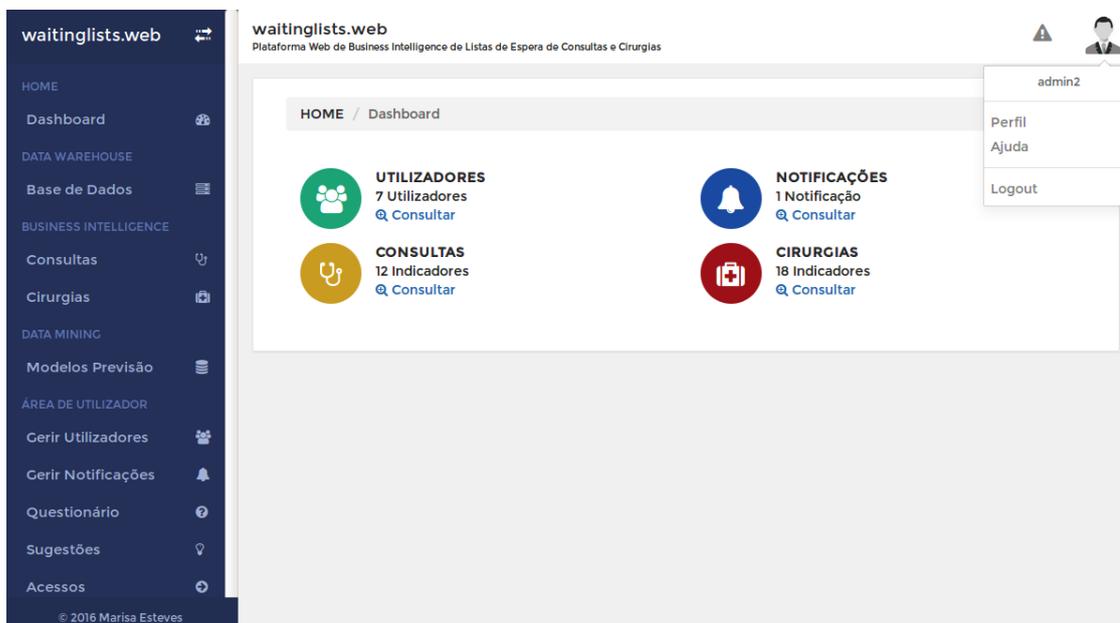


Figura 5.: Interface do submódulo *Dashboard* do Módulo *Home* da plataforma de *Business Intelligence*.

b) Módulo *Data Warehouse*:

O Módulo *Data Warehouse* está dividido num único submódulo, isto é, o submódulo *Base de Dados*. Este submódulo corresponde à uma listagem das tabelas da base de dados associada ao caso de estudo em questão. A listagem inclui o nome de cada uma das tabelas do *data warehouse* (DW), bem como os atributos associados a cada uma das tabelas.

A Figura 6 corresponde a um exemplo do submódulo *Base de Dados* de dados clínicos já devidamente estudados e tratados que inclui a listagem das tabelas do DW e os respetivos atributos.

TABELA	ATRIBUTOS
BIMOV_LISTAESPERABLO	COD_CANCEL, COD_GRUPO, COD_GRUPOS, COD_INTERV_CIRURGICA, COD_PATOLOGIA, CONCELHO, DES_ESTADO, DES_GRUPO, DES_INTERV_CIRURGICA, DES_PATOLOGIA, DES_SITUACAO, DISTRITO, DTA_AGENDA, DTA_AGENDAS, DTA_CANCEL, DTA_CANCEL, DTA_CONSULTA, DTA_FINAL, DTA_FINALS, DTA_MARCACAO, DTA_MARCACAO, DTA_NASCIMENTO, DTA_OPERADO, DTA_OPERADOS, DTA_PREVISTA, DTA_PREVISTAS, DTA_RECISTO, DTA_RECISTOS, EPISODIO_CON, ESTADO, FREGUESIA, ICD_VALIDO, JUST_PRIORIDADE, LICMAX, LICMIN, NOME, NOME_MEDICO, NUM_ADMISSAO, NUM_LISTA_ESPERA, NUM_MEDICO, NUM_PROCESSO, NUM_SEQUENCIAL, OUTI2MAX, OUTI2MIN, OUTMAX, OUTMIN, OUTURGMAX, OUTURGMIN, PRIORIDADE, SEM, SEXO, SITUACAO, TEMPO_PADRAO, TEMPO_PADRAO_AC, TIPO_CIRURGIA, TURNO
BIMOV_LISTAESPERACON	COD_ESPECIALIDADE, COD_ESPECIALIDADES, COD_MED_ESP, COD_MOTIVO_RECUSA, COD_PI, COD_PATOLOGIA, COD_REFERENCIA, COD_UNID_SAUDE_PROV, CONCELHO, DES_ESPECIALIDADE, DES_PATOLOGIA, DISTRITO, DTA_ANULADA, DTA_CONSULTA, DTA_DESMARCAAO, DTA_ENVIO, DTA_LISTA, DTA_MARCACAO, DTA_MARCA_STAT, DTA_NASCIMENTO, DTA_REALIZACAO, DTA_REALIZACAO, DTA_RECEPCAO, DTA_RECEPCAO, DTA_RECUSA_STAT, DTA_RETORNO, DTA_RETORNOS, DTA_RETORNO_CORR, DTA_RETORNO_CORRS, DTA_STATUS, ESTADO, FREGUESIA, LECC300DMAX, LECC300DMIN, LECCMAX, LECCMIN, LECCMAX, LECCMIN, LECS90DMAX, LECS90DMIN, LECSMAX, LECSMIN, MEDICO_AGENDA, MEDICO_ORIG, NOME, NUM_PROCESSO, NUM_SEQUENCIAL, NUM_TAXA, OBSERVACOES, SEXO, TIPO_REFERENCIA, TIP_AGENDA

Figura 6.: Interface do submódulo *Base de Dados* do Módulo *Data Warehouse* da plataforma de *Business Intelligence*.

Deste modo, este módulo proporciona uma visualização geral do DW, da sua organização interna e do tipo de dados clínicos registados, incluindo as tabelas e os seus respetivos atributos, aos utilizadores da aplicação *Web*.

c) Módulo *Business Intelligence*:

O Módulo *Business Intelligence* corresponde ao módulo principal da ferramenta informática desenvolvida. Neste módulo, que se pode dividir em submódulos dependendo da área de estudo, constam todos os indicadores clínicos e de desempenho gerados. Cada submódulo de BI pode também se subdividir em diferentes divisões, caso a sua subdivisão se justificar, dependendo assim da organização pré-definida e adotada. A metodologia e as tecnologias utilizadas na geração dos indicadores estão todas sucintamente descritas no Capítulo 3 deste documento.

Na Figura 7 encontra-se um exemplo da *interface* de um submódulo do Módulo de *Business Intelligence*, nomeadamente de um dos indicadores gerados e integrados na plataforma de BI para o caso prático em questão.

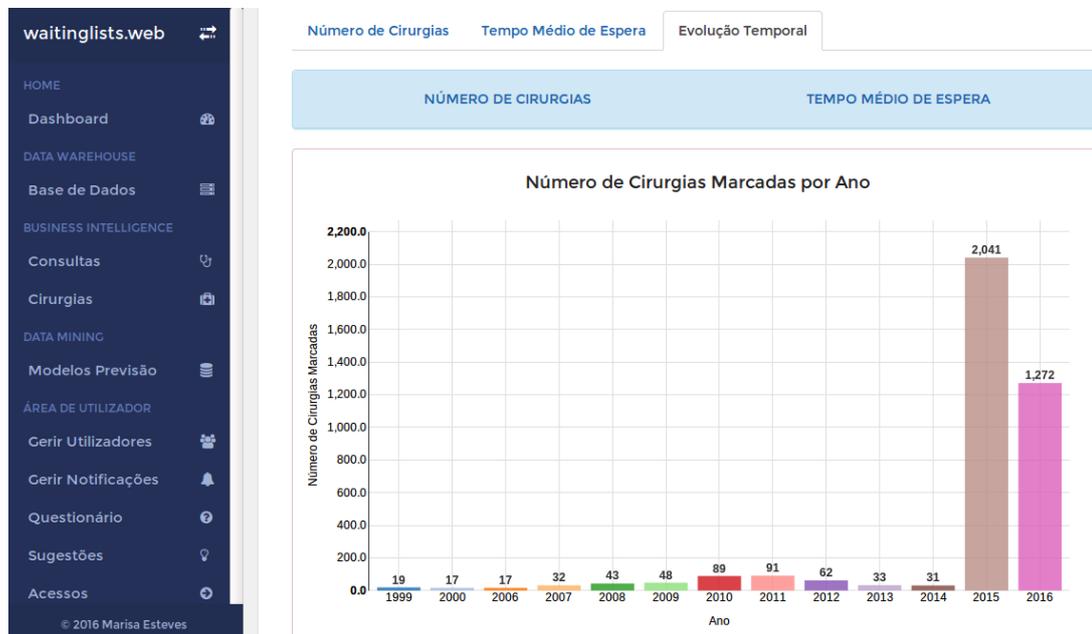


Figura 7.: *Interface* de um submódulo do Módulo *Business Intelligence* da plataforma de *Business Intelligence*.

Os indicadores clínicos e de desempenho podem assim servir como medida para avaliar um determinado processo de cuidado de saúde ou resultado. A sua utilização pode também permitir a monitorização e avaliação da qualidade da gestão clínica e atividades de apoio prestadas aos doentes na instituição de saúde. Por outro lado, servem igualmente como ferramentas de medida ou alertas de modo a guiar a monitorização, avaliação e melhoramento da qualidade dos serviços prestados aos doentes, serviços de apoio clínico e determinadas funções organizacionais. Deste modo, fornecem uma base quantitativa para as organizações, gestores e profissionais de saúde que visem alcançar a melhoria nos cuidados e processos pelos quais o doente é submetido.

d) Módulo *Data Mining*:

O Módulo *Data Mining* divide-se num único submódulo, denominado *Modelos de Previsão*, que se pode igualmente subdividir em diferentes divisões. Neste submódulo constam todos os modelos de previsão desenvolvidos e integrados na aplicação *Web*.

A partir de uma técnica de *Data Mining* (DM), denominada *predictive modelling*, é possível gerar modelos de previsão, isto é, modelos que podem ser aplicados e utilizados para prever o resultado de determinada variável (variável-alvo). Essencialmente, o modelo é

construído através da análise das relações entre dados já conhecidos e uma variável de interesse, a fim de tornar viável a previsão do seu resultado. Assim, este tipo de modelos permite, por exemplo, antecipar o processo de tomada de decisão e, deste modo, evitar possíveis complicações [84, 85, 86].

No entanto, é importante referir que nenhum modelo de previsão foi desenvolvido na realização deste projeto de dissertação para os dois casos práticos já realizados da plataforma de BI. Todavia, no futuro, prevê-se indubitavelmente a integração de modelos de previsão na ferramenta informática e reservou-se, assim, um espaço na plataforma de BI para a sua futura colocação.

e) Módulo Área de Utilizador:

O Módulo Área de Utilizador divide-se em cinco submódulos, nomeadamente *Gerir Utilizadores*, *Gerir Notificações*, *Questionário*, *Sugestões* e *Acessos*.

A partir do submódulo *Gerir Utilizadores* é possível proceder a gestão de todos os utilizadores registados e que usam a aplicação *Web*. A *interface* disponibiliza uma listagem de todos os utilizadores e um conjunto de dados associados aos mesmos (ID, *username*, *password*, tipo de utilizador, nome completo, cargo e serviço), bem como as opções de *Editar* e *Eliminar*. Assim, a *interface* faculta a opção de edição dos dados dos utilizadores e a possibilidade de proceder à sua eliminação nos registos da base de dados. Ainda é disponibilizada a opção *Adicionar novo utilizador*, que redireciona a aplicação para outra *interface*, a partir da qual é feita a inserção de novos utilizadores na plataforma de BI.

A *interface* principal do submódulo *Gerir Utilizadores* está apresentada na Figura 8, incluindo a listagem dos utilizadores já inseridos nos registos da BD associada ao caso prático.

ID	USERNAME	PASSWORD	TIPO	NOME	CARGO	SERVIÇO	EDITAR	ELIMINAR
1	admin1	admin1	Admin	Marisa Araujo Esteves	Estudante	Outro		
2	admin2	admin2	Admin	Joao Manuel Aveiro Ferreira	Tecnico	Outro		
3	admin3	admin3	Admin	Joana Elisa Alves Coimbra	Enfermeiro	Cirurgias		
4	admin4	admin4	Admin	Pedro Jose Silva Rodrigues	Funcionario	Outro		
5	basicuser1	basicuser1	Basic user	Simao Manuel Ferreira Passos	Medico	Consultas		
6	basicuser2	basicuser2	Basic user	Antonio Manuel Santos Coelho	Funcionario	Outro		
7	basicuser3	basicuser3	Basic user	Joaquim Francisco Ferreira Araujo	Medico	Consultas		

Showing 1 to 7 of 7 entries

Previous 1 Next

Adicionar novo utilizador

Figura 8.: Interface principal do submódulo *Gerir Utilizadores* do Módulo Área de Utilizador da plataforma de *Business Intelligence*.

Recorrendo ao submódulo *Gerir Notificações*, cuja principal interface está apresentada na Figura 9, é possível proceder à listagem de todas as notificações que já foram adicionadas pelos utilizadores na plataforma de BI, bem como consultar o respetivo ID associado, ID do utilizador que a inseriu, data de inserção e conteúdo da notificação. Ainda são disponibilizadas as opções de *Eliminar* e *Adicionar nova notificação* que permitem eliminar diretamente uma notificação e adicionar uma nova notificação através de uma nova interface, respetivamente. Assim, é possível inserir novas notificações na plataforma que podem corresponder, por exemplo, a avisos de adições, remoções ou alterações de módulos, componentes ou funcionalidades, de modo a manter os utilizadores cientes e informados de novas atualizações na ferramenta.

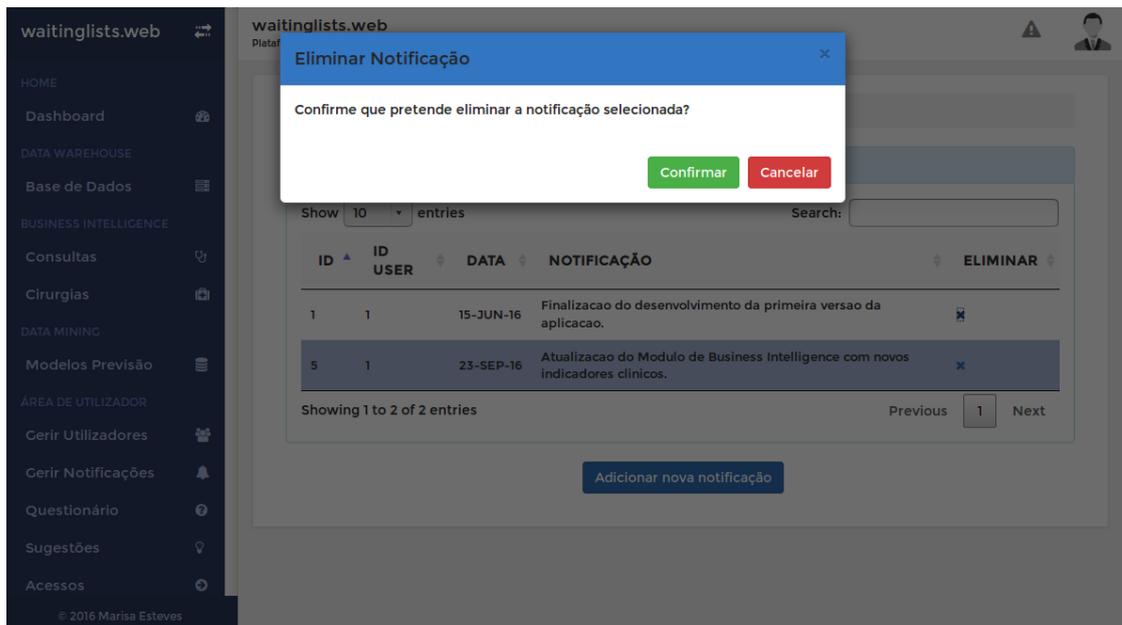


Figura 9.: Interface principal do submódulo *Gerir Notificações* do Módulo *Área de Utilizador* da plataforma de *Business Intelligence*.

O submódulo *Questionário* está subdividido em três abas: *Submeter*, *Consultar* e *Estudo de Usabilidade*. A partir da aba *Submeter* é possível responder ao questionário de avaliação da aplicação *Web* e enviar as respostas para o *Web service* que se encarrega de as armazenar na base de dados. Na aba *Consultar* é disponibilizada uma listagem de todas as respostas ao questionário que já foram submetidas anonimamente. Por fim, no *Estudo de Usabilidade* são apresentados diversos indicadores para fins estatísticos: i) diagrama circular da contagem das respostas por grupo profissional; ii) diagrama circular da contagem das respostas pelo módulo mais utilizado; iii) uma tabela com a média de cada uma das notas de avaliação da aplicação (*design*, linguagem, organização da informação, rapidez da aplicação, fiabilidade do sistema e média geral).

É possível visualizar a interface principal do submódulo *Questionário* na Figura 10, nomeadamente a aba *Submeter* com o questionário de avaliação da aplicação *Web*.

Submeter Consultar Estudo de Usabilidade

O questionário abaixo pretende avaliar a utilidade e usabilidade da plataforma web de BI desenvolvida - waitinglists.web, sendo uma mais valia para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da aplicação. Agradecemos desde já a sua disponibilidade para a participação neste questionário.

Questionário

Qual é o seu grupo profissional?

- Medico
- Enfermeiro
- Tecnico
- Funcionario
- Estudante
- Outro

Qual é o módulo da aplicação que mais utiliza?

O design é agradável (★/5)

A linguagem utilizada é simples e adequada (★/5)

A Informação está bem organizada (★/5)

Figura 10.: Interface principal do submódulo *Questionário* do Módulo Área de Utilizador da plataforma de *Business Intelligence*.

Por outro lado, o submódulo *Sugestões* é constituído por duas abas, designadamente *Submeter* e *Consultar*, que possibilitam o envio de sugestões pelos utilizadores da plataforma de BI e a visualização de todas as sugestões de melhoria que já foram enviadas anonimamente, respetivamente.

A interface principal do submódulo está apresentada na Figura 11, isto é, a aba *Submeter* a partir da qual é possível enviar os comentários.

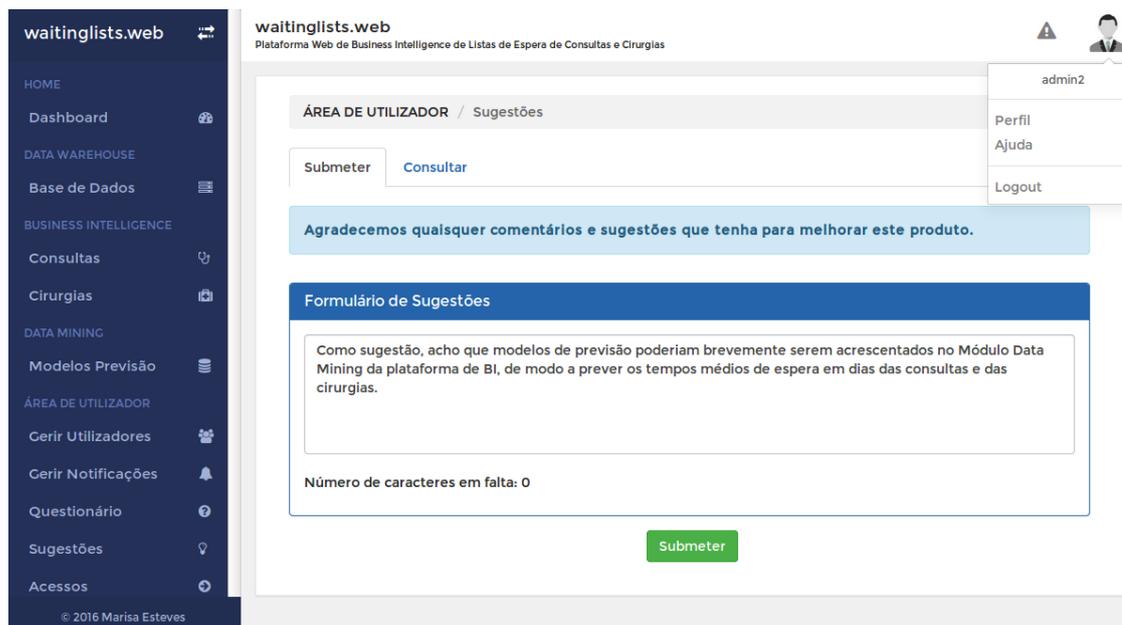


Figura 11.: Interface principal do submódulo *Sugestões* do Módulo Área de Utilizador da plataforma de *Business Intelligence*.

É de notar que estes dois últimos submódulos, *Questionário* e *Sugestões*, estão devidamente enquadrados e descritos no Capítulo 8 que corresponde à realização da prova de conceito deste projeto de dissertação, notadamente na Secção 8.3 (*Estudo de Usabilidade*) do referido capítulo.

Por fim, o submódulo *Acessos* permite a visualização do número de acessos à plataforma de BI na última semana por dia, na forma de um diagrama de barras, de modo a avaliar a sua afluência de utilização pelos seus utilizadores.

Um exemplo de *interface* deste submódulo está apresentado na Figura 12, a partir da qual é possível visualizar o número de acessos à plataforma *Web* de BI na última semana por dia num diagrama de barras, nomeadamente entre os dias 18 de Setembro de 2016 e 24 de Setembro de 2016, neste exemplo.



Figura 12.: Interface do submódulo *Acessos* do Módulo Área de Utilizador da plataforma de *Business Intelligence*.

f) Outras Componentes:

Para além das componentes e funcionalidades integradas em módulos, e abordadas e descritas anteriormente, a aplicação *Web* dispõe ainda de outras componentes inseridas no menu superior da mesma.

Assim, é igualmente possível enviar alertas via *e-mail* através da ferramenta informática. Deste modo, os utilizadores podem contactar diretamente os gestores da plataforma se detetarem qualquer tipo de erro ou *bug* na aplicação ou até se, por exemplo, identificarem valores fora dos padrões nos indicadores clínicos e de desempenho. Os alertas são todos enviados para o *e-mail* `chp.biwebplatform@gmail.com`, criado especificamente para receber e compilar todos os alertas enviados pelos utilizadores da aplicação *Web*. Posteriormente, após uma análise apropriada dos alertas recebidos, as medidas determinadas adequadas poderão ser tomadas e prosseguidas.

O menu superior inclui ainda mais três funcionalidades denominadas *Perfil*, *Ajuda* e *Logout*. A partir da opção *Perfil* é possível proceder à visualização de um conjunto de dados do utilizador atualmente *online*, incluindo o *ID*, *username*, *password*, tipo de utilizador, privilégios de acesso, nome completo, cargo e serviço. Em *Ajuda* consta um documento em formato PDF com as principais instruções informativas e de ajuda relativas à utilização da plataforma de BI. Por fim, a opção *Logout* permite simplesmente proceder ao *logout* e encerramento da sessão do utilizador atualmente *online*.

4.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Resumindo, este primeiro caso de estudo consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão, nomeadamente a conceção de uma plataforma de *Business Intelligence* (BI) *user-friendly*, cuja arquitetura possa ser facilmente e rapidamente adaptada a diferentes casos práticos. Ambiciona-se, assim, promover a implementação de sistemas de BI no Centro Hospitalar do Porto (CHP), diminuindo-se, deste modo, consideravelmente os desperdícios de tempo associados à implementação de novos sistemas de BI.

Assim, as principais vantagens da implementação de um sistema de BI com a ferramenta informática concebida reside na possibilidade de um desenvolvimento rápido e de um acesso facilitado à informação, a disponibilização de um conjunto de componentes de visualização de informação robustos e interativos, e a colocação do poder da descoberta de conhecimento nas mãos do utilizador final, que permitem diminuir as incertezas frequentemente associadas ao processo de tomada de decisão.

Por outro lado, a ferramenta *Web* apresenta também uma elevada escalabilidade, revelando uma arquitetura de fácil manutenção e o conjunto das funcionalidades disponíveis pode, assim, ser facilmente expandido. Destaca-se, ainda, a centralização e unificação de diversas funcionalidades associadas à tecnologia de *Business Intelligence* numa única ferramenta, aproveitando-se, deste modo, eficientemente os recursos disponíveis.

Além disso, realça-se ainda a presença de características inovadoras na solução de Tecnologia de Informação (TI) desenvolvida que são abordadas diretamente ou indiretamente neste capítulo e em outros capítulos deste documento. Assim, as suas principais características inovadoras, bem como uma breve descrição associada, estão apresentadas e descritas na Tabela 1.

Tabela 1.: Principais características inovadoras da plataforma de *Business Intelligence*

Característica Inovadora	Descrição
Arquitetura escalável	A arquitetura da ferramenta informática é de fácil manutenção e de simples execução da expansão das suas funcionalidades.
<i>User-friendly</i>	Ferramenta informática altamente intuitiva e de fácil utilização.
Visualização interativa de dados	A plataforma de BI permite a interatividade entre os seus utilizadores e os diagramas e as tabelas integrados (indicadores clínicos e de desempenho), facilitando, assim, a compreensão da informação demonstrada.
<i>Pervasive</i>	Não é necessário instalar a plataforma de BI em todos os computadores do CHP para ser utilizada. Ao estar instalada numa máquina de produção (servidor), a aplicação <i>Web</i> é, assim, distribuída por todos os utilizadores ligados à <i>Intranet</i> , isto é, à rede privada da organização de saúde, podendo ser facilmente acedida através de um <i>Web browser</i> .
Interoperabilidade	Possibilita a comunicação e a partilha de informação entre sistemas diferentes, isto é, conectar a aplicação aos dados.
Tempo real	É possível aceder à plataforma de BI e à informação disponibilizada em tempo real, isto é, consultar dados reais e atuais no processo de tomada de decisão.
Ubiquidade	A aplicação <i>Web</i> poderá ser gradualmente disseminada pelas unidades hospitalares da organização de saúde e, por outro lado, encontra-se constantemente disponível.
Instalação de <i>plugins</i>	Ao usar a <i>framework</i> AngularJS para suportar o desenvolvimento da plataforma de BI, é possível adicionar novas funcionalidades à ferramenta recorrendo à instalação de <i>plugins</i> . A instalação de novos <i>plugins</i> é possível através do <i>Bower</i> , isto é, uma ferramenta de instalação e desinstalação de pacotes em AngularJS.
Suporte para dispositivos móveis	É possível aceder à aplicação <i>Web</i> por outros meios que não um computador, nomeadamente pelo uso de dispositivos móveis.

Por fim, é relevante referir que a aplicação *Web* já foi aplicada a dois casos de estudo, nomeadamente no apoio à decisão nas listas de espera e no apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) do CHP, posteriormente apresentados e descritos nos capítulos 5 e 6 deste documento, respetivamente.

4.6 CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo foi apresentado e descrito o primeiro estudo realizado no âmbito deste projeto de dissertação, ou seja, o desenvolvimento de uma plataforma de *Business Intelligence* (BI) escalável, útil e facilmente e rapidamente adaptável a diferentes casos de estudo. A ferramenta de BI, criada para o efeito, é constituída por várias componentes que foram detalhadas no decorrer deste capítulo, incluindo principalmente a disponibilização de um Módulo de *Business Intelligence* aos seus utilizadores com funcionalidades para efetuarem, por exemplo, análises comparativas de evolução, melhorando, assim, a tomada de decisão, tanto a nível operacional como estratégico.

Como trabalho futuro, pretende-se finalizar a implementação e configuração de permissões de acesso de acordo com cada tipo de utilizador. Assim, conforme o tipo de utilizador a aceder à plataforma de BI, diferentes módulos, componentes e funcionalidades serão disponibilizados, restringindo o acesso à ferramenta de acordo com as permissões atribuídas.

Por fim, após discussões com profissionais de saúde e profissionais especialistas em Sistemas de Informação (SIs) do Centro Hospitalar do Porto (CHP), a plataforma de BI poderá muito provavelmente ser aplicada a outros casos práticos no futuro se os profissionais de saúde aderirem a sua utilização e, ainda, existe a possibilidade de possivelmente serem adicionadas novas funcionalidades.

Deste modo, pretende-se incentivar a manutenção e o contínuo crescimento da ferramenta informática, que apresenta características inovadoras, desenvolvida.

Nos próximos capítulos, capítulos 5 e 6, estão descritos concisamente os dois casos práticos de aplicação da plataforma de BI, nomeadamente no apoio à decisão nas listas de espera e no apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO), respetivamente.

APOIO À DECISÃO NAS LISTAS DE ESPERA

O segundo caso de estudo deste projeto de dissertação consistiu na aplicação da plataforma de *Business Intelligence* (BI), apresentada e descrita no Capítulo 4, ao apoio à decisão nas listas de espera, nomeadamente em consultas marcadas e cirurgias agendadas no Centro Hospitalar do Porto (CHP). Neste capítulo está descrito e discutido todo o processo desde a definição do problema e motivação até à implementação do sistema de BI.

Similarmente aos restantes casos de estudo, este trabalho apoiou-se, na sua íntegra, na metodologia de investigação *Design Science Research* (DSR), descrita no capítulo *Metodologias de Investigação e Tecnologias* na Secção 3.2. A metodologia de Kimball, descrita na Subsecção 3.4.1 do referido capítulo, foi a abordagem escolhida na construção dos DWs e na implementação da solução de BI. Assim, após uma breve introdução (Secção 5.1), definição do problema e motivação (Secção 5.2), definição dos requisitos de negócio (Secção 5.3), as secções seguintes deste capítulo dividem-se nas três fases da metodologia de implementação adotada, nomeadamente *Fase Tecnológica* (Secção 5.4), *Fase de Modelação Dimensional* (Secção 5.5) e *Fase de Desenvolvimento Aplicacional* (Secção 5.6). Por fim, o capítulo encerra-se com uma discussão dos resultados e uma breve conclusão e trabalho futuro, nas secções 5.7 e 5.8, respetivamente.

5.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a tecnologia de *Business Intelligence* (BI) tem sido cada vez mais alvo de grande interesse por parte dos profissionais de saúde e os profissionais de Tecnologias de Informação (TIs) devido à sua aplicabilidade no Processo Clínico Eletrónico (PCE) [12]. Como referido anteriormente, BI consiste num processo de extração, recolha, armazenamento, transformação, análise e de acesso aos dados de forma a apoiar e melhorar o processo de tomada de decisão [5, 13].

Por outro lado, tem-se notado cada vez mais o aumento das listas de espera nas instituições de saúde [87, 88, 89, 90, 91], podendo ser necessário a implementação de novas medidas administrativas para melhorar a gestão destas organizações. Um dos principais problemas causados pelos atrasos reside na possibilidade de poder causar graves

consequências adversas para a saúde dos pacientes que frequentam estes tipos de estabelecimentos [87, 88, 89, 90, 91].

Deste modo, aliando os benefícios de BI especificados na Secção 2.3 do Capítulo 2 e a plataforma de BI desenvolvida, e sucintamente descrita no Capítulo 4, à necessidade de gerar indicadores clínicos e de desempenho de listas de espera no Centro Hospitalar do Porto (CHP), tornou-se possível a realização deste segundo caso de estudo. Assim, a ferramenta de apoio à decisão clínica foi aplicada no apoio à decisão nas listas de espera do CHP, nomeadamente nas consultas marcadas e cirurgias agendadas nos seus estabelecimentos hospitalares.

A realização deste caso de estudo incluiu a extração, transformação e carregamento (ETL) dos dados clínicos, procedendo-se seguidamente à construção de um *data warehouse* (DW), assim como à geração de indicadores clínicos e de desempenho, e a sua consequente integração na ferramenta informática desenvolvida.

Assim, nas próximas secções deste capítulo estão apresentadas todas as etapas incluídas na elaboração deste caso prático, que seguem a metodologia de Kimball para a implementação do sistema de BI, previamente descrita na Subsecção 3.4.1 do Capítulo 3. Após a apresentação do processo de construção do DW e dos indicadores clínicos e de desempenho gerados, o capítulo encerra-se com uma discussão e uma breve conclusão e trabalho futuro relativamente aos resultados alcançados.

5.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

Ao longo das últimas décadas, tem-se verificado cada vez mais o aumento contínuo das listas de espera nas instituições de saúde [87, 88, 89, 90, 91]. Uma das possíveis explicações para o aumento das listas de espera poderá ser devido aos avanços significativos nas tecnologias associadas às cirurgias, nomeadamente os procedimentos de anestesia [91]. Estes avanços aumentaram grandemente o alcance, a segurança e a eficiência dos procedimentos cirúrgicos oferecidos pelos sistemas de saúde e, conseqüentemente, verificam-se importantes aumentos na procura de realização de cirurgias.

A existência de listas de espera nas instituições de saúde pode ser vista como resultado de uma incapacidade do sistema de saúde em responder a todos os pedidos dos pacientes [92], podendo ser necessário novas medidas administrativas de modo a melhorar a gestão da organização, uma vez que atrasos podem causar consequências adversas graves para a saúde dos pacientes [87, 88, 89, 90, 91].

Assim, numa primeira fase, definiu-se o âmbito deste caso de estudo como sendo a aplicação da plataforma de *Business Intelligence* (BI), uma ferramenta desenvolvida como primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação (ver Capítulo 4), ao apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias do Centro Hospitalar do Porto (CHP). No

CHP não existe nenhum Sistema de Apoio à Decisão Clínica (SADC) capaz de utilizar os dados clínicos resultantes dos registos de listas de espera de consultas e de cirurgias e transformá-los em conhecimento útil. Neste sentido, a principal motivação passou pela adaptação da plataforma de BI ao caso prático em questão.

Deste modo, após uma análise sucinta dos dados clínicos e de reuniões com profissionais de saúde e profissionais especialistas em Sistemas de Informação (SIs) do CHP, a ferramenta *Web* foi adaptada ao caso prático em estudo após a construção de um *data warehouse* (DW) relativo às listas de espera de consultas e de cirurgias com os dados armazenados nas bases de dados (BDs) do CHP.

Como referido anteriormente no Capítulo 4, o módulo principal da plataforma de BI consiste no Módulo de *Business Intelligence* que permite a geração e visualização de indicadores clínicos e de desempenho. Assim, a partir deste módulo é possível proceder à visualização de diversos indicadores que podem servir como medida para avaliar um determinado processo de cuidado de saúde, para monitorizar e avaliar a qualidade de gestão clínica e das atividades de apoio prestadas aos doentes, e ainda como uma ferramenta de medida ou de alertas de modo a guiar a monitorização, avaliação e melhoramento da qualidade dos serviços prestados aos doentes, entre outros.

5.3 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE NEGÓCIO

Nesta fase da metodologia de Kimball procedeu-se a um levantamento acerca dos indicadores clínicos e de desempenho a gerar e apresentar na plataforma de *Business Intelligence* (BI) no Módulo de *Business Intelligence*.

Assim, após reuniões com profissionais de saúde e profissionais especialistas em Sistemas de Informação (SIs) do Centro Hospitalar do Porto (CHP), decidiu-se dividir os dados clínicos relativos às listas de espera do CHP em dois *data marts* diferentes denominados *Consultas* e *Cirurgias*. Deste modo, o Módulo *Business Intelligence* da plataforma de BI está dividido em dois submódulos, a partir dos quais é possível visualizar os indicadores clínicos e de desempenho gerados em cada submódulo.

De seguida, estão apresentados todos os indicadores considerados, desenvolvidos e inseridos em cada submódulo do Módulo de *Business Intelligence* da plataforma de BI, assim como uma breve descrição dos mesmos.

a) Submódulo das Consultas:

Todos os dados clínicos deste submódulo referem-se aos registos de consultas marcadas no CHP. Isto é, correspondem aos dados clínicos armazenados nas bases de dados (BDs) do CHP, desde o início do registo informático de consultas marcadas e realizadas no CHP até ao momento presente.

Assim, o submódulo *Consultas* está dividido em três abas distintas: *Número de Consultas*, *Tempo Médio de Espera* e *Evolução Temporal*. De seguida são apresentados os indicadores gerados em cada uma das divisões do submódulo *Consultas*.

i) Número de Consultas:

Nesta divisão estão representados indicadores relacionados com o número de consultas marcadas no CHP no corrente ano, neste caso em 2016.

- *Número de consultas marcadas:* número de consultas marcadas em 2016;
- *Número de consultas realizadas:* número de consultas realizadas que foram marcadas em 2016;
- *Número de consultas desmarcadas:* número de consultas desmarcadas que foram marcadas em 2016;
- *Número de consultas em lista de espera:* número de consultas marcadas em 2016 que ainda não foram realizadas, isto é, encontram-se em lista de espera;
- *Número de consultas marcadas por data:* número de consultas marcadas em 2016 por data;
- *Número de consultas marcadas por dia da semana:* distribuição do número de consultas marcadas em 2016 por dia da semana;
- *Número de consultas marcadas por mês:* distribuição do número de consultas marcadas em 2016 por mês;
- *Número de consultas marcadas por especialidade:* número de consultas marcadas em 2016 por especialidade.

ii) Tempo Médio de Espera:

Nesta divisão estão representados indicadores relacionados com o tempo médio de espera em dias (da data de marcação até à data de realização) das consultas marcadas no CHP no corrente ano, especificamente, em 2016.

- *Tempo médio de espera total:* tempo médio de espera total em dias das consultas marcadas em 2016;
- *Tempo médio de espera por data:* tempo médio de espera em dias das consultas marcadas em 2016 por data;

- *Tempo médio de espera por dia da semana*: distribuição do tempo médio de espera em dias das consultas marcadas em 2016 por dia da semana;
- *Tempo médio de espera por mês*: distribuição do tempo médio de espera em dias das consultas marcadas em 2016 por mês;
- *Tempo médio de espera por especialidade*: tempo médio de espera em dias das consultas marcadas em 2016 por especialidade.

iii) Evolução Temporal:

Nesta divisão estão representados indicadores relacionados com a evolução temporal das consultas marcadas no CHP. Assim sendo, foram usados todos os dados clínicos desde que há registo de armazenamento de dados sobre listas de espera de consultas nas bases de dados do CHP.

- *Número de consultas marcadas por ano*: distribuição do número de consultas marcadas por ano;
- *Tempo médio de espera por ano*: distribuição do tempo médio de espera em dias das consultas marcadas por ano.

b) Submódulo das Cirurgias:

Relativamente ao submódulo *Cirurgias*, os dados clínicos referem-se a todas as cirurgias agendadas no CHP. Correspondem assim aos dados clínicos armazenados nas BDs do CHP deste que há registo de armazenamento de dados sobre as cirurgias agendadas e realizadas nos seus estabelecimentos hospitalares, similarmente ao *Módulo das Consultas*.

O submódulo *Cirurgias* está subdividido em três abas distintas: *Número de Cirurgias*, *Tempo Médio de Espera* e *Evolução Temporal*. De seguida são apresentados os indicadores gerados em cada um das divisões do submódulo *Cirurgias*.

i) Número de Cirurgias:

Nesta divisão estão representados indicadores relacionados com o número de cirurgias agendadas no CHP no corrente ano, neste caso em 2016.

- *Número de cirurgias agendadas*: número de cirurgias agendadas em 2016;
- *Número de cirurgias realizadas*: número de cirurgias realizadas que foram agendadas em 2016;
- *Número de cirurgias canceladas*: número de cirurgias canceladas que foram agendadas em 2016;

- *Número de cirurgias em lista de espera*: número de cirurgias agendadas em 2016 que ainda não foram realizadas, isto é, encontram-se em lista de espera;
- *Número de cirurgias agendadas por data*: número de cirurgias agendadas em 2016 por data;
- *Número de cirurgias agendadas por dia da semana*: distribuição do número de cirurgias agendadas em 2016 por dia da semana;
- *Número de cirurgias agendadas por mês*: distribuição do número de cirurgias agendadas em 2016 por mês;
- *Número de cirurgias agendadas por grupo*: número de cirurgias agendadas em 2016 por grupo/especialidade;
- *Número de cirurgias agendadas por patologia*: número de cirurgias agendadas em 2016 por patologia;
- *Número de cirurgias agendadas por intervenção cirúrgica*: número de cirurgias agendadas em 2016 por intervenção cirúrgica;
- *Número de cirurgias agendadas por médico*: número de cirurgias agendadas em 2016 por médico.

ii) *Tempo Médio de Espera*:

Nesta divisão estão representados indicadores relacionados com o tempo médio de espera em dias (da data de marcação até à data de realização) das cirurgias agendadas no CHP no corrente ano, isto é, em 2016.

- *Tempo médio de espera total*: tempo médio de espera total em dias das cirurgias agendadas em 2016;
- *Tempo médio de espera por data*: tempo médio de espera em dias das cirurgias agendadas em 2016 por data;
- *Tempo médio de espera por dia da semana*: distribuição do tempo médio de espera em dias das cirurgias agendadas em 2016 por dia da semana;
- *Tempo médio de espera por mês*: distribuição do tempo médio de espera em dias das cirurgias agendadas em 2016 por mês;
- *Tempo médio de espera por grupo*: tempo médio de espera em dias das cirurgias agendadas em 2016 por grupo/especialidade;

- *Tempo médio de espera por patologia*: tempo médio de espera em dias das cirurgias agendadas em 2016 por patologia;
- *Tempo médio de espera por intervenção cirúrgica*: tempo médio de espera em dias das cirurgias agendadas em 2016 por intervenção cirúrgica;
- *Tempo médio de espera por médico*: tempo médio de espera em dias das cirurgias agendadas em 2016 por médico.

iii) *Evolução Temporal*:

Nesta divisão estão representados indicadores relacionados com a evolução temporal das cirurgias agendadas no CHP. De tal modo, foram usados todos os dados clínicos desde que há registo de armazenamento de dados sobre listas de espera de cirurgias nas bases de dados do CHP.

- *Número de cirurgias agendadas por ano*: distribuição do número de cirurgias agendadas por ano;
- *Tempo médio de espera por ano*: distribuição do tempo médio de espera em dias das cirurgias agendadas por ano.

De seguida, após a definição dos requisitos de negócio do caso de estudo, procedeu-se então à construção do *data warehouse* (DW) e à adaptação do sistema de BI ao caso prático em questão.

5.4 FASE TECNOLÓGICA

O primeiro conjunto de atividades da metodologia de Kimball, a *Fase Tecnológica*, foca-se na integração de tecnologias na construção do *data warehouse* (DW), incluindo as etapas de *Projeto Técnico da Arquitetura* e *Seleção e Instalação de Produtos* descritas, seguidamente, nas subsecções 5.4.1 e 5.4.2 desta secção, respetivamente.

5.4.1 *Projeto Técnico da Arquitetura*

Depois do levantamento de todos os requisitos relativos ao desenvolvimento deste caso de estudo foi então projetada a arquitetura do projeto. O projeto técnico da adaptação da plataforma de *Business Intelligence* (BI) ao apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias, desde o processo de extração de dados clínicos de fontes de informação

do Centro Hospitalar do Porto (CHP) até à apresentação dos indicadores clínicos e de desempenho num sistema de BI, encontra-se resumidamente esquematizado na Figura 13.

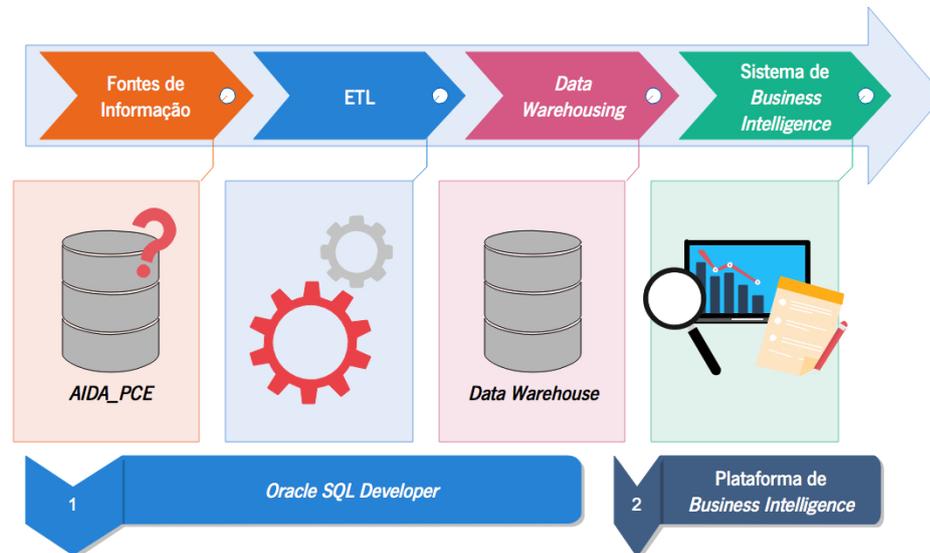


Figura 13.: Arquitetura do sistema de *Business Intelligence* de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias.

Todos os passos envolvidos no desenvolvimento do caso de estudo arquitetados na Figura 13, e incluídos na metodologia de Kimball, assim como as ferramentas utilizadas (Oracle SQL Developer e a Plataforma de *Business Intelligence*), estão apresentados e descritos nas próximas secções e subsecções deste capítulo.

5.4.2 Seleção e Instalação de Produtos

Após a etapa de *Projeto Técnico da Arquitetura*, procedeu-se então à seleção, instalação e testes das ferramentas mais adequadas para a realização deste caso de estudo.

Assim, as ferramentas selecionadas e utilizadas no desenvolvimento do sistema de BI de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias são as que estão seguidamente enumeradas:

- Oracle SQL Developer: é a tecnologia que foi escolhida para a construção e implementação do DW e da execução das tarefas de ETL, uma vez que este IDE permite a manipulação de Sistemas de Gestão de Bases de Dados Relacional (SGBDRs) Oracle DB que corresponde ao tipo de BD utilizada pelo CHP para armazenamento de dados clínicos de listas de espera de consultas e de cirurgias;
- SQL Developer Data Modeler: é uma ferramenta integrada no Oracle SQL Developer que permite auxiliar o processo de desenho físico do modelo dimensional;

- Plataforma de BI (ver Capítulo 4): após a construção do DW associado ao apoio à decisão nas listas de espera, o caso de estudo foi então adaptado, procedendo-se à integração dos dados clínicos à plataforma de BI desenvolvida e sucintamente descrita no Capítulo 4. Como anteriormente abordado no referido capítulo, a ferramenta *Web* foi desenvolvida recorrendo à *framework* AngularJS e os indicadores clínicos e de desempenho foram gerados recorrendo às diretivas Angular-nvd3 e angular-datatables disponibilizadas pela referida *framework*.

5.5 FASE DE MODELAÇÃO DIMENSIONAL

O segundo conjunto de atividades da metodologia de Kimball, a *Fase de Modelação Dimensional*, inclui o desenho de um modelo dimensional e a agregação dos dados clínicos provenientes de fontes de informação externas num *data warehouse* (DW). Este processo corresponde, assim, às etapas de *Modelação Dimensional* e *Desenho Físico*, e *Desenvolvimento dos Processos de ETL*, descritas nas subsecções 5.5.1 e 5.5.2 desta secção, respetivamente.

5.5.1 Modelação Dimensional e Desenho Físico

Nesta etapa foram extraídos dados clínicos relativos às listas de espera de consultas e de cirurgias de fontes de informação externas, nomeadamente de bases de dados (BDs) do Centro Hospitalar do Porto (CHP). Os registos que foram extraídos estão armazenados na *AIDA_PCE* (ver Subsecção 2.2.1 do Capítulo 2), responsável por armazenar os registos resultantes do Processo Clínico Eletrónico (PCE). Assim, foram utilizadas duas entidades armazenadas nas bases de dados do CHP, nomeadamente as tabelas *BIMOV_LISTAESPERRABLO* e *BIMOV_LISTAESPERRACON*, responsáveis pelo armazenamento dos registos clínicos das listas de espera de cirurgias e de consultas, respetivamente.

Posteriormente, após a extração dos dados clínicos das fontes de informação externas, procedeu-se então ao desenho físico do modelo dimensional de acordo com o modelo em estrela (*star schema*), seguindo a metodologia de Kimball descrita na Subsecção 3.4.1 do Capítulo 3. O modelo dimensional é constituído por dois *data marts* distintos, denominados *Consultas* e *Cirurgias*, que descrevem registos de listas de espera armazenados no *AIDA_PCE* do CHP. Cada *data mart* corresponde à uma tabela de factos que está diretamente relacionada com as respetivas tabelas de dimensão que a caracterizam. As ligações entre determinada tabela de factos e as tabelas de dimensão são feitas entre as chaves primárias das tabelas de dimensão e as chaves estrangeiras das tabelas de factos.

Todo o processo de extração, transformação e carregamento (ETL) dos dados clínicos na fase de construção do *data warehouse* (DW) deste caso de estudo está sucintamente descrito na Subsecção 5.5.2 desta secção.

Assim, na Figura 14 está representado o modelo dimensional desenhado de acordo com o modelo em estrela criado e proposto pelo Dr. Kimball, isto é, o modelo dimensional dos *data marts* projetados de listas de espera de consultas e de cirurgias, incluindo as tabelas integradas e os seus respetivos atributos, assim como as ligações entre as entidades.

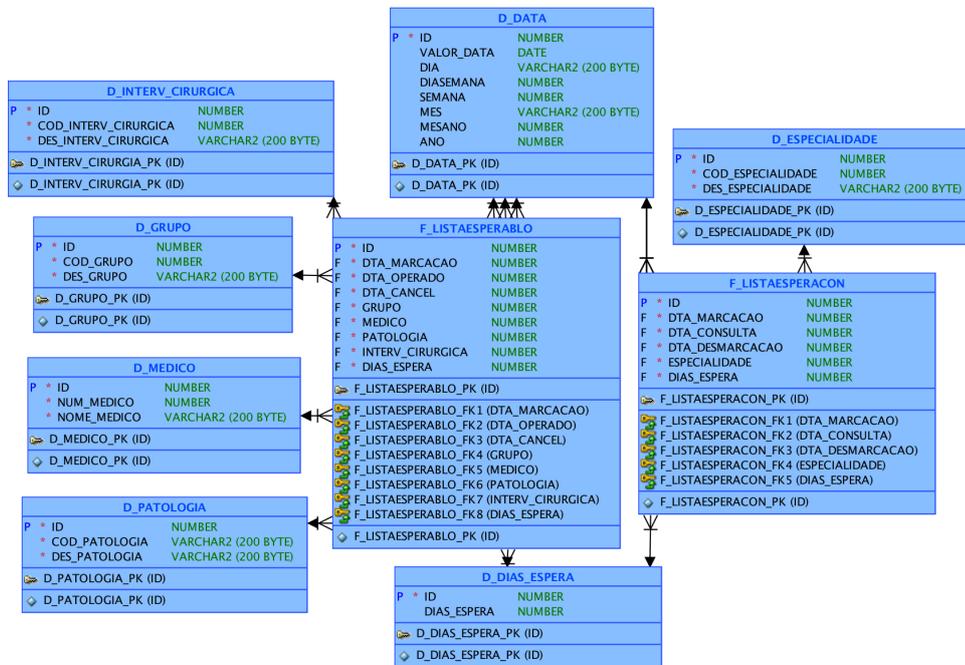


Figura 14.: Modelo dimensional dos *data marts* projetados de listas de espera de consultas e de cirurgias.

O modelo dimensional apresentado foi desenhado e implementado no Sistema de Gestão de Bases de Dados Relacional (SGBDR) Oracle DB, recorrendo para tal às ferramentas Oracle SQL Developer e SQL Developer Data Modeler.

De seguida é apresentada uma breve descrição de cada uma das tabelas do modelo dimensional desenhado:

- *D.DATA*: a tabela de dimensão *D.DATA* associa a um ID único um conjunto de dados característico de cada data extraída das bases de dados do CHP relativos às listas de espera;
- *D.DIAS.ESPERA*: a tabela de dimensão *D.DIAS.ESPERA* armazena cada valor distinto de tempo de espera em dias das consultas e das cirurgias associado a um ID único;
- *D.ESPECIALIDADE*: a tabela de dimensão *D.ESPECIALIDADE* associa a um ID único cada código de especialidade distinto e a sua descrição;

- *D_GRUPO*: a tabela de dimensão *D_GRUPO* armazena a associação entre um ID único e cada grupo distinto, bem como a sua respetiva descrição;
- *D_INTERV_CIRURGICA*: a tabela de dimensão *D_INTERV_CIRURGICA* associa a cada código de intervenção cirúrgica distinta e sua descrição a um ID único;
- *D_MEDICO*: a tabela de dimensão *D_MEDICO* corresponde à associação de um ID único a cada um dos médicos do CHP, assim como o seu número associado;
- *D_PATOLOGIA*: a tabela de dimensão *D_PATOLOGIA* armazena dados relativos à correspondência entre cada patologia distinta e à sua descrição a um ID único;
- *F_LISTAESPERABLO*: a tabela de factos *F_LISTAESPERABLO* armazena a associação entre um ID único e um conjunto de IDs de tabelas de dimensão de dados clínicos relevantes de todos os casos de agendamento de cirurgias no CHP, nomeadamente as datas de marcação, da operação e de cancelamento, grupo, intervenção cirúrgica, patologia, médico e número de dias de espera;
- *F_LISTAESPERACON*: a tabela de factos *F_LISTAESPERACON* associa a um ID único todos os casos de marcação de consultas no CHP, nomeadamente os IDs de um conjunto de dados clínicos de interesse, designadamente as datas de marcação, da consulta e de desmarcação, especialidade e número de dias de espera.

Como se pode observar pela Figura 14, e a descrição anteriormente apresentada, o modelo dimensional é constituído por duas tabelas de factos *F_LISTAESPERABLO* e *F_LISTAESPERACON*, ou seja, dois *data marts* que representam registos clínicos de listas de espera de cirurgias e de listas de espera de consultas, respetivamente. As duas tabelas de factos partilham as tabelas de dimensão *D_DATA* e *D_DIAS_ESPERA*; *D_GRUPO*, *D_INTERV_CIRURGICA*, *D_MEDICO* e *D_PATOLOGIA* definem a tabela de factos *F_LISTAESPERABLO*; enquanto *D_ESPECIALIDADE* liga-se à tabela de factos *F_LISTAESPERACON*.

Por outro lado, o DW é ainda constituído por outras tabelas que não estão, contudo, incluídas no modelo dimensional dos *data marts* de listas de espera de consultas e de cirurgias desenhado e previamente apresentado na Figura 14. Segue uma breve descrição de cada uma das entidades em questão.

- *BIMOV_LISTAESPERABLO*: nesta tabela está guardado um conjunto de todos os dados clínicos extraídos da base de dados *AIDA_PCE* do CHP das listas de espera das cirurgias agendadas (*Data Staging Area (DSA)* do *data mart Cirurgias*);
- *BIMOV_LISTAESPERACON*: nesta tabela está armazenado um conjunto de todos os dados clínicos extraídos da base de dados *AIDA_PCE* do CHP das listas de espera das consultas marcadas (*DSA* do *data mart Consultas*);

- *LOGINS*: nesta tabela estão armazenados todos os acessos à plataforma de BI por data;
- *NOTIFICACOES*: nesta tabela estão guardadas todas as notificações inseridas na plataforma de BI, incluindo dados relativos ao utilizador que a adicionou e a data associada à adição da notificação;
- *QUESTIONARIO*: nesta tabela encontra-se guardado, associado a um ID, um conjunto de dados que correspondem a cada uma das entradas de participação por um utilizador ao questionário de usabilidade da plataforma de BI;
- *SUGESTOES*: nesta tabela está armazenada a informação relativa às sugestões enviadas pela ferramenta *Web*;
- *UTILIZADORES*: nesta tabela armazenam-se diversos dados de cada um dos utilizadores inscritos nos registos da plataforma de BI, nomeadamente o *username* e a *password* que correspondem a credenciais obrigatórias para fazer *login* na ferramenta.

É de salientar que as tabelas *BIMOV_LISTAESPERABLO* e *BIMOV_LISTAESPERACON* correspondem às DSAs (*data staging areas*) que consistem numa localização temporária onde os dados do sistema de origem (*AIDA_PCE*) são copiados, transformados e limpos antes de serem carregados para as tabelas de dimensão e as tabelas de factos.

Por outro lado, as tabelas *LOGINS*, *NOTIFICACOES*, *QUESTIONARIO*, *SUGESTOES* e *UTILIZADORES* não se ligam a uma das tabelas de factos por não definirem algum tipo de dados clínicos das listas de espera. Como explicitado anteriormente, nestas tabelas estão apenas armazenados dados gerados pela aplicação *Web*. O registo de uma entrada de cada uma das cinco tabelas previamente referidas é realizado através de um ID único que é gerido e incrementado automaticamente recorrendo a uma sequência SQL para cada uma das tabelas da base de dados.

5.5.2 Desenvolvimento dos Processos de ETL

Após a conclusão das tarefas de modelação dimensional e desenho físico, executou-se então o processo de *Extract, Transform and Load* (ETL) recorrendo à tecnologia de Oracle SQL Developer utilizada para manipular bases de dados relacional Oracle.

Os passos seguidos em cada uma das três fases do processo de ETL correspondem aos pontos que estão seguidamente discriminados:

- Extração: foram criados procedimentos em PL/SQL para extrair os registos clínicos das duas entidades *BIMOV_LISTAESPERABLO* e *BIMOV_LISTAESPERACON* da BD *AIDA_PCE* do CHP, notadamente registos clínicos de listas de espera de consultas e

de cirurgias, para duas tabelas de uma nova BD Oracle, isto é, DSAs (*Data Staging Areas*);

- Transformação: após a extração das duas tabelas *BIMOV_LISTAESPERABLO* e *BIMOV_LISTAESPERACON* do *AIDA_PCE* e do seu *import* para uma BD Oracle do novo DW do caso de estudo, procedeu-se à execução de procedimentos de transformação dos dados clínicos extraídos. As principais transformações deveram-se à existência de determinados atributos com valor nulo. Assim, procedeu-se à substituição de todos os valores *null* pelo valor numérico 9999 que corresponde à ausência de informação relativamente ao parâmetro em estudo, de modo a facilitar a posterior manipulação dos dados clínicos;
- Carregamento: nesta fase foram criados todos os procedimentos em PL/SQL para carregar e atualizar as tabelas de factos e as tabelas de dimensão. Assim, foram criados nove procedimentos em PL/SQL (*PREENCHER_D_DATA*, *PREENCHER_D_DIAS_ESPERA*, *PREENCHER_D_ESPECIALIDADE*, *PREENCHER_D_GRUPO*, *PREENCHER_D_INTERV_CIRURGICA*, *PREENCHER_D_MEDICO*, *PREENCHER_D_PATOLOGIA*, *PREENCHER_F_LISTAESPERABLO* e *PREENCHER_F_LISTAESPERACON*), um procedimento para cada uma das tabelas de factos e tabelas de dimensão a carregar. É de salientar que no caso da tabela de dimensão *D_DIAS_ESPERA* foi ainda necessário recorrer ao desenvolvimento da função *FUNCAO_DIAS_ESPERA*, e da sua integração no SGBDR Oracle DB, de modo a proceder ao cálculo do número de dias de espera de cada registo através das datas de marcação e de realização. Por outro lado, para os dados serem carregados corretamente e não gerar problemas aquando o preenchimento das tabelas da estrutura multidimensional, procede-se primeiro à execução dos procedimentos de carregamento das tabelas de dimensão e, seguidamente, aos de carregamento das tabelas de factos. É importante referir que estes procedimentos em PL/SQL estão otimizados para poderem operar em tempo real. Assim, sempre que se justificar a atualização do DW com novos registos, os procedimentos podem ser manualmente executados e os dados das tabelas da BD são atualizados. Atualmente, o processo de ETL é executado automaticamente uma vez por dia para não sobrecarregar a máquina de produção em que está implementado.

5.6 FASE DE DESENVOLVIMENTO APLICACIONAL

O terceiro conjunto de atividades da metodologia de Kimball, a *Fase de Desenvolvimento Aplicacional*, corresponde ao percurso do desenvolvimento aplicacional das aplicações de *Business Intelligence* (BI), incluindo as tarefas de *Especificação das Aplicações de BI* e *Desenvolvimento das Aplicações de BI*.

Assim, nesta secção estão apresentados e discutidos alguns dos indicadores clínicos e de desempenho gerados e integrados na plataforma de BI para cada um dos submódulos de BI definidos, notadamente *Consultas* e *Cirurgias*. Todos os indicadores integrados no sistema de BI estão descritos na secção *Definição dos Requisitos de Negócio* (Secção 5.3) deste capítulo.

Assim, nesta fase, procedeu-se à aplicação e adaptação da plataforma de BI ao caso de estudo descrito no decorrer deste capítulo, isto é, à implementação do Sistema de Apoio à Decisão Clínica (SADC) das listas de espera de consultas e de cirurgias numa máquina de produção Ubuntu (*Ubuntu 14.04.5 LTS*) do Centro Hospitalar do Porto (CHP). A implementação da plataforma de BI ao caso de estudo consistiu na alteração do código de determinados módulos, incluindo a atualização dos *CRUD RESTful PHP Web services* da aplicação *Web* para enviar pedidos de consulta à base de dados deste caso de estudo. Assim, foram, nomeadamente, desenvolvidas *queries* na linguagem de programação SQL para cada um dos indicadores clínicos e de desempenho definidos de modo a extrair a informação desejada no formato JSON. Seguidamente, procedeu-se à sua manipulação para serem gerados e apresentados indicadores no módulo de BI da ferramenta, recorrendo para tal às diretivas *Angular-nvD3* e *angular-datatables* da *framework* *AngularJS*, apoiando-se nas linguagens *JavaScript*, *HTML* e *CSS*.

É de notar que todos os outros módulos, componentes e funcionalidades da ferramenta permanecem relativamente inalterados para qualquer caso prático de utilização da plataforma de BI. Todo o processo de desenvolvimento da aplicação *Web* já foi, previamente, sucintamente descrito no Capítulo 4.

Por outro lado, é também importante referir que após a implementação do sistema de BI, a ferramenta foi seguidamente e devidamente submetida a uma série de testes com dados reais e atuais de modo a analisar o seu desempenho e também possivelmente detetar qualquer tipo de *bug* para posteriormente proceder à sua correção.

Numa segunda fase de testes projeta-se a utilização futura da aplicação *Web* pelos profissionais de saúde do CHP a fim de avaliar o seu desempenho e executar alterações que possam ser sugeridas.

No futuro pretende-se, ainda, assegurar a contínua disponibilidade e expansão deste sistema de apoio à decisão, ou seja, assegurar a manutenção e o crescimento da ferramenta, assim como promover a sua utilização diária pelos profissionais de saúde do CHP.

Assim, de seguida, a título de demonstração, estão apresentados e explicitados alguns dos indicadores clínicos e de desempenho do Módulo *Business Intelligence* do sistema de BI de apoio à decisão nas listas de espera para o submódulo *Consultas* e, conseqüentemente, para cada uma das suas abas *Número de Consultas*, *Tempo Médio de Espera* e *Evolução Temporal*.

a) Submódulo das Consultas:

Neste submódulo encontram-se todos os indicadores clínicos e de desempenho relativos aos registos hospitalares do CHP de listas de espera de consultas marcadas (data de marcação).

De seguida, alguns exemplos dos indicadores gerados para cada uma das abas do submódulo *Consultas* (*Número de Consultas*, *Tempo Médio de Espera* e *Evolução Temporal*) estão apresentados e brevemente discutidos.

i) Número de Consultas:

Nesta aba estão representados indicadores relacionados com o número de consultas marcadas no CHP no corrente ano, neste caso em 2016.

Um segmento da *interface* da aba *Número de Consultas* está apresentado na Figura 15, incluindo os indicadores relativos ao número de consultas marcadas por data em forma de tabela (à esquerda) e ao número de consultas marcadas por dia da semana num diagrama de barras (à direita).



Figura 15.: *Interface* da aba *Número de Consultas* do submódulo *Consultas* do Módulo *Business Intelligence* do sistema de *Business Intelligence* de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias.

O principal objetivo da inserção de indicadores nesta aba é de medir o fluxo de consultas marcadas no CHP de acordo com os atributos definidos. Assim, a partir da consulta do *Número de Consultas* é possível consultar por data, ou até visualizar num diagrama de barras, o número de consultas registadas nos Sistemas de Informação Hospitalar (SIHs) da instituição de saúde para, por exemplo, fins estatísticos.

ii) Tempo Médio de Espera:

Na aba *Tempo Médio de Espera*, parcialmente representada na Figura 16, estão representados indicadores relacionados com o tempo médio de espera em dias (da data de marcação até à data de realização) das consultas marcadas no CHP no corrente ano, isto é, em 2016.



Figura 16.: Interface da aba *Tempo Médio de Espera* do submódulo *Consultas* do Módulo *Business Intelligence* do sistema de *Business Intelligence* de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias.

A consultas dos indicadores da aba *Tempo Médio de Espera* são fulcrais no apoio à decisão nas listas de espera. Assim, é viável, por exemplo, a visualização do tempo médio de espera em dias das consultas por dia da semana num diagrama circular (à esquerda da Figura 16) ou até a pesquisa do tempo médio de espera pela especialidade numa tabela (à direita da Figura 16). Deste modo, é possível detetar valores fora dos padrões definidos que necessitam de maior atenção.

A título de exemplo, determinada especialidade pode apresentar um valor de tempo médio de espera fora dos padrões delineados e pode ser, assim, necessário realizar determinados estudos a fim de investigar se esses valores são justificáveis. Em casos semelhantes, pode então ser inevitável tomar novas medidas administrativas e organizacionais, ou seja, tentar encontrar soluções e, conseqüentemente, haver a possibilidade de tomar novas decisões, de modo a corrigir a situação e tentar diminuir o tempo médio de espera na lista de espera em questão.

iii) *Evolução Temporal*:

Nesta aba, apresentada na Figura 17, estão representados indicadores relacionados com a evolução temporal das consultas marcadas no CHP. Deste modo, foram usados todos os

dados clínicos desde que há registo de armazenamento de dados sobre listas de espera de consultas na base de dados *AIDA_PCE* do CHP.

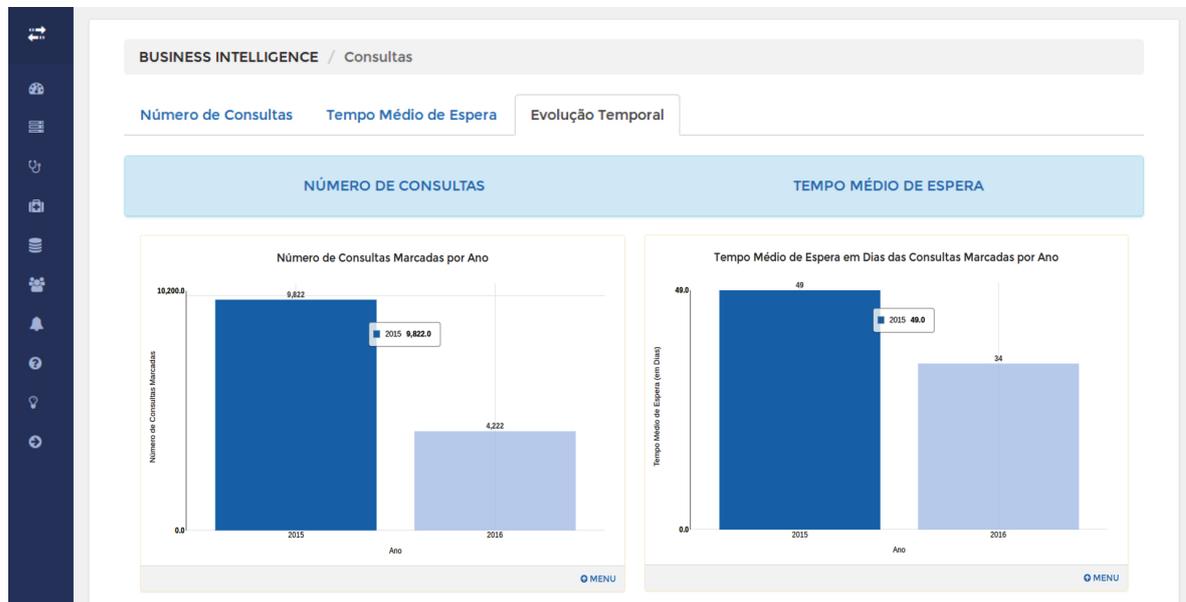


Figura 17.: Interface da aba *Evolução Temporal* do submódulo *Consultas* do Módulo *Business Intelligence* do sistema de *Business Intelligence* de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias.

À esquerda da Figura 17 está representado o número de consultas marcadas por ano num diagrama de barras, assim como, à direita da mesma figura, o tempo médio de espera em dias das consultas marcadas por ano também na forma de uma diagrama de barras.

Deste modo, a partir desta aba é fazível a visualização da evolução temporal das consultas marcadas e registadas no CHP nos últimos anos. Assim, é possível registar os valores anuais para fins estatísticos mas, igualmente, analisar e avaliar as mudanças temporais de fluxo de marcação de consultas e do tempo médio de espera para a realização de uma consulta.

Por fim, é importante referir que o objetivo e a finalidade da integração de cada um dos indicadores definidos (ver Secção 5.3), nas abas previamente apresentadas e discutidas, são relativamente os mesmos para o submódulo *Consultas* e o submódulo *Cirurgias*. No total, foram gerados cerca de 40 indicadores, divididos pelos dois submódulos, e integrados no sistema de BI de apoio à decisão nas listas de espera e de cirurgias.

5.7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo foi apresentado e descrito todo o processo envolvido na implementação de um sistema de *Business Intelligence* (BI), nomeadamente de um sistema de BI de apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias do Centro Hospitalar do Porto (CHP).

A principal vantagem da implementação deste tipo de sistema de BI numa instituição de saúde como o CHP reside no auxílio aos profissionais de saúde com o poder de decisão dentro da organização ao disponibilizar o acesso à informação, aprimorando, deste modo, a tomada de decisão com o tratamento e a análise dos dados apresentados.

Deste modo, foram gerados cerca de 40 indicadores clínicos e de desempenho divididos pelos submódulos *Consultas* e *Cirurgias* e que foram, posteriormente, integrados na plataforma de BI. Os indicadores definidos estão divididos pelas abas *Número de Consultas*, *Tempo Médio de Espera* e *Evolução Temporal* para ambos os submódulos.

Resumidamente, a aba *Número de Consultas* permite medir o fluxo de consultas e de cirurgias marcadas e agendadas no CHP no corrente ano. Por outro lado, a consulta e a análise dos indicadores da aba *Tempo Médio de Espera* faculta a identificação de valores de tempo médio de espera fora dos padrões delineados e, assim, a realização de estudos a fim de investigar se os valores são justificáveis e, conseqüentemente, tomar as devidas decisões se necessário. Através da aba *Evolução Temporal* é ainda possível visualizar a evolução temporal das consultas e das cirurgias registadas nos últimos anos no CHP.

Assim, este sistema de BI permite que os seus utilizadores interpretem de forma crítica os dados gerados, viabilizando que inconsistências sejam facilmente identificadas pelos especialistas. Ao analisar os dados eficazmente, eles conseguem obter as respostas que precisam para criar estratégias como, por exemplo, tomar novas medidas administrativas para melhorar a gestão da organização e tentar, assim, tomar decisões de modo a diminuir o tempo médio de espera em listas de espera de consultas e de cirurgias. Isto é, se algum valor de tempo médio de espera fora dos padrões definidos for detetado numa das listas de espera como, por exemplo, relativamente a determinada especialidade numa das unidades hospitalares do CHP, soluções têm de ser encontradas e prosseguidas rapidamente de modo a corrigir este tipo de situação.

Por fim, permitir o acesso à informação de qualidade no contexto das listas de espera, a disponibilização de informação que sustente a correção imediata, o melhor conhecimento da realidade interna e externa da organização, o conhecimento de potenciais riscos, bem como propulsionar e permitir inovação, são mais alguns dos benefícios que a implementação e futura utilização deste sistema de BI poderá trazer à organização de saúde.

5.8 CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

No âmbito desta dissertação foram gerados indicadores definidos para os quais, até ao momento, já existia registo de informação no Processo Clínico Eletrónico (PCE) do Centro Hospitalar do Porto (CHP) para listas de espera de consultas e de cirurgias. Os principais motivos que impulsionaram a realização deste caso de estudo são o apoio à tomada de decisão dos profissionais de saúde e a possibilidade de poder possivelmente implementar, no futuro, novas medidas administrativas de forma a melhorar a gestão da organização. Ambiciona-se, assim, limitar possíveis consequências adversas na saúde dos pacientes do CHP ao reduzir o tempo médio de espera nas listas de espera.

Assim, o desenvolvimento deste caso de estudo partiu da necessidade de tratar grandes quantidades de dados clínicos de listas de espera produzidos diariamente pelo PCE, na instituição de saúde, e da viabilidade de adquirir conhecimento com valor suficiente para apoiar os serviços prestados pelos profissionais de saúde.

Como trabalho futuro, pretende-se não só gerar mais indicadores relativos à evolução temporal das listas de espera com dados já atualmente armazenados, como também expandir o conjunto de atributos de dados clínicos nas tabelas de factos das listas de espera de consultas e de cirurgias e, conseqüentemente, aumentar o número de tabelas de dimensão que definem as tabelas de factos. Assim, projeta-se o enriquecimento do Módulo de *Business Intelligence* com uma maior variedade de indicadores clínicos e de desempenho para visualização e posterior análise crítica, de modo fortalecer o apoio à tomada de decisão dos profissionais de saúde.

Por outro lado, prevê-se ainda o desenvolvimento e integração de modelos de previsão no Módulo *Data Mining* da aplicação *Web*. Modelos de previsão que preveem o tempo médio de espera em dias em listas de espera de consultas e de cirurgias, de acordo com os atributos definidos após estudos como fatores que possam influenciar o *outcome* da previsão, são exemplos de possíveis modelos de previsão de *Data Mining* que possam vir a ser futuramente integrados no sistema de BI.

No próximo capítulo (Capítulo 6) é apresentado o segundo caso prático de aplicação da plataforma de BI desenvolvida, nomeadamente na implementação de um protótipo inicial de um novo sistema de BI de apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) no Centro Materno Infantil do Norte (CMIN) do CHP.

APOIO À DECISÃO NOS CUIDADOS DE GINECOLOGIA E OBSTETRÍCIA

O terceiro caso de estudo deste projeto de dissertação consistiu na aplicação da plataforma de *Business Intelligence* (BI), desenhada e desenvolvida (ver Capítulo 4), a um segundo caso prático, nomeadamente no apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) do Centro Materno Infantil do Norte (CMIN) no Centro Hospitalar do Porto (CHP). Neste capítulo está descrito e discutido todo o processo envolvido na adaptação da plataforma de BI a um segundo caso prático.

Assim, a realização deste caso de estudo apoiou-se na metodologia de investigação *Design Science Research* (DSR) descrita na Secção 3.2 do Capítulo 3 deste documento, e a construção do *data warehouse* (DW) utilizado baseou-se na metodologia de Kimball descrita na Subsecção 3.4.1 do mesmo capítulo. Deste modo, na primeira secção deste capítulo é feita uma curta introdução a este caso de estudo (Secção 6.1), na Secção 6.2 é apresentada uma definição do problema e motivação, e na Secção 6.3 são definidos os principais objetivos da solução de Tecnologia de Informação (TI) a cumprir. De seguida, na Secção 6.4 é descrito todo o processo em torno do desenho e desenvolvimento deste artefacto de TI na sua íntegra. Por fim, o capítulo encerra-se com uma discussão dos resultados alcançados e uma breve conclusão e trabalho futuro, nas secções 6.5 e 6.6, respetivamente.

6.1 INTRODUÇÃO

Na área dos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) devem ser proporcionados acompanhamentos adequados às utentes de modo a prestar cuidados de saúde de qualidade e, conseqüentemente, evitar a ocorrência de eventos adversos como, por exemplo, determinadas complicações associadas à gravidez ou ao parto [93, 94].

Assim, aliando os benefícios das Tecnologias de Informação (TIs) ao interesse de melhorar a qualidade dos serviços materno-infantis no Centro Materno Infantil do Norte (CMIN), no Centro Hospitalar do Porto (CHP), bem como suportar os profissionais de saúde no

processo de tomada de decisão, tem vindo a ser desenvolvida uma plataforma de *Business Intelligence* (BI) na área de GO [95, 96, 97, 98, 99].

No entanto, apesar das vantagens e dos benefícios indubitáveis que a utilização desta ferramenta de BI pelos profissionais de saúde pode trazer na prestação de cuidados materno-infantis no CMIN, a plataforma não tem sido utilizada ao seu pleno potencial pelos mesmos. Assim sendo, possíveis atualizações na sua arquitetura e nas suas funcionalidades possam ser necessárias de modo a incentivar de novo o seu uso e, assim, redivulgar a solução de TI junto aos profissionais do CMIN, bem como impulsionar a sua contínua manutenção e expansão no futuro.

Nesse sentido, no âmbito deste projeto de dissertação, surgiu este caso de estudo que consistiu na aplicação e adaptação da plataforma de BI desenvolvida como primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação (ver Capítulo 4) ao apoio à decisão nos cuidados de GO, de modo a propor um protótipo inicial de um novo sistema de BI dos cuidados materno-infantis no CMIN.

Assim, nas próximas secções estão descritos todos os passos envolvidos na realização deste terceiro caso de estudo.

6.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

Nos cuidados na maternidade e ao recém-nascido, o principal objetivo de uma unidade hospitalar de cuidados maternos e pré-natais reside no acompanhamento adequado e na prestação de serviços de qualidade de forma a incentivar o alcance de resultados positivos para todas as mulheres e crianças envolvidas. Assim, devem ser prestados cuidados de saúde materno-infantis seguros, eficazes, oportunos, eficientes e equitativos, isto é, serviços confiáveis e adequados, centrados no paciente. Pretende-se, deste modo, minimizar o risco de ocorrência de eventos adversos, isto é, complicações indesejadas decorrentes dos cuidados prestados aos pacientes, e alcançar os melhores resultados possíveis para todas as mulheres e as suas famílias, ao otimizar a utilização dos recursos disponíveis no momento preciso [100].

Assim, uma plataforma de *Business Intelligence* (BI) tem vindo a ser desenvolvida na área dos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) da unidade hospitalar de cuidados pré-natais do Centro Hospitalar do Porto (CHP), o Centro Materno Infantil do Norte (CMIN), desde 2014 [95, 96, 97]. O CMIN corresponde à unidade hospitalar do CHP responsável pelos cuidados de neonatologia, pediatria, ginecologia e obstetrícia.

A plataforma de BI foi desenvolvida e implementada no CMIN em jeito de promover uma melhoria na tomada de decisão por parte dos profissionais de saúde de GO, assim como evitar o risco de ocorrência de eventos adversos nos cuidados de saúde, ao analisar e representar o conhecimento disponível nesta área. Inclui a integração de cerca de 50 indica-

dores clínicos e de desempenho, assim como modelos de previsão construídos recorrendo a técnicas de *predictive modelling* de *Data Mining* (DM) permitindo, por exemplo, a tomada de decisões antecipadas de forma a evitar eventos adversos ou até implementar novas medidas administrativas e organizacionais na triagem das pacientes [98, 99].

No entanto, apesar das vantagens e dos benefícios indubitáveis que a utilização desta ferramenta de BI pelos profissionais de saúde pode trazer na prestação de cuidados materno-infantis no CMIN, a plataforma não tem sido utilizada ao seu pleno potencial pelos mesmos. Por conseguinte, possíveis atualizações na sua arquitetura e nas suas funcionalidades possam ser necessárias de modo a incentivar de novo o seu uso e, assim, redivulgar a solução junto aos profissionais do CMIN, bem como impulsionar a sua contínua manutenção e expansão.

Deste modo, com a realização deste caso de estudo, pretende-se propor a possibilidade de atualizar a arquitetura e determinadas funcionalidades do sistema atual de BI do CMIN com a adaptação e utilização da ferramenta de BI desenhada e desenvolvida como primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação (ver Capítulo 4).

A concretização deste caso de estudo incluiu, assim, o estudo e a análise da plataforma de BI de GO atualmente implementada no CMIN na sua íntegra, incluindo a identificação de possíveis pontos que possam ser melhorados, e consequentemente alterados, que justificam a proposta de atualização.

Posto isto, os principais objetivos incluídos no desenho e desenvolvimento da solução proposta são delineados na próxima secção, isto é, na Secção 6.3.

6.3 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA SOLUÇÃO

Como referido na secção anterior, isto é, na Secção 6.2, a finalidade principal deste caso de estudo residiu na adaptação e utilização da plataforma de *Business Intelligence* (BI), desenvolvida como primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação (ver Capítulo 4), a um segundo caso prático, nomeadamente no apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO). Pretende-se, assim, propor uma nova arquitetura e a atualização das funcionalidades da atual plataforma de BI de GO implementada no Centro Materno Infantil do Norte (CMIN) do Centro Hospitalar do Porto (CHP).

Deste modo, após a definição do problema e da motivação deste terceiro caso de estudo, foram então delineados todos os objetivos a cumprir no processo de concretização da solução a propor.

Seguem-se os principais objetivos definidos para a realização deste caso de estudo:

- Estudo e implementação do *data warehouse* (DW), incluindo a análise da informação clínica armazenada, anteriormente desenhado e construído na área dos cuidados de GO do CMIN aquando o desenvolvimento da plataforma de BI atual de GO [97];

- Estudo da arquitetura e das funcionalidades da plataforma de BI atual dos cuidados de GO do CMIN de modo a identificar possíveis pontos que possam ser atualizados e melhorados, justificando, assim, a reformulação da plataforma de BI atual;
- Estudo dos indicadores clínicos e de desempenho gerados e integrados no Módulo de Obstetrícia, Módulo de Triagem e Módulo de Admissão da plataforma de BI de GO do CMIN [95, 96, 97, 98, 99], e a geração de alguns desses e de novos indicadores, de forma a serem integrados no protótipo inicial do novo sistema de BI;
- Estudo dos modelos de previsão construídos recorrendo a técnicas de *predictive modeling* de *Data Mining* (DM), nos últimos dois anos, nos cuidados materno-infantis do CMIN, nomeadamente:
 - Previsão do tipo de parto [101];
 - Previsão de nascimentos pré-termo [93];
 - Previsão do grupo de risco das mulheres que recorrem à unidade de Interrupção Voluntária da Gravidez (IVG) [94];
 - Previsão do local onde é administrada a segunda dose de medicamentos do processo de IVG [102];
 - Previsão da classificação de prioridade no processo de pré-triagem [103];
 - Previsão do tempo de pré-triagem [104];
 - Previsão do tempo de pós-triagem [105].

É de notar que este ponto resultou na realização de uma prova de conceito do conjunto de todos os estudos de forma a provar a sua viabilidade e utilidade resultando, assim, na publicação de um dos artigos científicos redigidos e submetidos no decorrer do desenvolvimento deste projeto de dissertação, nomeadamente o artigo científico de revista “*Applying Predictive Modelling to a Maternal and Perinatal Care Unit – A Proof of Concept Study*” (ver a Secção B.5 do Capítulo B);

- Desenvolvimento e proposta de um protótipo inicial de um novo sistema de BI para a plataforma de BI atual dos cuidados materno-infantis do CMIN, procedendo-se à aplicação e adaptação da ferramenta de BI desenvolvida como primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação.

Assim, o propósito principal deste caso de estudo residiu num processo de desenho e de desenvolvimento que incluiu a aplicação da plataforma de BI desenhada a um segundo caso prático. Deste modo, pretendeu-se provar a sua aplicabilidade e adaptabilidade, assim como estudar e avaliar um sistema de BI de cuidados materno-infantis já implementado numa unidade hospitalar de cuidados pré-natais. Isto com o objetivo principal de identificar

possíveis pontos que justificam a sua atualização e, conseqüentemente, projetar, desenhar e desenvolver um protótipo inicial de um novo sistema de BI de cuidados de GO no CMIN.

6.4 DESENHO E DESENVOLVIMENTO

Nesta secção estão descritos todas as considerações e todos os passos envolvidos no desenho e desenvolvimento do protótipo inicial de um novo sistema de *Business Intelligence* (BI) dos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) do Centro Materno Infantil do Norte (CMIN) no Centro Hospitalar do Porto (CHP). Inclui a descrição do *data warehouse* (DW) dos cuidados de GO, assim como a proposta de um protótipo inicial de um novo sistema de BI de GO comprovado pelo estudo e pela análise da plataforma de BI atual.

a) *Data Warehouse*:

Num primeiro passo procedeu-se, então, ao estudo e à implementação do *data warehouse* dos cuidados de GO, anteriormente projetado e desenhado aquando o desenvolvimento da plataforma de BI atual de GO no CMIN [97]. O DW foi construído recorrendo à execução de tarefas de *Extract, Transform and Load* (ETL), de acordo com o modelo em estrela (*star schema*), seguindo a metodologia de Kimball descrita na Subsecção 3.4.1 do Capítulo 3. Os dados armazenados são extraídos diariamente da base de dados *AIDA_PCE* do CHP (ver Subsecção 2.2.1 do Capítulo 2).

Todas as tabelas do DW de cuidados de GO, com dados reais e atuais, foram, então, copiadas para um nova base de dados (BD) *Oracle* que corresponde ao tipo de BD utilizada pelo CMIN para o armazenamento dos dados clínicos de GO. Recorreu-se à tecnologia *Oracle SQL Developer* que permite a manipulação de Sistemas de Gestão de Bases de Dados Relacional (SGBDRs) *Oracle DB*.

Na Tabela 2 estão representados os quatro *data marts* integrados no DW dos cuidados materno-infantis, já com a adição das tabelas associadas ao funcionamento da plataforma *Web* de BI utilizada, incluindo uma breve descrição e uma listagem de todas as entidades, isto é, tabelas incluídas em cada um dos *data marts*.

Tabela 2.: Descrição do *data warehouse* dos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia, incluindo uma breve descrição de cada um dos *data marts*, bem como uma listagem de todas as tabelas integradas em cada um deles

Data Mart	Descrição	Listagem das Tabelas
<i>Obstetrícia</i>	Informação relativa aos recém-nascidos, incluindo dados associados aos partos realizados na unidade hospitalar de GO.	<i>F_TABELA_RN</i> (tabela de factos); <i>D_ANALGESIA</i> , <i>D_IDADE</i> , <i>D_TIPO_PARTO</i> , <i>D_RESP_PARTO</i> , <i>D_PACIENTE_MAE</i> , <i>D_RECEM_NASCIDO</i> , <i>D_LOCALIDADE</i> , <i>D_GEMELAR</i> , <i>D_NADO_VIVO</i> , <i>D_SEM_GESTACAO</i> , <i>D_DATA</i> e <i>D_TEMPO</i> (tabelas de dimensão)
<i>Triagem</i>	Dados relativos aos processos de triagens das pacientes na unidade hospitalar de GO.	<i>F_TABELA_TRIA</i> (tabela de factos); <i>D_IDADE</i> , <i>D_SEM_GESTACAO</i> , <i>D_DATA</i> , <i>D_TEMPO</i> , <i>D_RESTRIA</i> , <i>D_PROF_SAUDE</i> , <i>D_TEMPO_ESPERA</i> , <i>D_MOTIVO_VISITA</i> , <i>D_PACIENTE_TRIAGEM</i> e <i>D_LOCALIDADE</i> (tabelas de dimensão)
<i>Admissão</i>	Dados recolhidos sobre a admissão de utentes na unidade hospitalar de GO.	<i>F_TABELA_DOC_ADM</i> (tabela de factos); <i>D_SERVICO</i> , <i>D_DATA</i> , <i>D_TEMPO</i> , <i>D_GEMELAR</i> , <i>D_MOTIVO_ADM</i> , <i>D_PACIENTE_ADM</i> (tabelas de dimensão)
<i>Aplicação Web</i>	Conjunto de tabelas associadas ao funcionamento e gestão da aplicação <i>Web</i> .	<i>LOGINS</i> , <i>NOTIFICACOES</i> , <i>QUESTIONARIO</i> , <i>SUGESTOES</i> e <i>UTILIZADORES</i>

Assim, os três primeiros *data marts*, *Obstetrícia*, *Triagem* e *Admissão*, correspondem aos *data marts* anteriormente definidos, aquando o desenho do DW dos cuidados materno-infantis do CMIN [97], que caracterizam os dados clínicos de GO. Enquanto o quarto, *Aplicação Web*, corresponde às tabelas criadas e utilizadas para a gestão da ferramenta *Web* de BI, incluindo os utilizadores, as notificações, o registo dos acessos à aplicação *Web* e as respostas aos for-

mulários incluídos no estudo de usabilidade da plataforma de BI.

b) Proposta de um Protótipo Inicial de um Novo Sistema de *Business Intelligence* de Ginecologia e Obstetrícia:

Após o estudo e a análise do sistema de BI atual dos cuidados de GO do CMIN, e das principais considerações e conclusões tiradas pelos desenvolvedores da mesma, foram, então, identificadas as principais fraquezas (pontos fracos) que possam ser melhoradas, bem como as oportunidades que possam influenciar positivamente o desenvolvimento da mesma. Estes pontos justificam a atualização do sistema de BI de GO com a plataforma de BI desenhada.

Deste modo, os pontos identificados enquadram-se numa análise SWOT (*Strengths Weaknesses Opportunities and Threats*) que baseia-se num processo de identificação de fatores associados a determinada solução, desde as forças até às ameaças, incluindo fatores internos e fatores externos. Todo o enquadramento teórico relativamente a este tipo de análise está descrito na Subsecção 8.2.1 do Capítulo 8 deste documento.

Assim, relativamente às fraquezas, é possível destacar:

- Requer que aplicações externas estejam ativas, nomeadamente o Pentaho para visualização dos dados, isto é, diagramas e tabelas (indicadores clínicos e de desempenho), sendo que o Pentaho falha algumas vezes ou o carregamento dos elementos na aplicação *Web* é muito lento, gerando falhas e *bugs* associados ao funcionamento da plataforma de BI;
- Baixa dependência e falta de escalabilidade do sistema de BI.

Por outro lado, seguem-se algumas das oportunidades que foram, igualmente, identificadas, que possam influenciar positivamente a ferramenta de BI:

- Implementação de novos módulos, componentes e funcionalidades;
- Integração ou utilização de novas soluções, incluindo novas *frameworks*, de modo a aumentar e melhorar o desempenho da aplicação *Web*;
- Integração da informação em tempo real, não necessitando da ligação a aplicações externas.

Assim, de acordo com as principais fraquezas e das oportunidades identificadas na análise SWOT, confirmou-se que a utilização e aplicação da ferramenta de BI para desenvolver um novo sistema de BI de GO poderia, indubitavelmente, proporcionar melhorias à arquitetura atual. Por outro lado, possibilita, igualmente, o incentivo e a reddivulgação do uso de uma plataforma de BI nos cuidados materno-infantis do CMIN, assim como permite impulsionar a sua contínua manutenção e expansão no futuro.

Após o estudo da plataforma de BI de GO atual do CMIN, procedeu-se, então, à aplicação e adaptação da plataforma de BI a um segundo caso prático, isto é, à implementação de um protótipo inicial de um novo sistema de apoio à decisão nos cuidados materno-infantis numa máquina de produção Ubuntu (*Ubuntu 14.04.5 LTS*) do CHP. A implementação da nova plataforma de BI ao caso prático incluiu a alteração do código de determinados módulos, nomeadamente a atualização dos *CRUD RESTful PHP Web services* da aplicação *Web*, de modo a enviar pedidos de consulta à base de dados associada a este caso de estudo. Deste modo, foram igualmente desenvolvidas *queries* em SQL para cada um dos indicadores clínicos e de desempenho integrados na plataforma de BI a fim de extrair a informação no formato JSON e, seguidamente, proceder à manipulação dos dados em JavaScript. Finalmente, são gerados indicadores com as diretivas *Angular-nvD3* e *angular-datatables* da *framework* AngularJS, apoiando-se, assim, nas linguagens JavaScript, HTML e CSS.

É de salientar que todos os módulos, componentes e funcionalidades integrados na plataforma de BI estão sucintamente descritos no Capítulo 4 deste documento.

A título de demonstração, na Figura 18 está apresentada a *interface* de uma aba do submódulo *Admissão* do Módulo *Business Intelligence* do protótipo inicial de um novo sistema de BI de apoio à decisão nos cuidados de GO. Corresponde à aba associada ao indicador clínico na forma de diagrama de barras relativo ao número de utentes admitidas por dia da semana na unidade hospitalar. Ainda é possível observar na figura em questão, como já referido anteriormente, que o Módulo de *Business Intelligence* do sistema de apoio à decisão divide-se em três submódulos, nomeadamente *Obstetrícia*, *Triagem* e *Admissão*.



Figura 18.: Interface de um submódulo do Módulo *Business Intelligence* de um protótipo inicial de um novo sistema de *Business Intelligence* de apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia.

Por fim, é de notar que aproximadamente 25 indicadores já foram gerados e integrados na plataforma de BI nos submódulos do Módulo de *Business Intelligence*. No futuro, pretende-se propor este protótipo inicial como um novo sistema de BI para os cuidados materno-infantis no CMIN. Se a proposta for aceite pelos profissionais de saúde a quem a sua utilização se dirige, antevê-se completar o sistema com todos os indicadores clínicos e de desempenho e modelos de previsão já desenvolvidos nesta área de estudo, assim como, possivelmente, completar a informação representada com a adição de novo conhecimento. Assim, ambiciona-se assegurar a contínua manutenção e expansão deste sistema de apoio à decisão e, igualmente, incentivar e redivulgar o uso de uma plataforma de BI nos cuidados materno-infantis no CMIN.

6.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A realização deste caso de estudo possibilitou a aplicação da plataforma de *Business Intelligence* (BI), desenvolvida como primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação, a um segundo caso prático, nomeadamente no apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) do Centro Materno Infantil do Norte (CMIN) no Centro Hospitalar do Porto (CHP).

Englobou, mais concretamente, o estudo da plataforma de BI de GO atual do CMIN, incluindo o *data warehouse* (DW) e os dados clínicos de GO, as suas principais funcionalidades, os indicadores clínicos e de desempenho integrados na plataforma de BI, e os modelos de previsão. Seguidamente, procedeu-se ao desenvolvimento de um protótipo inicial de um novo sistema de BI de GO com a plataforma de BI desenvolvida como primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação.

As principais vantagens da atualização da arquitetura e das funcionalidades do sistema de BI atual dos cuidados materno-infantis do CMIN com a plataforma de BI desenhada e desenvolvida (ver Capítulo 4) são:

- Não requer que aplicações externas estejam ativas na visualização dos dados (diagramas e tabelas) como, por exemplo, o Pentaho, ao usar diretivas da *framework* AngularJS para visualização dos dados, designadamente *Angular-nvd3* e *angular-datatables*. Com a utilização do Pentaho como ferramenta de visualização de dados, a mesma necessita de correr em paralelo e estar ativa e, muitas vezes, o carregamento dos elementos na plataforma de BI é muito lento ou falha, sendo necessário “fazer *reload*” da página *Web* ou às vezes até reiniciar o Pentaho. Deste modo, ao passar a utilizar diretivas da *framework* AngularJS para a visualização de dados, não haverá tanto *overhead* da aplicação *Web*, resultando, assim, num sistema mais rápido com menos *bugs* associados;
- Implementação de novos módulos, componentes e funcionalidades, incluindo a gestão de utilizadores e de notificações, formulários para um questionário e o envio de sugestões a fim de realizar um estudo de usabilidade, bem como um sistema de envio de alertas via *e-mail*;
- Aumento da capacidade de escalabilidade da aplicação *Web*, isto é, apresenta uma arquitetura de fácil manutenção e de simples execução da expansão das suas funcionalidades;
- Incentivar e redivulgar o uso de uma plataforma de BI nos cuidados materno-infantis no CMIN.

Assim, no futuro pretende-se propor o sistema desenhado e desenvolvido como novo sistema de BI de GO do CMIN aos profissionais de saúde. Deste modo, procura-se incentivar e redivulgar o uso de uma plataforma de BI nos cuidados materno-infantis no CMIN, assim como impulsionar a sua contínua manutenção e expansão no futuro.

6.6 CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo foi apresentado o terceiro caso de estudo que foi desenvolvido no âmbito deste projeto de dissertação. Resumindo, consistiu na aplicação da plataforma de *Business Intelligence* (BI) desenvolvida como primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação a um segundo caso prático, nomeadamente no apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) no Centro Materno Infantil do Norte (CMIN) do Centro Hospitalar do Porto (CHP).

Os principais motivos que impulsionaram a realização deste caso de estudo são a aplicação da plataforma de BI desenvolvida a um segundo caso prático de maneira a provar a sua aplicabilidade e adaptabilidade e, por outro lado, estudar e avaliar um sistema de BI de cuidados materno-infantis já implementado numa unidade hospitalar de cuidados pré-natais. Este processo passou, assim, pela identificação de possíveis pontos que justificassem a sua atualização e, conseqüentemente, projetar, desenhar e desenvolver um protótipo inicial de um novo sistema de BI de cuidados de GO no CMIN.

Como trabalho futuro, pretende-se propor o protótipo inicial do novo sistema de BI aos profissionais de saúde a fim de proporcionar melhorias à arquitetura atual e, por outro lado, incentivar e redivulgar o uso de uma plataforma de BI nos cuidados materno-infantis do CMIN. Ambiciona-se, igualmente, impulsionar o seu contínuo desenvolvimento e manutenção no futuro.

Assim, se o protótipo for aceite, o sistema de BI deverá ser completado com todos os indicadores clínicos e de desempenho do sistema atual de GO, bem como os modelos de previsão já construídos e estudados.

Por fim, com o aumento exponencial dos dados a serem registados, prevê-se, indubitavelmente, o desenvolvimento de mais modelos de previsão e indicadores de GO de modo a proporcionar um acompanhamento adequado às utentes do CMIN. Assim, ambiciona-se continuar a primar pelo melhoramento das práticas clínicas e por serviços de qualidade na unidade de saúde em questão.

De seguida, no Capítulo 7 é descrito o processo de definição, desenho e desenvolvimento da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*) que corresponde ao último caso de estudo realizado no âmbito deste projeto de dissertação.

FERRAMENTA DE CODIFICAÇÃO CLÍNICA ICD-9-CM

O quarto caso de estudo deste projeto de dissertação refere-se ao desenvolvimento de uma ferramenta de prática clínica, nomeadamente ao desenvolvimento de uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*) de processos de altas hospitalares do Centro Hospitalar do Porto (CHP). A aplicação *Web* desenvolvida enquadra-se na metodologia de investigação *Design Science Research* (DSR), descrita na Secção 3.2 do Capítulo 3, que impulsionou a realização deste projeto de dissertação na sua íntegra.

Assim, na primeira secção deste capítulo (Secção 7.1) é introduzido o conteúdo que será abordado no mesmo, seguindo-se as secções 7.2 e 7.3, onde estão definidos o problema e a motivação, bem como os objetivos da solução de Tecnologia de Informação (TI) definida e desenvolvida. A próxima secção corresponde à descrição do desenho e desenvolvimento do artefacto de TI (Secção 7.4), incluindo a descrição dos seus módulos e das suas principais componentes e funcionalidades. O capítulo encerra-se com uma discussão do trabalho desenvolvido e dos resultados alcançados, seguida de uma breve conclusão e trabalho futuro, nas secções subsequentes (secções 7.5 e 7.6).

7.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, no Centro Hospitalar do Porto (CHP), tem-se notado cada vez mais a falta de uma ferramenta informática de codificação clínica para auxiliar a codificação de processos de altas hospitalares de doentes internados nos estabelecimentos hospitalares do CHP. Atualmente, o processo é moroso e realizado manualmente pelos profissionais codificadores, não havendo centralização e unificação da informação e dos processos associados à codificação de uma alta hospitalar.

Deste modo, surgiu este caso de estudo, em que foi desenvolvida uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM, que corresponde à versão atual de codificação clínica usada pela instituição de saúde, de forma a auxiliar e simplificar o trabalho dos profissionais codificadores.

A codificação de processos de altas hospitalares é realizada de modo a posteriormente possibilitar o agrupamento de episódios em Grupos de Diagnósticos Homogéneos (GDHs) que correspondem a grupos clinicamente coerentes e similares do ponto de vista do consumo de recursos [15, 16].

A principal motivação da implementação deste sistema de classificação reside no facto de proporcionar um sistema financeiro e de classificação de doentes, tentando conter os custos e desperdícios associados à prestação de cuidados de saúde [47, 48, 49].

Assim, nas próximas secções deste capítulo é descrito todo o conteúdo relativo à definição, desenvolvimento e uso da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM, incluindo uma discussão dos resultados alcançados e uma breve conclusão e trabalho futuro de forma a finalizar o capítulo.

7.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

Os Grupos de Diagnósticos Homogéneos (GDHs) consistem num sistema de classificação de doentes internados em hospitais de agudos em grupos clinicamente coerentes e similares do ponto de vista do consumo de recursos, de forma a melhorar a gestão e o planeamento do orçamento das instituições de saúde e reduzir, assim, os custos associados à prestação de cuidados de saúde [15, 16, 47, 48, 49].

Por outro lado, a codificação clínica ICD-9-CM é usada para efeitos de codificação das altas hospitalares em termos de diagnósticos e procedimentos, possibilitando o agrupamento de processos em GDHs [50] (ver descrição pormenorizada dos conceitos na Secção 2.4 do Capítulo 2).

No Centro Hospitalar do Porto (CHP) não existe qualquer tipo de ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM que permita codificar os processos das altas hospitalares em termos de diagnósticos, causas externas, morfologia tumoral e procedimentos. No caso de ocorrer uma alta hospitalar no CHP, qualquer tipo de codificação de um processo é realizada e guardada manualmente pelos profissionais codificadores, não se aproveitando adequadamente os recursos disponíveis, e gerando-se, assim, desperdícios de tempo consideráveis.

Deste modo, emergiu a oportunidade de realizar este caso de estudo em que o seu foco tem como base o desenvolvimento de raiz de uma ferramenta de prática clínica para auxiliar os profissionais codificadores no seu trabalho, isto é, uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM dos processos gerados em caso de altas hospitalares. Deste modo, pretende-se simplificar e aumentar a qualidade de trabalho dos profissionais codificadores ao substituir um trabalho demorado e cansativo num processo mais rápido e intuitivo através de uma ferramenta *Web*. Assim, o seu desenvolvimento e utilização permite centralizar um conjunto de tarefas dispersas, realizadas atualmente manualmente pelos profissionais codificadores, numa única aplicação computacional.

Por outro lado, projeta-se, igualmente, incentivar e motivar os profissionais codificadores a realizar mais codificações clínicas daquelas que já realizam presentemente. Para além do desenvolvimento e da disponibilização de uma nova ferramenta de codificação clínica que permite facilitar a execução das suas tarefas, os profissionais de saúde, que usam e executam processos de codificações recorrendo à ferramenta, são também beneficiados monetariamente. Assim, a ferramenta informática será igualmente usada de modo a registar e avaliar o desempenho de cada profissional codificador.

É de salientar que a aplicação *Web* é parte integrante de um sistema de gestão de codificação de processos de altas hospitalares já existente e é acedida pelos profissionais codificadores a partir da mesma via *login*. O sistema de gestão permite aceder aos processos a codificar, pendentes, a recodificar, e os já codificados, redirecionando para o módulo correspondente da aplicação *Web* desenvolvida.

7.3 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA SOLUÇÃO

A aplicação *Web* foi criada para auxiliar os profissionais codificadores nas suas tarefas de codificações clínicas dos processos de altas hospitalares no Centro Hospitalar do Porto (CHP) para, seguidamente, proceder ao agrupamento de doentes em grupos clinicamente coerentes e similares do ponto de vista do consumo de recursos, isto é, Grupos de Diagnósticos Homogéneos (GDHs). Deste modo, a ferramenta informática permite definir o conjunto de bens e serviços que cada doente recebe em função das suas necessidades e da patologia que o levou ao internamento, bem como o processo de tratamento definido.

É também de salientar que, como foi referido anteriormente, a ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM não foi desenvolvida para avaliar o desempenho clínico, mas sim o desempenho codificador, isto é, o desempenho dos profissionais codificadores, assim como incentivar e motivar a realização das suas tarefas. Por outro lado, ao substituir um processo anteriormente realizado manualmente pelos profissionais codificadores por uma aplicação *Web* acedida via um *Web browser*, prevê-se uma diminuição considerável dos desperdícios de tempo e um melhor aproveitamento das ferramentas e dos recursos disponíveis. Assim, pretende-se facilitar a realização de tarefas por parte dos profissionais codificadores e melhorar significativamente a sua qualidade de trabalho.

Deste modo, os principais objetivos a cumprir com o desenvolvimento da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM de processos de altas hospitalares são:

- Levantamento de requisitos necessários a nível técnico no desenho e desenvolvimento da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM através da realização de reuniões com determinados profissionais de saúde e profissionais especialistas em Sistemas de Informação (SIs) do CHP;

- Desenvolvimento de um módulo que permite a codificação de processos de altas hospitalares pelos profissionais codificadores (diagnósticos, causas externas, morfologia tumoral e procedimentos);
- Desenvolvimento de um módulo que permite a recodificação de processos de altas hospitalares já codificados pelos profissionais codificadores (diagnósticos, causas externas, morfologia tumoral e procedimentos);
- Desenvolvimento de um módulo que permite a consulta dos processos de altas hospitalares já codificados pelos profissionais responsáveis pelo agrupamento das altas hospitalares em GDHs;
- Integração de tipos de dados clínicos relevantes relativamente ao processo de uma alta hospitalar de um doente para registo, e posterior consulta, nomeadamente número de dias de VM (Ventilação Mecânica), simultaneidade e determinadas observações que possam ser relevantes;
- Integração de diversos tipos de dados clínicos relevantes para consulta relativamente ao processo de uma alta hospitalar de um doente, designadamente nome do profissional codificador, data da última gravação da codificação, registo de todas as versões anteriores da codificação, número do processo, episódio, nome do doente, sexo do doente, data de nascimento do doente, idade do doente, informações relativas aos serviços em que esteve internado o doente, código do profissional acompanhante, nome do profissional acompanhante, data de admissão do doente, data de alta do doente, dias de internamento do doente, destino do doente e relatório de internamento do doente em formato PDF;
- Implementação de um sistema de dados persistentes, isto é, de um sistema que permita gravar automaticamente ou manualmente os dados geridos na codificação de um processo de uma alta hospitalar, bem como recuperar e consultar ou modificar a informação guardada;
- Implementação e integração da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM de processos de altas hospitalares num sistema de gestão de codificação de processos de altas hospitalares já implementado numa máquina de produção do CHP.

7.4 DESENHO E DESENVOLVIMENTO

A ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM está atualmente implementada numa máquina de produção Ubuntu (*Ubuntu 14.04.3 LTS*) no Centro Hospitalar do Porto (CHP). Atualmente já é utilizada pelos profissionais codificadores do referido estabelecimento hospitalar

que participaram ou que estão atualmente a assistir a formações de codificação clínica ICD-9-CM com o propósito de utilizarem a ferramenta corretamente.

Todos os dados clínicos usados e gerados pela aplicação *Web* estão armazenados em bases de dados MySQL do CHP. Inclui informação relativa aos códigos de codificação ICD-9-CM e a respetiva designação, processos de altas hospitalares realizadas no CHP, doentes internados, profissionais acompanhantes e codificadores, utilizadores da ferramenta, assim como toda a informação gerada pelos processos de codificação realizados pelos profissionais codificadores a partir da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM.

A aplicação *Web* foi desenvolvida recorrendo à *framework* AngularJS, em JavaScript, HTML e CSS, que auxilia a conceção de *single-page applications* (SPAs) que podem ser acedidas via um *Web browser*. Por outro lado, foram usadas as linguagens de programação PHP e SQL para criar os *CRUD RESTful PHP Web services* da aplicação e aceder aos dados clínicos guardados nas bases de dados MySQL. O *Web server* em que se sustenta a aplicação corresponde ao Apache. Assim, o desenvolvimento da aplicação *Web* apoiou-se na arquitetura LAMP, isto é, usa Linux como sistema operativo (Ubuntu é um sistema operativo construído a partir do núcleo Linux), Apache como *Web Server*, MySQL como Sistema de Gestão de Bases de Dados Relacional (SGBDR) e PHP como linguagem orientada a objetos (ver Subsecção 3.4.3 do Capítulo 3).

É ainda de salientar que todas as metodologias e tecnologias associadas ao desenvolvimento desta ferramenta informática estão devidamente explicitadas e descritas no Capítulo 3 deste documento.

Assim, como foi referido anteriormente, a aplicação *Web* pode ser acedida via um *Web browser*, estando dividida em três módulos distintos, designadamente o Módulo de Codificação, Módulo de Recodificação e Módulo de Consulta. Conforme o tipo de pedido enviado no sistema de gestão de codificação de processos de altas hospitalares, a aplicação *Web* é redirecionada para o módulo correspondente na ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM.

O *link* para o qual a aplicação *Web* é redirecionada para cada tipo de pedido enviado é o seguinte:

- Módulo de Codificação: <http://IP/ghd/ghd/app/#/dashboard/table?param1=X¶m2=Y¶m3=1>;
- Módulo de Recodificação: <http://IP/ghd/ghd/app/#/dashboard/table?param1=X¶m2=Y¶m3=2>;
- Módulo de Consulta: <http://IP/ghd/ghd/app/#/dashboard/table?param1=X¶m2=Y¶m3=3>.

IP corresponde ao IP (*Internet Protocol*) da máquina de produção, e *param1* representa o identificador (ID) único da alta hospitalar, *param2* o ID único do profissional codificador e

param3 o ID do tipo de pedido que é enviado a partir do sistema de gestão de codificação de processos de altas hospitalares do CHP. X e Y representam os valores numéricos do ID da alta hospitalar e do ID do profissional codificador, respetivamente.

De seguida, segue-se a descrição das bases de dados de registo e de armazenamento de dados e, igualmente, cada um dos módulos da aplicação *Web*.

a) Bases de Dados:

Todos os registos clínicos das altas hospitalares dos doentes do CHP e a informação gerada pelos processos de codificação clínica realizados pelos profissionais codificadores estão armazenados na base de dados (BD) MySQL *codi* criada especificamente para este caso de estudo. No entanto, os dados de todos os médicos e utilizadores do CHP são extraídos da BD *SONHO_MRA* (ver Subsecção 2.2.1 do Capítulo 2).

De seguida está resumida a informação armazenada nas oito tabelas dispersas pelas duas BDs associadas ao funcionamento da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM:

- *codi.icd9cm_lista*: lista de todos os códigos e designação dos diagnósticos, causas externas, morfologia tumoral e procedimentos da codificação clínica ICD-9-CM;
- *codi.wlist_altas*: conjunto de dados relativos às altas hospitalares realizadas no CHP, incluindo o número de processo, número de episódio e determinados dados clínicos do doente;
- *codi.processos_ant_log*: listagem dos registos de processos a codificar, bem como um conjunto de dados relativos à versão atual do processo de codificação;
- *codi.processos_anteriores*: lista dos processos que já foram codificados pelos profissionais codificadores, incluindo um atributo para o *path* do ficheiro JSON onde os dados estão armazenados;
- *codi.waltas_move*: conjunto de dados sobre o processo de codificação das altas hospitalares, incluindo as datas de início e de fim da codificação clínica pelos profissionais codificadores;
- *codi.lista_transf_altas*: conjunto de dados dos serviços do CHP pelos os quais o doente já esteve internado;
- *SONHO_MRA.local_sys_medicos*: registo de um conjunto de informação de todos os médicos do CHP;
- *SONHO_MRA.lista_users*: registo de todos os utilizadores do CHP.

Na Figura 19 está representado o modelo relacional da BD *codi*, incluindo as tabelas e os respetivos atributos, que foi desenhado recorrendo à ferramenta MySQL Workbench.

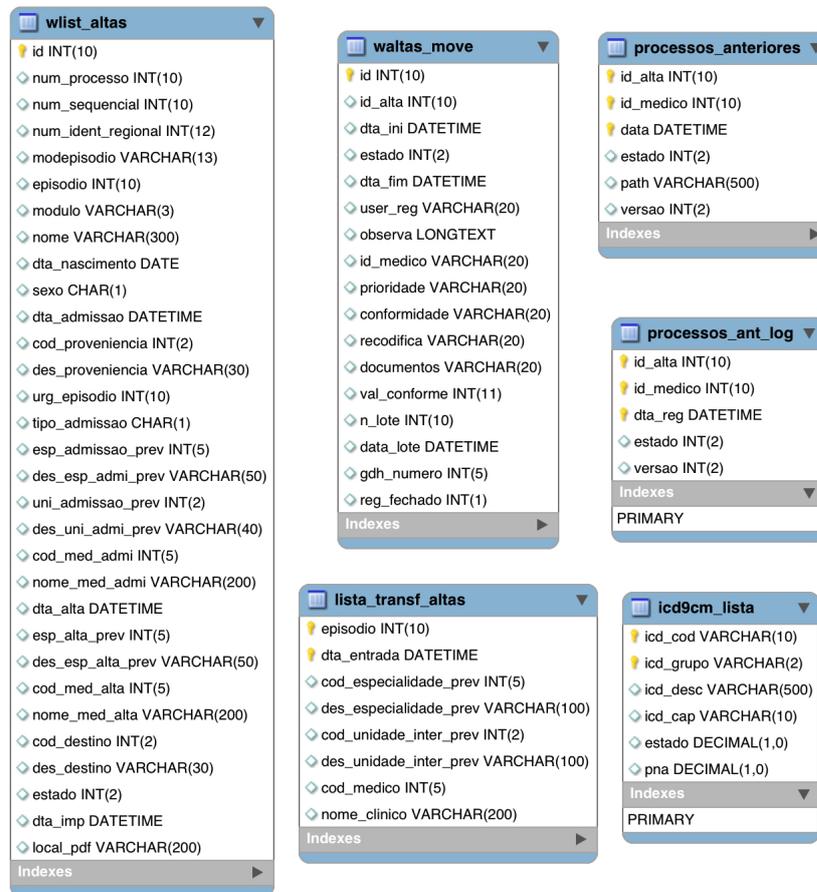


Figura 19.: Modelo relacional das tabelas da base de dados *codi* da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM.

b) Módulo de Codificação:

Tal como descrito anteriormente, o Módulo de Codificação da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM é acedido a partir do link <http://IP/ghd/ghd/app/#/dashboard/table?param1=X¶m2=Y¶m3=1>, sendo que *IP* corresponde ao IP da máquina de produção, e *X* e *Y* representam os valores numéricos do ID único da alta hospitalar e do ID único do profissional codificador, respetivamente.

Neste módulo, os profissionais codificadores podem proceder à codificação pendente de um processo de uma alta hospitalar de um doente do CHP. A *interface* do Módulo de Codificação divide-se em sete componentes principais: *Informações Doente*, *Diagnósticos*, *Causas Externas*, *Morfologia Tumoral*, *Procedimentos*, *Observações* e *Relatório de Internamento*.

Na componente *Informações Doente* consta um conjunto de dados clínicos do doente que esteve internado no CHP e informação do processo de codificação clínica da alta hospitalar associado ao doente, nomeadamente:

- Nome do profissional codificador;

- Data da última gravação da codificação;
- Registo de todas as versões anteriores da codificação;
- Número do processo;
- Episódio;
- Nome do doente;
- Sexo do doente;
- Data de nascimento do doente;
- Idade do doente;
- Informações relativas aos serviços em que esteve internado o doente;
- Código do profissional acompanhante;
- Nome do profissional acompanhante;
- Data de admissão do doente;
- Data de alta do doente;
- Dias de internamento do doente;
- Simultaneidade;
- Número de dias de VM (Ventilação Mecânica);
- Destino.

É igualmente a partir da componente *Informações Doente* que é possível gravar a codificação (botão Gravar) e enviá-la, isto é, gravar a codificação e, seguidamente, encerrar o processo de codificação que redireciona a aplicação *Web* para o Módulo de Consulta (botão Enviar).

Na Figura 20 está apresentado um exemplo da componente *Informações Doente* de uma codificação já realizada da alta hospitalar com ID 3033 e ID do profissional codificador 5785.

The screenshot shows a web interface titled 'Informações Doente' with a header bar containing the text '(Nome do Codificar: [redacted], Data Última Gravação: 2016-09-20 08:37:06)'. On the right side of the header are three buttons: 'Versões Anteriores', 'Gravar', and 'Enviar'. Below the header is a grid of information:

Número Processo: 1326896	Episódio: 16011919	Nome: [redacted]	Sexo: F	Data Nascimento: 1971-08-19	Idade: 45 Anos	<input checked="" type="checkbox"/> Ver Serviços	Nº de Dias de VM: <input type="text"/>
Código Médico: 52946	Médico: [redacted]	Data Admissão: 2016-04-27 10:13:00	Data Alta: 2016-06- 14 07:50:00	Dias Internamento: 48	<input type="checkbox"/> Simultaneidade		
Destino: FALECIDO SEM AUTOPSIA							

Figura 20.: Interface do Módulo de Codificação da componente *Informações Doente* da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM.

Através da componente *Diagnósticos* é possível proceder à codificação clínica ICD-9-CM de todos os diagnósticos associados ao doente. O registo de um diagnóstico inclui a sua inserção através da sua designação ou do seu código, assim como PNA (Presente na Admissão). O registo de uma causa externa, através da componente *Causas Externas*, inclui também a sua inserção pela designação ou pelo código, bem como PNA. Por outro lado, uma morfologia tumoral é registada a partir da componente *Morfologia Tumoral*, recorrendo unicamente à sua designação ou ao seu código. Relativamente à componente *Procedimentos*, para além da inserção de um novo procedimento através da sua designação ou do seu código, ainda é necessário indicar a existência ou não de bilateralidade, isto é, se o procedimento é bilateral ou unilateral, respetivamente. A ferramenta ainda inclui a componente *Observações* que permite a entrada livre de qualquer tipo de conteúdo em formato de texto relativamente ao processo de codificação de uma alta hospitalar.

Na Figura 21 está apresentado um exemplo das componentes *Diagnósticos*, *Causas Externas*, *Morfologia Tumoral* e *Procedimentos* da mesma codificação da alta hospitalar com ID 3033 e ID do profissional codificador 5785.

The figure displays four panels from the ICD-9-CM coding interface, each with a table of entries. The panels are: **Diagnósticos**, **Causas Externas**, **Procedimentos**, and **Morfologia Tumoral**. Each panel has a header bar with its name and a table with columns for Designação, Código, and PNA. The 'Diagnósticos' panel has two rows. The 'Causas Externas' panel has two rows. The 'Procedimentos' panel has two rows and includes a 'Bilateralidade' column with checkboxes. The 'Morfologia Tumoral' panel has two rows. Each table has a '+' icon at the bottom right for adding new entries and a trash icon in the last column for deleting existing ones.

Diagnósticos				
	Designação	Código	PNA	
P	perturbacao autista, estado actual ou activo	29900	S	
2	mieloma multiplo, sem mencao de ter alcançado remissi	20300	S	

Causas Externas				
	Designação	Código	PNA	
	reacoes adversas a drogas anti-neoplasicas ou imuno-si	E9331	S	
	acidente de caminho de ferro p/colisao c/material rolan	E8002	N/A	

Procedimentos				
	Designação	Código	Bilateralidade	
1	injeccao de substancia destrutiva no canal medular	038	<input type="checkbox"/>	
2	injeccao retrobulbar de agente terapeutico	1691	<input type="checkbox"/>	

Morfologia Tumoral				
	Designação	Código		
	neoplasia, incerta se benigna ou maligna	M80001		
	neoplasia metastatica	M80006		

Figura 21.: Interface do Módulo de Codificação das componentes *Diagnósticos*, *Causas Externas*, *Morfologia Tumoral* e *Procedimentos* da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM.

Assim, a partir das setas da primeira coluna das componentes *Diagnósticos*, *Causas Externas* e *Morfologia Tumoral* é possível associar cada causa externa adicionada e cada morfologia tumoral ao diagnóstico correspondente. Ao carregar nas setas é possível visualizar os elementos de cada componente já associados e guardados.

Por outro lado, é possível adicionar novas linhas nas componentes *Diagnósticos*, *Causas Externas*, *Morfologia Tumoral* e *Procedimentos* (ícone +) e, igualmente, apagar linhas já adicionadas e guardadas recorrendo à opção da última coluna presente em cada componente.

Por fim, a componente *Relatório de Internamento* consiste num documento em formato PDF contendo informações relativas ao doente no seu processo de internamento e de alta hospitalar no CHP. O relatório de internamento inclui notas de transferência e diários.

É de notar que todos os dados relativos à codificação de um processo de uma alta hospitalar são guardados num ficheiro no formato JSON e, também, que a informação é recuperada quando solicitada a partir do mesmo ficheiro.

c) Módulo de Recodificação:

Seguidamente, o Módulo de Recodificação da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM é acedido a partir do link <http://IP/ghd/ghd/app/#/dashboard/table?param1=X¶m2=Y¶m3=2>, sendo que *IP* corresponde ao IP da máquina de produção, e *X* e *Y* representam os valores numéricos do ID único da alta hospitalar e do ID único do profissional codificador, nesta ordem.

O processo de recodificação de uma alta hospitalar funciona da mesma maneira do que o processo de codificação recorrendo ao Módulo de Codificação. A recodificação de uma alta hospitalar já previamente codificada pode ser realizada por qualquer profissional codificador que tenha diploma de formação para realizar codificações clínicas.

Na Figura 22 está apresentado um exemplo da *interface* (incompleta) de uma recodificação já realizada da alta hospitalar com ID 3033 e ID do profissional codificador 5785, incluindo a simulação de realização de uma associação entre determinada causa externa e um diagnóstico.

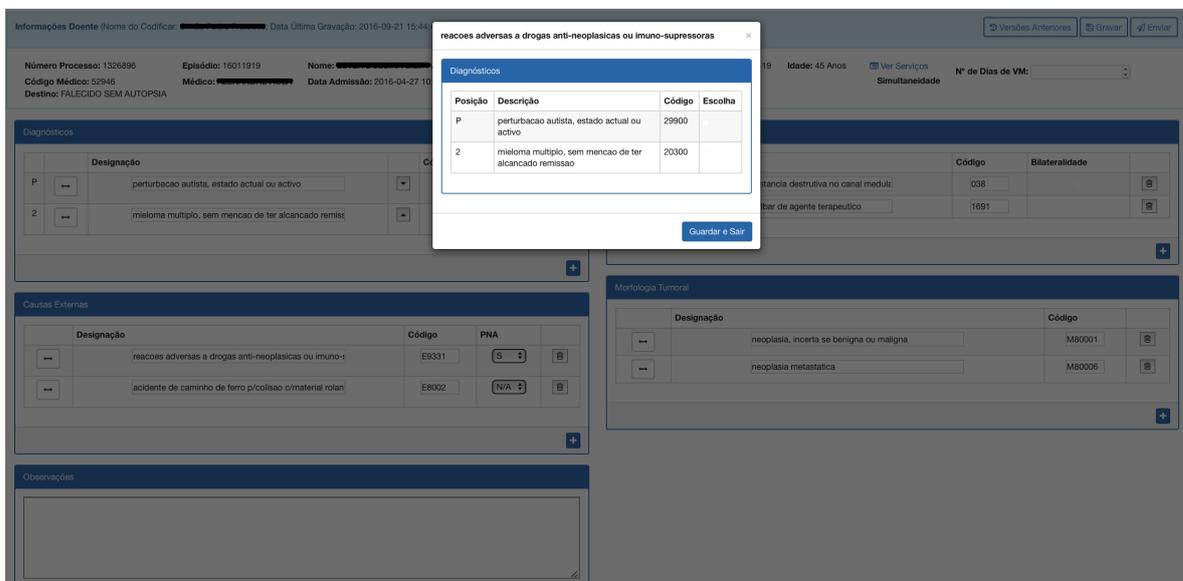


Figura 22.: *Interface* do Módulo de Recodificação da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM.

Todas as versões de recodificação de um processo de uma alta hospitalar são guardadas em ficheiros no formato JSON. A última versão dos ficheiros guardados corresponde à informação que é recuperada aquando um novo pedido de recodificação por um profissional codificador.

d) Módulo de Consulta:

Por fim, o Módulo de Consulta da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM é acessado a partir do link <http://IP/ghd/ghd/app/#/dashboard/table?param1=X¶m2=Y¶m3=3>, em que IP corresponde ao IP da máquina de produção, e X e Y representam os valores numéricos do ID único da alta hospitalar e do ID único do profissional codificador, por essa ordem.

Este módulo permite a consulta do conjunto de dados da última versão de um processo de codificação clínica de uma alta hospitalar. Assim, o Módulo de Consulta permite unicamente a visualização de todos os dados guardados e gerados aquando a codificação de um processo, não permitindo a edição dos campos de dados já guardados.

Na Figura 23 está apresentada um exemplo da interface de uma consulta de codificação já realizada no CHP, nomeadamente da alta hospitalar com ID 3033 e ID do profissional codificador 5785, incluindo as componentes *Informações Doente*, *Diagnósticos*, *Causas Externas*, *Morfologia Tumoral*, *Procedimentos* e *Observações*.

Informações Doente (Nome do Codificador: ██████████, Data Última Gravação: 2016-09-24 02:16:57)

Número Processo: 1326896 Episódio: 16011919 Nome: ██████████ Sexo: F Data Nascimento: 1971-08-19 Idade: 45 Anos Ver Serviços Nº de Dias de VM:

Código Médico: 52946 Médico: ██████████ Data Admissão: 2016-04-27 10:13:00 Data Alta: 2016-06-14 07:50:00 Dias Internamento: 48 Simultaneidade

Destino: FALECIDO SEM AUTOPSIA

Diagnósticos

	Designação	Código	PNA
P	perturbacao autista, estado actual ou activo	29900	S
2	mieloma multiplo, sem mencao de ter alcançado remissao	20300	S

Procedimentos

	Designação	Código	Bilateralidade
1	injeccao de substancia destrutiva no canal medular	038	-
2	injeccao retrobulbar de agente terapeutico	1691	-

Causas Externas

	Designação	Código	PNA
	rescoas adversas a drogas anti-neoplasicas ou imuno-	E0331	S
	<ul style="list-style-type: none"> Pos: P - Desc: perturbacao autista, estado actual ou activo - Cod: 29900 Pos: 2 - Desc: mieloma multiplo, sem mencao de ter alcançado remissao - Cod: 20300 		
	isidente de caminho de ferro p/colisao c/material rolan	E8002	N/A

Morfologia Tumoral

	Designação	Código
	neoplasia, incerta se benigna ou maligna	M80001
	neoplasia metastatica	M80006
	<ul style="list-style-type: none"> Pos: P - Desc: perturbacao autista, estado actual ou activo - Cod: 29900 	

Observações

[Consultar PDF](#) [Gerar PDF](#)

Figura 23.: Interface do Módulo de Consulta da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM.

É de notar que o Módulo de Consulta inclui igualmente a componente *Relatório de Internamento* que pode ser visualizada numa janela externa através da opção disponibilizada (*Consultar PDF*).

Ainda é possível gerar um documento em formato PDF com toda a informação disponibilizada na *interface* recorrendo à opção *Gerar PDF*.

7.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A realização deste caso de estudo possibilitou o desenvolvimento de uma ferramenta de prática clínica, nomeadamente de uma ferramenta informática *user-friendly* de codificação clínica ICD-9-CM. A aplicação *Web* está implementada numa máquina de produção do Centro Hospitalar do Porto (CHP), já estando atualmente a ser utilizada pelos profissionais codificadores do estabelecimento hospitalar a fim de proceder à codificação clínica de processos de altas hospitalares de doentes internados no CHP. Nos próximos anos, prevê-se a contínua disponibilidade e expansão da aplicação *Web*.

Assim, com o uso da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM pelos profissionais codificadores, conta-se com uma diminuição significativa dos desperdícios de tempo ao auxiliar a realização de codificações de processos de altas hospitalares com uma ferramenta informática. O aproveitamento dos recursos e ferramentas informáticas atualmente disponíveis é uma mais-valia para seus utilizadores, uma vez que facilita o trabalho dos profissionais de saúde, e aumenta a sua capacidade e rapidez de trabalho ao diminuir o número de tarefas necessário para realizar determinada codificação. Desta forma, o desenvolvimento da ferramenta clínica permite centralizar um conjunto de tarefas e de informação numa única aplicação, beneficiando grandemente os seus utilizadores.

Por fim, o principal objetivo para o desenvolvimento desta ferramenta reside em avaliar o desempenho dos profissionais codificadores e incentivar assim a realização de mais codificações. Combinando o uso de uma nova ferramenta informática, que simplifica o trabalho dos profissionais codificadores, aos benefícios monetários atribuídos aos que realizam codificações, prevê-se um aumento significativo da realização de processos de codificações clínicas no CHP. Isto de forma a, seguidamente, facilitar o agrupamento de processos em Grupos de Diagnósticos Homogéneos (GDHs), isto é, um sistema financeiro que permite gerir os custos e desperdícios associados à prestação de cuidados de saúde.

7.6 CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo foi apresentado o quarto e último caso de estudo desenvolvido no âmbito deste projeto de dissertação. Resumindo, consistiu na criação e na disponibilização de uma nova ferramenta de prática clínica, isto é, de uma ferramenta de codificação clínica

ICD-9-CM para codificar processos de altas hospitalares de doentes internados no Centro Hospitalar do Porto (CHP).

Como foi referido ao longo deste capítulo, as principais vantagens e contributos do desenvolvimento e do uso desta aplicação *Web* reside na centralização da informação e tarefas associadas à codificação de altas hospitalares, aumento da produtividade e diminuição dos desperdícios de tempo. Consequentemente, ambiciona-se um melhoramento da qualidade e rapidez do trabalho realizado pelos profissionais codificadores.

Relativamente ao trabalho futuro, antevê-se a adição de um módulo de *Business Intelligence* (BI) na ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM, isto é, um módulo com indicadores clínicos e de desempenho. Pretende-se a inserção de indicadores que apresentem a associação entre o número de processos codificados e cada profissional codificador, bem como a evolução temporal do número de processos codificados por determinado profissional codificador. Assim, o principal objetivo da inserção deste módulo é estudar e analisar o desempenho dos profissionais codificadores, isto é, identificar, por exemplo, os profissionais codificadores que mais codificam e os que menos codificam. Desta forma, procura-se incentivar ainda mais o aumento da produção dos médicos, sabendo que já são premiados monetariamente pelo seu trabalho.

Por fim, prevê-se também a substituição da codificação clínica ICD-9-CM pela versão ICD-10-CM, até ao final do presente ano (2016), procedendo-se assim à atualização dos códigos e das designações da tabela *icd9cm.lista* da base de dados *codi* que corresponde ao registo dos dados de diagnósticos, causas externas, morfologia tumoral e procedimentos. Deste modo, os profissionais codificadores vão ter de assistir a novas aulas de formação de codificação clínica devido à sua atualização.

PROVA DE CONCEITO

Este capítulo é composto por quatro secções que se referem à realização da prova de conceito das ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica desenvolvidas no decorrer deste projeto de dissertação.

Assim, a primeira secção (Secção 8.1) introduz o capítulo, seguindo-se a Secção 8.2 que descreve a análise *Strengths Weaknesses Opportunities and Threats* (SWOT) realizada a ambas as ferramentas desenvolvidas e que inclui um enquadramento teórico do conceito. Na Secção 8.3 é apresentado o estudo de usabilidade realizado à plataforma de *Business Intelligence* (BI) que consiste num questionário *online* integrado na aplicação *Web*, destinado aos seus futuros utilizadores, de modo a proceder à sua avaliação. Por fim, é feita uma breve conclusão (Secção 8.4) relativamente ao conteúdo descrito neste capítulo.

8.1 INTRODUÇÃO

Na área da Tecnologia de Informação (TI), qualquer tipo de projeto de desenvolvimento deve ser submetido a avaliações antes de ser disponibilizado para os seus utilizadores, procedendo-se primeiramente à sua instalação, teste e avaliação em ambiente de não-produção. Assim sendo, é crucial seguir uma série de testes de modo a avaliar a ferramenta em questão, nomeadamente no que diz respeito ao cumprimento ou não dos objetivos pré-definidos antes de se iniciar o processo de desenvolvimento.

Assim, uma prova de conceito foi realizada de forma a provar a viabilidade e a utilidade das ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica, sendo assim suscetíveis de serem exploradas de maneira útil. Esta metodologia de investigação está brevemente descrita na Secção 3.5 do Capítulo 3 deste documento.

Neste projeto, este processo concretizou-se pela realização de uma análise *Strengths Weaknesses Opportunities and Threats* (SWOT) a ambas as ferramentas e de um estudo de usabilidade à plataforma de *Business Intelligence* (BI). É de notar que ainda não foi realizado um estudo de usabilidade para a ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM por já se encontrar implementada e usada pelos profissionais codificadores do Centro Hospitalar do Porto

(CHP). Planifica-se, assim, a realização futura e breve de um estudo preciso e detalhado de acordo com os comentários dos seus utilizadores após uma utilização e uma análise mais esmiuçadas.

Nas próximas secções é descrita a prova de conceito realizada no âmbito deste projeto de dissertação.

8.2 ANÁLISE SWOT

Na Secção 8.2 é apresentada a análise SWOT (*Strengths Weaknesses Opportunities and Threats*) realizada a ambas as ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica. Inclui um enquadramento teórico da tecnologia SWOT e, igualmente, uma apresentação e descrição da análise SWOT realizada para ambas as ferramentas.

Resumindo, esta análise envolve todos os fatores internos e externos às ferramentas que possam afetar positivamente ou negativamente o seu progresso para atingir os objetivos inicialmente propostos e definidos.

8.2.1 Enquadramento Teórico

A análise SWOT (*Strengths Weaknesses Opportunities and Threats*), ou FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças) em português, é uma ferramenta utilizada para estruturar um planeamento estratégico, promovendo uma análise dos pontos fortes e dos pontos fracos de uma organização (fatores internos), assim como as oportunidades e ameaças às quais a mesma está exposta (fatores externos). Assim, esta ferramenta promove uma análise dos fatores internos e dos fatores externos com o objetivo de compilar tudo numa matriz SWOT e, assim, facilitar a visualização das características de determinada solução.

Esta tecnologia divide-se em dois ambientes distintos, nomeadamente o ambiente interno e o externo. O ambiente interno refere-se à própria organização (fatores internos) e conta com as suas respetivas forças e fraquezas, isto é, os seus pontos fortes e pontos fracos, respetivamente. As forças e fraquezas são avaliadas a partir do momento atual da organização. Já o segundo ambiente, o ambiente externo, refere-se aos fatores externos fora do controlo da organização. As oportunidades e as ameaças são previsões de futuro que estão ligadas diretamente ou indiretamente aos fatores externos [106, 107].

Assim, no contexto de aplicação da análise SWOT às ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica, cada uma das características da análise SWOT pode ser resumida da seguinte forma: [106, 108]

- Forças: estão relacionadas com as vantagens que determinada ferramenta apresenta ou não em relação aos seus concorrentes, isto é, os pontos fortes;

- Fraquezas: correspondem aos pontos fracos que interferem ou prejudicam de algum modo determinada ferramenta;
- Oportunidades: são fatores externos que influenciam positivamente determinada ferramenta;
- Ameaças: são fatores externos que influenciam negativamente determinada ferramenta.

Deste modo, a análise SWOT consegue maximizar as oportunidades do ambiente através dos pontos fortes de determinada solução e, ainda, minimizar as ameaças e os pontos fracos que a mesma possui. Deve ser usada por qualquer organização que deseja tornar-se competitiva no mercado em que atua [107].

Na Figura 24 está esquematizada a análise SWOT e as suas características anteriormente descritas, nomeadamente os fatores internos (organização) e fatores externos (ambiente).



Figura 24.: Matriz da análise *Strengths Weaknesses Opportunities and Threats* (adaptado de [106]).

Deste modo, nas subsecções 8.2.2 e 8.2.3 desta secção é apresentada a análise SWOT realizada à plataforma de *Business Intelligence* (BI) e à ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM, respetivamente.

8.2.2 Plataforma de Business Intelligence

Após vários testes e apreciações à plataforma de *Business Intelligence* (BI), foram identificadas as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças associadas à ferramenta.

Relativamente às forças (pontos fortes) foram identificados os seguintes pontos:

- Elevada escalabilidade: arquitetura de fácil manutenção e de simples execução da expansão das suas funcionalidades;
- Ferramenta com uma arquitetura adequada à sua adaptação a diferentes casos práticos, em diversas áreas de estudo, incluindo a possibilidade de personalizá-la dependendo do tema em questão;
- Centralização e unificação de diversas funcionalidades numa única ferramenta com características inovadoras;
- Diminuição dos desperdícios de tempo no desenvolvimento de plataformas de BI ao disponibilizar uma ferramenta facilmente e rapidamente adaptável a diferentes casos de estudo;
- Elevada usabilidade: ferramenta intuitiva e de fácil utilização (*user-friendly*);
- Ao contrário da implementação de muitos sistemas de BI, não requer que outras aplicações externas estejam ativas ao usar diretivas da *framework* AngularJS para a visualização dos dados, isto é, diagramas e tabelas.

Por outro lado, foram igualmente identificadas as fraquezas (pontos fracos) do sistema:

- Requer ligação à *Intranet*;
- Aquando pedidos de informação a bases de dados com uma elevada quantidade de dados, o Módulo de *Business Intelligence* apresenta um funcionamento mais lento do que os restantes módulos da aplicação.

No que diz respeito às oportunidades, que correspondem aos fatores externos que influenciam positivamente a plataforma de BI, pode-se enumerar:

- Redução do erro médico;
- Expansão do conjunto de dados clínicos armazenados nos Sistemas de Informação Hospitalar (SIHs) de modo a gerar mais indicadores clínicos e de desempenho;
- Implementação de novos módulos, componentes e funcionalidades;
- Aplicação e utilização da plataforma de BI em mais casos de estudo.

Por fim, é possível ainda destacar as seguintes possíveis ameaças ao sistema:

- A reticência em aderir a novas tecnologias por parte dos profissionais de saúde;
- Problemas de conectividade de rede à *Intranet*;
- Possibilidade de concorrência e competitividade por parte de outras ferramentas.

8.2.3 Ferramenta de Codificação Clínica ICD-9-CM

A par do que foi realizado para a plataforma de *Business Intelligence* (BI), a ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM foi igualmente submetida à análise SWOT (*Strengths Weaknesses Opportunities and Threats*). Assim, foram identificadas as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças associadas à mesma.

Deste modo, como forças ou pontos fortes do sistema de codificação clínica foram identificados os seguintes pontos:

- Centralização e unificação da informação e das tarefas associadas ao processo de codificação clínica de altas hospitalares numa única ferramenta;
- Elevada escalabilidade: arquitetura de fácil manutenção e de simples execução da expansão das suas funcionalidades;
- Aplicação *Web* facilmente adaptável a diferentes instituições de saúde que possam necessitar deste tipo de ferramenta clínica;
- Elevada usabilidade: ferramenta intuitiva e de fácil utilização (*user-friendly*);
- Aumento da qualidade e rapidez de trabalho dos profissionais codificadores ao passar a usar uma ferramenta informática, diminuindo-se assim os desperdício de tempo;
- Aumento do incentivo e da motivação da execução de processos de codificações clínicas pelos profissionais codificadores.

Relativamente às fraquezas (pontos fracos) é possível destacar:

- Requer ligação à *Intranet*;
- Devido à grande quantidade de dados armazenados na tabela com a listagem de todos os códigos e das designações de codificação clínica ICD-9-CM, o pedido de consulta e a escolha de um dos seus elementos aquando a sua adição na ferramenta pode tornar-se um processo mais moroso;

- Às vezes falha o carregamento da componente *Relatório de Internamento* (documento em formato PDF) devido à falta de atribuição de permissões à pasta associada ao ficheiro em questão. Nesses casos, é necessário proceder manualmente à adição das permissões à pasta.

Por outro lado, a aplicação *Web* possui igualmente algumas oportunidades associadas, nomeadamente:

- Redução do erro médico;
- Benefícios monetários atribuídos aos profissionais codificadores que usam a ferramenta para codificar processos de altas hospitalares;
- Futura atualização da versão de codificação clínica para a ICD-10-CM;
- Implementação de novos módulos, componentes e funcionalidades.

Por fim, as ameaças identificadas são as que estão, seguidamente, enumeradas:

- A reticência em aderir a novas tecnologias por parte dos profissionais de saúde;
- Problemas de conectividade de rede à *Intranet*;
- Possibilidade de concorrência e competitividade por parte de outras ferramentas.

8.3 ESTUDO DE USABILIDADE

De forma a estudar possíveis alterações ou ajustes a serem efetuados na plataforma de *Business Intelligence* (BI), assim como detetar falhas que possam ter ocorrido no seu desenvolvimento, a ferramenta de apoio à decisão clínica foi submetida a um estudo de usabilidade.

Para tal, foi realizado um estudo de usabilidade *online*, integrado na aplicação *Web*, de modo a averiguar a opinião dos futuros utilizadores da plataforma de BI. Optou-se pelo desenvolvimento de um questionário por corresponder a um método direto e rápido de realizar e, adicionalmente, facilitar grandemente a futura análise dos seus resultados.

Como referido anteriormente, um estudo de usabilidade ainda não foi realizado com a ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM por só se projetar a sua realização após uma utilização e uma análise mais esmiuçadas por parte dos profissionais codificadores que já estão atualmente a usar a ferramenta no Centro Hospitalar do Porto (CHP).

8.3.1 Plataforma de Business Intelligence

Assim, foi redigido um questionário com o objetivo de proceder à avaliação da plataforma de *Business Intelligence* (BI) por partes dos seus futuros utilizadores. Conforme os comentários dos mesmos, será possível proceder a possíveis adições, remoções ou correções de determinados módulos, componentes e funcionalidades na ferramenta *Web*.

No âmbito deste projeto, o estudo de usabilidade consistiu na adição de dois submódulos no Módulo Área de Utilizador da plataforma de BI, nomeadamente os submódulos *Questionário* e *Sugestões*. Deste modo, optou-se pela realização de um estudo de usabilidade *online* integrado na ferramenta *Web* uma vez que, desta forma, é mais facilmente transmitido ao público-alvo num curto espaço de tempo e com menores custos associados, facilitando também a futura análise dos resultados alcançados.

É importante referir que as respostas só vão começar a ser aceites no futuro, uma vez que a aplicação *Web* ainda se encontra numa fase inicial de testes preliminares.

De seguida são apresentados e descritos os dois submódulos, *Questionário* e *Sugestões*, integrados no Módulo Área de Utilizador da plataforma de BI, que permitem concretizar a realização de um estudo de usabilidade.

a) Submódulo Questionário:

Como referido no Capítulo 4, o submódulo *Questionário* do Módulo Área de Utilizador da plataforma de BI está dividido nas seguintes abas:

- Submeter: apresentação do questionário para o seu preenchimento pelos utilizadores da plataforma de BI e a sua consequente submissão;
- Consultar: consulta de todas as submissões de respostas ao questionário da plataforma de BI pelo seus utilizadores;
- Estudo de usabilidade: apresentação de indicadores para fins estatísticos, nomeadamente: i) diagrama circular da contagem das respostas por grupo profissional; ii) diagrama circular da contagem das respostas pelo módulo mais utilizado; iii) média de cada uma das notas de avaliação da aplicação (*design*, linguagem, organização da informação, rapidez da aplicação, fiabilidade do sistema e média geral).

De modo a avaliar a aceitação, utilidade, viabilidade e usabilidade da aplicação desenvolvida, a aba *Submeter* do submódulo *Questionário* é constituída pelas seguintes perguntas:

- Qual é o seu grupo profissional? (Opções: Médico, Enfermeiro, Técnico, Funcionário, Estudante, Outro);
- Qual é o módulo da aplicação que mais utiliza? (Opções: *Home*, *Data Warehouse*, *Business Intelligence*, *Data Mining*, Área de Utilizador);

- O *design* é agradável? (Opções: 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5);
- A linguagem utilizada é simples e adequada? (Opções: 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5);
- A informação está bem organizada? (Opções: 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5);
- A aplicação é rápida? (Opções: 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5);
- A aplicação é fiável não apresentando falhas? (Opções: 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5);
- Quais as principais falhas que consegue apontar? (Opção: Entrada livre de conteúdo em formato de texto);
- No geral, qual a sua avaliação à ferramenta? (Opções: 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5).

Associada a cada pergunta, entre parênteses, estão explicitadas as opções disponibilizadas ao utilizador para escolha de forma a responder ao questionário e, deste modo, avaliar a plataforma *Web*. Inclui uma avaliação qualitativa e quantitativa de diversos parâmetros, sendo que a avaliação quantitativa é realizada atribuindo uma nota entre o valor numérico 1 e 5 ao parâmetro em questão (Opções: 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5).

Assim, o objetivo principal da realização deste questionário foca-se na identificação do que poderia ser alterado no sistema com o objetivo de promover uma melhor aceitação do mesmo por parte dos seus utilizadores, bem como também detetar possíveis falhas. Por outro lado, foi igualmente realizado de forma a gerir indicadores para fins estatísticos e análise. Posto isto, pretende-se avaliar a viabilidade e a utilidade da ferramenta de apoio à decisão clínica, sendo uma mais-valia para o seu contínuo processo de manutenção, desenvolvimento e expansão.

Na Figura 25 estão representados exemplos dos indicadores apresentados na aba *Estudo de Usabilidade* do submódulo *Questionário* da plataforma de BI, nomeadamente a contagem das respostas por grupo profissional num diagrama circular, a contagem das respostas pelo módulo mais utilizado, também num diagrama circular, e a média das notas de avaliação da aplicação na forma de uma tabela.

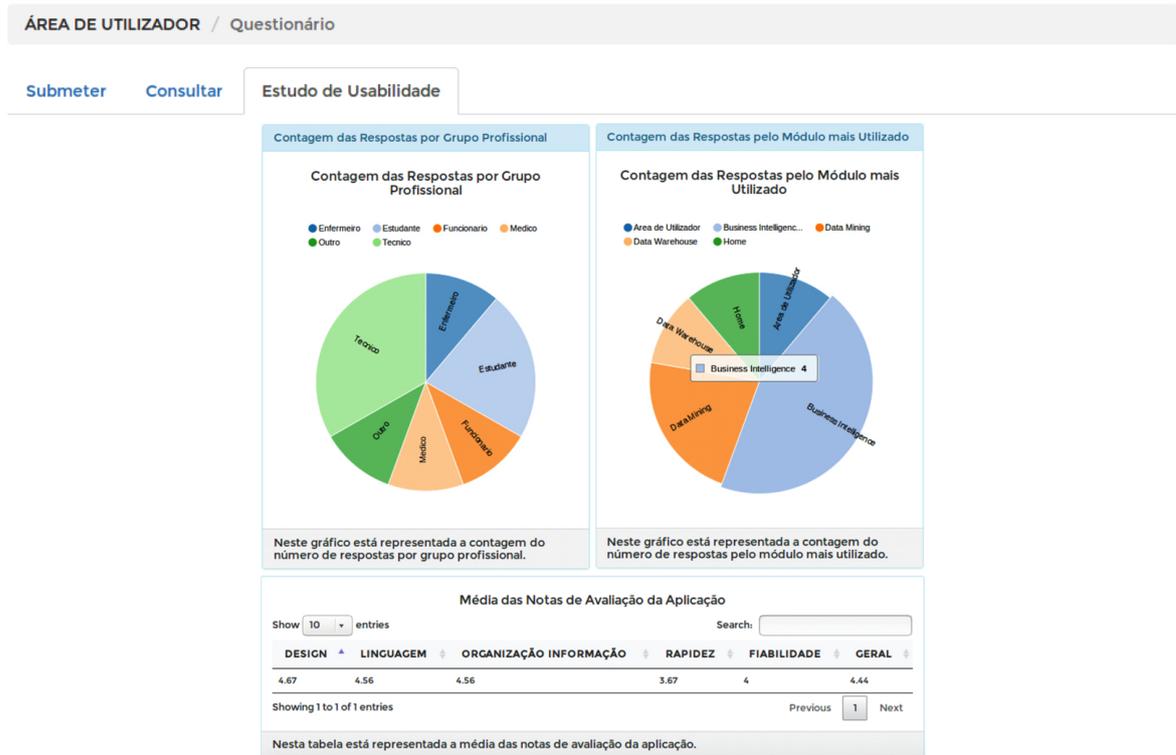


Figura 25.: Exemplos dos indicadores apresentados na aba *Estudo de Usabilidade* do submódulo *Questionário* da plataforma de *Business Intelligence*: a) Contagem das respostas por grupo profissional; b) Contagem das respostas pelo módulo mais utilizado; c) Média das notas de avaliação da aplicação.

É importante salientar que os resultados apresentados na Figura 25 são uma simulação do questionário de modo a demonstrar os indicadores, designadamente a contagem das respostas por grupo profissional, a contagem das respostas pelo módulo mais utilizado e a média das notas de avaliação da aplicação (*design*, linguagem, organização da informação, rapidez da aplicação, fiabilidade do sistema e média geral).

b) Submódulo Sugestões:

Como referido no Capítulo 4, o submódulo *Sugestões* do Módulo Área de Utilizador da plataforma de BI está dividido nas seguintes duas abas:

- Submeter: apresentação do formulário de sugestões para o seu preenchimento pelos utilizadores da plataforma de BI e a sua consequente submissão;
- Consultar: consulta de todas submissões de respostas ao formulário de sugestões da plataforma de BI pelo seus utilizadores.

De forma a recolher sugestões e comentários dos utilizadores da aplicação clínica, a aba *Submeter* do submódulo *Sugestões* do Módulo Área de Utilizador é constituída por um

simples formulário que permite a entrada livre e submissão de conteúdo em formato de texto pelos seus utilizadores.

Assim, com a recolha de sugestões que possam, possivelmente, melhorar a solução desenvolvida, pretende-se aumentar o grau de satisfação dos utilizadores da plataforma *Web* e identificar possíveis futuras adições, remoções ou alterações de módulos, componentes e funcionalidades na plataforma de BI.

8.4 CONCLUSÃO

Neste capítulo foi apresentada e defendida a prova de conceito dos casos de estudo realizados no âmbito deste projeto de dissertação, nomeadamente das duas ferramentas informáticas distintas desenvolvidas. Recorreu-se à análise *Strengths Weaknesses Opportunities and Threats* (SWOT) de ambas e à concretização de um estudo de usabilidade dirigido aos utilizadores da plataforma de *Business Intelligence* (BI) através de um questionário *online* integrado na aplicação *Web*.

Deste modo, no decorrer deste capítulo provou-se a viabilidade, utilidade e usabilidade da plataforma de BI, bem como da ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM. Resumindo, ambas as ferramentas apresentam uma elevada escalabilidade, isto é, a arquitetura é facilmente mantida e é simples a sua expansão através da adição de novas funcionalidades. Por outro lado, são igualmente ferramentas úteis, intuitivas e de fácil utilização (*user-friendly*), apresentando, assim, uma elevada usabilidade.

CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Esta dissertação encerra-se, então, com uma breve conclusão, onde se destacam as principais contribuições alcançadas no âmbito do desenvolvimento e da exploração de ferramentas informáticas *Web de Business Intelligence* para o apoio à decisão e a prática clínica em unidades hospitalares. Isto é, uma plataforma de *Business Intelligence* (BI), incluindo a sua aplicação a dois casos práticos, notadamente no apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias e nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO) do Centro Hospitalar do Porto (CHP), e uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*). São, igualmente, estabelecidas linhas para possível trabalho futuro nesta área.

No Capítulo 1 deste documento, mais precisamente na Secção 1.3, foram colocadas seis questões de investigação que foram respondidas diretamente ou indiretamente ao longo dos capítulos seguintes. Deste modo, nas próximas secções seguem respostas sucintas às questões colocadas inicialmente de forma a sintetizar as principais conclusões e contribuições deste projeto de dissertação, bem como sugestões para trabalho futuro.

Assim, na Secção 9.1 são expostas as principais conclusões e contribuições do trabalho desenvolvido. De seguida, na Secção 9.2, o capítulo conclui-se com uma apresentação de algumas sugestões para dar continuidade à manutenção e ao crescimento contínuo das soluções de Tecnologia de Informação (TI) propostas e desenvolvidas com o intuito de promover o seu contínuo crescimento e desenvolvimento no futuro.

9.1 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

Com a realização deste projeto de dissertação foram criados vários artefactos na área das Tecnologias de Informação (TIs), isto é, soluções de TI desenhadas e desenvolvidas de modo a responder a determinadas necessidades dos profissionais de saúde do Centro Hospitalar do Porto (CHP), nomeadamente para auxiliar a prática clínica e o processo de tomada de decisão nas suas unidades hospitalares.

Assim, a concretização deste trabalho passou por projetar, desenhar, desenvolver e implementar artefactos bem-sucedidos de TI, apoiando-se, assim, maioritariamente na metodolo-

gia de investigação *Design Science Research* (DSR), bem como num conjunto de metodologias e tecnologias disponíveis e viáveis na conceção das soluções de TI definidas. A escolha dos métodos e das ferramentas mais apropriados baseou-se nas vantagens identificadas e, por outro lado, em questões de conformidade com sistemas relacionados e as limitações associadas.

De forma a responder à **Questão de Investigação n.º 1** foi definido o primeiro caso de estudo que consistiu no desenvolvimento de uma plataforma de *Business Intelligence* (BI) *user-friendly* com características inovadoras, cuja arquitetura possa ser facilmente e rapidamente adaptada a diferentes casos práticos. Deste modo, pretende-se promover a implementação de sistemas de BI no CHP e diminuir consideravelmente os desperdícios de tempo associados à implementação de novos sistemas de BI, ao disponibilizar um conjunto de componentes de visualização de informação robustos e interativos. Ambiciona-se, igualmente, um acesso facilitado à informação de qualidade de forma a colocar o poder da descoberta de conhecimento nas mãos do utilizador final.

Seguidamente, a **Questão de Investigação n.º 2** envolveu a aplicação da plataforma de BI no apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias, isto é, foi desenvolvido e implementado um sistema de BI de listas de espera no CHP. Incluiu a construção de um *data warehouse* (DW) e a geração e a integração de um conjunto de indicadores clínicos e de desempenho na ferramenta informática, designadamente no que diz respeito ao número, tempos médio de espera e a evolução temporal das consultas e cirurgias registadas. Assim, a principal finalidade desta solução de TI reside no auxílio aos profissionais de saúde com o poder de decisão dentro da instituição de saúde ao disponibilizar o acesso à informação de qualidade e aprimorando, assim, a tomada de decisão com o tratamento e a análise da informação representada. Deste modo, potenciais riscos, inconsistências e novas estratégias e medidas organizacionais podem, por exemplo, serem facilmente identificados pelos especialistas nesta área de estudo.

Posto isto, a ferramenta de BI desenvolvida como primeiro caso de estudo deste projeto de dissertação foi igualmente aplicada no apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO), correspondendo à **Questão de Investigação n.º 3**. Englobou o estudo minucioso da plataforma de BI de GO atual do Centro Materno Infantil do Norte (CMIN), no CHP, e, posteriormente, a proposta de um novo sistema de BI de GO. Com a realização deste caso de estudo, pretendeu-se concretizar uma proposta de um protótipo inicial de um novo sistema de BI de GO no CMIN, ao atualizar e melhorar a arquitetura atual com novas funcionalidades, bem como incentivar e redivulgar o uso de uma ferramenta de BI nos cuidados materno-infantis do CMIN.

O último caso de estudo consistiu no desenho e desenvolvimento de uma ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM *user-friendly* de forma a responder à **Questão de Investigação n.º 4**. A principal finalidade deste artefacto de TI é substituir o processo moroso manual

de codificação clínica de episódios de altas hospitalares no CHP com uma ferramenta informática, a fim de aumentar a produtividade e rapidez de trabalho dos profissionais codificadores e, posteriormente, facilitar o agrupamento de doentes em Grupos de Diagnósticos Homogéneos (GDHs). Assim, um conjunto de tarefas e de informação associado ao processo de codificação clínica foi agrupado numa única aplicação *Web*, beneficiando grandemente os seus utilizadores.

Por fim, foram, igualmente, provadas a viabilidade, utilidade e usabilidade das soluções de TI definidas ao longo deste projeto de dissertação (**Questão de Investigação n.º 5**), recorrendo a aplicação da metodologia de investigação de Prova de Conceito que incluiu a realização de análises SWOT (*Strengths Weaknesses Opportunities and Threats*) e de um estudo de usabilidade. Resumindo, são ferramentas que apresentam uma elevada escalabilidade, e que são úteis, intuitivas e de fácil utilização, isto é, *user-friendly*.

9.2 TRABALHO FUTURO

Este projeto de dissertação potencializou o desenvolvimento de artefactos de Tecnologia de Informação (TI) com elevada potencialidade para expansão para, principalmente, tratamento e representação de conhecimento de qualidade, bem como auxiliar os profissionais de saúde do Centro Hospitalar do Porto (CHP) na prática clínica e no processo de tomada de decisão tendo por base a evidência.

De forma a responder à **Questão de Investigação n.º 6**, seguem-se as propostas de alteração e de melhoria das ferramentas para o apoio à decisão e a prática clínica.

Relativamente à plataforma de *Business Intelligence* (BI) pretende-se expandir os seus módulos, componentes e funcionalidades, assim como proceder à sua utilização em mais casos práticos com o propósito de incentivar o seu contínuo crescimento. No futuro, a implementação e configuração de permissões de acesso à aplicação *Web* é um dos principais objetivos a cumprir.

Por outro lado, no que diz respeito à aplicação da plataforma de BI no apoio à decisão nas listas de espera de consultas e de cirurgias, ambiciona-se o crescimento do sistema de BI ao expandir o conjunto de indicadores clínicos e de desempenho integrados na ferramenta devido ao aumento contínuo dos dados a serem registados. Antevê-se, igualmente, o desenvolvimento de modelos de previsão de *Data Mining*, incluindo a previsão dos tempos médios de espera para dar resposta a determinadas questões clínicas. Assim, pretende-se garantir o acesso a novos contributos, incluindo nova informação e conhecimento de qualidade.

Seguidamente, relativamente ao sistema de BI no apoio à decisão nos cuidados de Ginecologia e Obstetrícia (GO), pretende-se propor o sistema de BI aos profissionais de saúde da instituição de saúde. Se a proposta do protótipo inicial for aceite, o trabalho futuro

nesta área incluirá a finalização da implementação do sistema de BI, assim como a sua contínua manutenção no futuro incluindo, por exemplo, a expansão do conjunto de indicadores e de modelos de previsão de *Data Mining* integrados. Assim, projeta-se a adição e a disponibilização de novo conhecimento aos seus possíveis futuros utilizadores.

Por fim, deseja-se, por outro lado, inserir um módulo de BI na ferramenta de codificação clínica ICD-9-CM de modo a gerar indicadores de desempenho que relacionam os profissionais codificadores e o número de codificações clínicas realizadas. Prevê-se, igualmente, a atualização da versão de codificação clínica ICD-9-CM para a ICD-10-CM.

Deste modo, confirma-se que, no futuro, ambiciona-se, indubitavelmente, incentivar a contínua manutenção, crescimento e expansão das soluções inovadoras de TI implementadas na instituição de saúde.

Assim, confirma-se que todos os objetivos definidos inicialmente (ver Secção 1.3 do Capítulo 1), e enquadrados nas questões de investigação colocadas, foram cumpridos com sucesso na sua íntegra.

BIBLIOGRAFIJA

- [1] M. B. Buntin, M. F. Burke, M. C. Hoaglin, and D. Blumenthal, "The Benefits of Health Information Technology: A Review of The Recent Literature Shows Predominantly Positive Results," *Health Affairs*, vol. 30, no. 3, pp. 464–471, 2011.
- [2] N. J. Zhang, B. Seblega, T. Wan, L. Unruh, A. Agiro, and L. Miao, "Health Information Technology Adoption in U.S. Acute Care Hospitals," *Journal of Medical Systems*, vol. 37, no. 2, 2013.
- [3] I. R. Bardhan and M. F. Thouin, "Health Information Technology and its Impact on the Quality and Cost of Healthcare Delivery," *Decision Support Systems*, vol. 55, no. 2, pp. 438–449, 2013.
- [4] T. Mettler and V. Vimarlund, "Understanding Business Intelligence in the Context of Healthcare," *Health Informatics Journal*, vol. 15, no. 3, pp. 254–264, 2009.
- [5] B. Hočevar and J. Jaklič, "Assessing Benefits of Business Intelligence Systems – A Case Study," *Management*, vol. 15, no. 1, pp. 87–119, 2010.
- [6] J. Lee, J. McCullough, and R. Town, "The Impact of Health Information Technology on Hospital Productivity," *RAND Journal of Economics (Wiley-Blackwell)*, vol. 44, no. 3, pp. 545–568, 2013.
- [7] A. L. Kellermann and S. S. Jones, "What it Will Take to Achieve the As-yet-unfulfilled Promises of Health Information Technology," *Health Affairs*, vol. 32, no. 1, pp. 63–68, 2013.
- [8] K. M. Cresswell and A. Sheikh, "Health Information Technology in Hospitals: Current Issues and Future Trends," *Future Hospital Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 50–56, 2015.
- [9] M. A. Musen, B. Middleton, and R. A. Greenes, "Clinical Decision-Support Systems," in *Biomedical Informatics*, ch. 22, pp. 643–674, Springer-Verlag London, 2014.
- [10] C. E. Butler, S. Noel, S. P. Hibbs, D. Miles, J. Staves, P. Mohaghegh, P. Altmann, E. Curnow, and M. F. Murphy, "Implementation of a Clinical Decision Support System Improves Compliance with Restrictive Transfusion Policies in Hematology Patients," *Transfusion*, vol. 55, no. 8, pp. 1964–1971, 2015.

- [11] S. R. Loya, K. Kawamoto, C. Chatwin, and V. Huser, "Service Oriented Architecture for Clinical Decision Support: A Systematic Review and Future Directions," *Journal of Medical Systems*, vol. 38, no. 12, pp. 1–22, 2014.
- [12] W. Bonney, "Applicability of Business Intelligence in Electronic Health Record," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 73, pp. 257–262, 2013.
- [13] S. Chaudhuri, U. Dayal, and V. Narasayya, "An Overview of Business Intelligence Technology," *Communications of the ACM*, vol. 54, no. 8, p. 88, 2011.
- [14] Y. Xin, "Comparison of Hospital Medical Waste Generation Rate based on Diagnosis-related Groups," *Journal of Cleaner Production*, vol. 100, pp. 202–207, 2015.
- [15] M. M. Bellanger, W. Quentin, and S. S. Tan, "Childbirth and Diagnosis Related Groups (DRGs): Patient Classification and Hospital Reimbursement in 11 European Countries," *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, vol. 168, no. 1, pp. 12–19, 2013.
- [16] M. Barrento, "Sistema de Business Intelligence aplicado aos Grupos de Diagnósticos Homogéneos," Master's thesis, Universidade Nova de Lisboa, 2010.
- [17] P. Ketikidis, T. Dimitrovski, L. Lazuras, and P. A. Bath, "Acceptance of Health Information Technology in Health Professionals: an Application of the Revised Technology Acceptance Model," *Health Informatics Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 124–134, 2012.
- [18] R.-f. Chen and J.-l. Hsiao, "An Investigation on Physicians' Acceptance of Hospital Information Systems: A Case Study," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 81, no. 12, pp. 810–820, 2012.
- [19] P. Degoulet, "Hospital Information Systems," in *Medical Informatics, e-Health* (A. Venot, ed.), ch. 12, pp. 289–313, Springer-Verlag France, 2014.
- [20] W. Schramm, K. Bayrhammer, M. Fiedler, and T. Grechenig, "Developing a Hospital Information System Ecosystem for Creating new Clinical Collaboration Methodologies," in *IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI 2012)*, pp. 101–103, IEEE, 2012.
- [21] E. Mehraeen, D. R. Safdari, and D. M. G. Saeedi, "The Security Challenges of Hospital Information System," *Indian Journal of Applied Research*, vol. 5, no. 7, pp. 312–314, 2015.
- [22] H. W. Lee, T. Ramayah, and N. Zakaria, "External Factors in Hospital Information System (HIS) Adoption Model: A Case on Malaysia," *Journal of Medical Systems*, vol. 36, no. 4, pp. 2129–2140, 2012.

- [23] V. P. Aggelidis and P. D. Chatzoglou, "Hospital Information Systems: Measuring End User Computing Satisfaction (EUCS)," *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 45, no. 3, pp. 566–579, 2012.
- [24] C.-h. Lu, J.-L. Hsiao, and R.-f. Chen, "Factors Determining Nurse Acceptance of Hospital Information Systems," *Computers, Informatics, Nursing (CIN)*, vol. 30, no. 5, pp. 257–264, 2012.
- [25] A. W. Kushniruk, D. W. Bates, M. Bainbridge, M. S. Househ, and E. M. Borycki, "National Efforts to Improve Health Information System Safety in Canada, the United States of America and England," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 82, no. 5, pp. 149–160, 2013.
- [26] L. Cardoso, F. Marins, F. Portela, A. Abelha, and J. Machado, "Healthcare Interoperability through Intelligent Agent Technology," *Procedia Technology*, vol. 16, pp. 1334–1341, 2014.
- [27] H. Peixoto, M. Santos, A. Abelha, and J. Machado, "Intelligence in Interoperability with AIDA," in *Foundations of Intelligent Systems*, pp. 264–273, Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [28] L. Cardoso, F. Marins, F. Portela, M. Santos, A. Abelha, and J. Machado, "The Next Generation of Interoperability Agents in Healthcare," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 11, no. 5, pp. 5349–5371, 2014.
- [29] A. Abelha, C. Analide, J. Machado, J. Neves, M. Santos, and P. Novais, "Ambient Intelligence and Simulation in Health Care Virtual Scenarios," *IFIP International Federation for Information Processing*, vol. 243, pp. 461–468, 2007.
- [30] J. Machado, A. Abelha, J. Neves, and M. Santos, "Ambient Intelligence in Medicine," in *IEEE 2006 Biomedical Circuits and Systems Conference Healthcare Technology, BioCAS 2006*, pp. 94–97, 2006.
- [31] C. Castaneda, K. Nalley, C. Mannion, P. Bhattacharyya, P. Blake, A. Pecora, A. Goy, and K. S. Suh, "Clinical Decision Support Systems for Improving Diagnostic Accuracy and Achieving Precision Medicine," *Journal of Clinical Bioinformatics*, vol. 5, no. 4, pp. 1–16, 2015.
- [32] J. Sayyad Shirabad, S. Wilk, W. Michalowski, and K. Farion, "Implementing an Integrative Multi-agent Clinical Decision Support System with Open Source Software," *Journal of Medical Systems*, vol. 36, no. 1, pp. 123–137, 2012.

- [33] J. Mattila, J. Koikkalainen, A. Virkki, M. Van Gils, and J. Lötjönen, "Design and Application of a Generic Clinical Decision Support System for Multiscale Data," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 59, no. 1, pp. 234–240, 2012.
- [34] J. Trujillo and A. Maté, "Business Intelligence 2.0: A General Overview," *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 96, pp. 98–116, 2012.
- [35] H. Chen, R. H. L. Chiang, and V. C. Storey, "Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact," *MIS Quarterly*, vol. 36, no. 4, pp. 1165–1188, 2012.
- [36] W. Raghupathi and V. Raghupathi, "Big Data Analytics in Healthcare: Promise and Potential," *Health Information Science and Systems*, vol. 2, p. 3, 2014.
- [37] S. H. A. El-Sappagh, A. M. A. Hendawi, and A. H. El Bastawissy, "A Proposed Model for Data Warehouse ETL Processes," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 23, no. 2, pp. 91–104, 2011.
- [38] J. Ferreira, M. Miranda, A. Abelha, and J. Machado, "O Processo ETL em Sistemas Data Warehouse," *INForum 2010 - II Simpósio de Informática*, pp. 757–765, 2010.
- [39] H. Morris, H. Liao, S. Padmanabhan, S. Srinivasan, P. Lau, J. Shan, and R. Wisnesky, "Bringing Business Objects into Extract-transform-load (ETL) Technology," in *IEEE International Conference on e-Business Engineering 2008*, pp. 709–714, 2008.
- [40] V. Gour, S. S. Sarangdevot, G. S. Tanwar, and A. Sharma, "Improve Performance of Extract, Transform and Load (ETL) in Data Warehouse," *International Journal on Computer Science & Engineering*, vol. 1, no. 3, pp. 786–789, 2010.
- [41] S. T. March and A. R. Hevner, "Integrated Decision Support Systems: A Data Warehousing Perspective," *Decision Support Systems*, vol. 43, no. 3, pp. 1031–1043, 2007.
- [42] J. George, B. V. Kumar, and V. S. Kumar, "Data Warehouse Design Considerations for a Healthcare Business Intelligence System," in *Proceedings of the World Congress on Engineering 2015*, vol. I, pp. 4–7, 2015.
- [43] A. Cuzzocrea, L. Bellatreche, and I.-Y. Song, "Data Warehousing and OLAP over Big Data: Current Challenges and Future Research Directions," *DOLAP '13 Proceedings of the Sixteenth International Workshop on Data Warehousing and OLAP*, pp. 67–70, 2013.
- [44] A. Cuzzocrea, "Data Warehousing and OLAP over Big Data: A Survey of the State-of-the-art, Open Problems and Future Challenges," *Int. J. Business Process Integration and Management*, vol. 7, no. 4, pp. 372–377, 2015.
- [45] R. Kimball, M. Ross, W. Thornthwaite, J. Mundy, and B. Becker, *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit*. John Wiley & Sons, 2 ed., 2008.

- [46] R. Kimball and M. Ross, *The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling*. John Wiley & Sons, 3 ed., 2013.
- [47] R. Busse, A. Geissler, A. Aaviksoo, F. Cots, U. Hakkinen, C. Kobel, C. Mateus, Z. Or, J. O'Reilly, L. Serden, A. Street, S. S. Tan, and W. Quentin, "Diagnosis Related Groups in Europe: Moving Towards Transparency, Efficiency, and Quality in Hospitals?," *BMJ*, vol. 346, 2013.
- [48] W. Quentin, D. Scheller-Kreinsen, M. Blümel, A. Geissler, and R. Busse, "Hospital Payment based on Diagnosis-related Groups differs in Europe and holds Lessons for the United States," *Health Affairs*, vol. 32, no. 4, pp. 713–723, 2013.
- [49] C. Fourie, N. Biller-Andorno, and V. Wild, "Systematically Evaluating the Impact of Diagnosis-related Groups (DRGs) on Health Care Delivery: A Matrix of Ethical Implications," *Health Policy*, vol. 115, no. 2-3, pp. 157–164, 2014.
- [50] P. Jorge, "Plataforma de Dados de Saúde - Portal Institucional," Master's thesis, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2013.
- [51] B. S. T. March and V. C. Storey, "Design Science in the Information Systems Discipline: an Introduction to the Special Issue on Design Science Research," *Management Information Systems Quarterly*, vol. 32, no. 4, pp. 725–730, 2008.
- [52] M. Bilandzic and J. Venable, "Towards Participatory Action Design Research: Adapting Action Research and Design Science Research Methods for Urban Informatics," *The Journal of Community Informatics*, vol. 7, no. 3, 2011.
- [53] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, and S. Chatterjee, "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research," *Journal of Management Information Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 45–77, 2007.
- [54] A. R. Hevner, S. T. March, and J. Park, "Design Science in Information Systems Research," *MIS Quarterly*, vol. 28, no. 1, pp. 75–105, 2004.
- [55] A. R. Hevner and S. Chatterjee, "Design Research in Information Systems," *Design Research in Information Systems*, vol. 28, pp. 75–105, 2004.
- [56] V. K. Vaishnavi and W. Kuechler, *Design Science Research Methods and Patterns: Innovating Information and Communication Technology*. CRC Press, 2 ed., 2015.
- [57] A. R. A and C. D. S, "A Framework For Ultra-responsive Light Weight Web Application Using AngularJS," in *Online International Conference on Green Engineering and Technologies (IC-GET)*, pp. 1–4, IEEE, 2015.

- [58] N. Fat, M. Vujovic, I. Papp, and S. Novak, "Comparison of AngularJS Framework Testing Tools," in *Zooming Innovation in Consumer Electronics International Conference (ZINC)*, pp. 76–79, IEEE, 2016.
- [59] A. Freeman, "Your First AngularJS App," in *Pro AngularJS*, pp. 15–44, Apress, 2014.
- [60] S. Seshadri and B. Green, *AngularJS: Up and Running: Enhanced Productivity with Structured Web Apps*. O'Reilly Media, 2014.
- [61] K. Williamson, *Learning AngularJS: A Guide to AngularJS Development*. O'Reilly Media, 2015.
- [62] @krispo, "Angular-nvd3: An AngularJS Directive for NVD3 re-usable Charting Library (based on D3) - Easily Customize your Charts via JSON API." <http://krispo.github.io/angular-nvd3/>, 2016, visited 2016-07-27.
- [63] L. Lin, "angular-datatables: DataTables using Angular Directives." <https://l-lin.github.io/angular-datatables/>, 2016, visited 2016-09-18.
- [64] L. J. Mitchell, *PHP Web Services: APIs for the Modern Web*. O'Reilly Media, 2 ed., 2016.
- [65] C. Pautasso and E. Wilde, "RESTful Web Services: Principles, Patterns, Emerging Technologies," in *Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web*, ch. 2, pp. 1359–1360, 2013.
- [66] Q. Z. Sheng, X. Qiao, A. V. Vasilakos, C. Szabo, S. Bourne, and X. Xu, "Web Services Composition: A Decade's Overview," *Information Sciences*, vol. 280, pp. 218–238, 2014.
- [67] F. Belqasmi, R. Glitho, and C. Fu, "RESTful Web Services for Service provisioning in Next-generation Networks: A Survey," *Communications Magazine, IEEE*, vol. 49, pp. 66–73, 2011.
- [68] J. Kopecký, K. Gomadam, and T. Vitvar, "hRESTS: An HTML Microformat for describing RESTful Web Services," *Proceedings - 2008 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, WI 2008*, pp. 619–625, 2008.
- [69] S. Abeyasinghe, *RESTful PHP Web Services*. Packt Publishing, 2008.
- [70] S. Allamaraju, *RESTful Web Services Cookbook: Solutions for Improving Scalability and Simplicity*. O'Reilly Media, 2010.
- [71] T. Dawson, *PHP: The Ultimate Step by Step Guide for Beginners on How to Learn PHP and MYSQL Programming*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.
- [72] C. Coronel and S. Morris, *Database Systems: Design, Implementation, & Management*. Course Technology, 12 ed., 2016.

- [73] T. M. Connolly and C. E. Begg, *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation and Management*. Pearson, 5 ed., 2009.
- [74] S. Feuerstein, B. Pribyl, and C. Dawes, *Oracle PL/SQL Language Pocket Reference: A Guide to Oracle's PL/SQL Language Fundamentals*. O'Reilly Media, 4 ed., 2007.
- [75] S. Feuerstein and B. Pribyl, *Oracle PL/SQL Programming: Covers Versions Through Oracle Database 12c*. O'Reilly Media, 6 ed., 2014.
- [76] A. Narayanan, *Oracle SQL Developer*. Packt Publishing, 2016.
- [77] M. Bramer, "Using a MySQL Database I," in *Web Programming with PHP and MySQL: A Practical Guide*, pp. 197–216, Springer International Publishing, 2015.
- [78] A. W. West, "Create and Test a MySQL Database and Table," in *Practical PHP and MySQL Web Site Databases: A Simplified Approach*, pp. 1–24, Apress, 2013.
- [79] R. Nixon, *Learning PHP, MySQL, JavaScript, CSS & HTML5: A Step-by-Step Guide to Creating Dynamic Websites*. O'Reilly Media, 3 ed., 2014.
- [80] M. E. Davis and J. A. Phillips, *Learning PHP & MySQL: Step-by-Step Guide to Creating Database-Driven Web Sites*. O'Reilly Media, 2 ed., 2007.
- [81] J. C. Meloni, *Sams Teach Yourself PHP, MySQL and Apache All in One*. Sams Publishing, 5 ed., 2012.
- [82] A. B. Sergey, D. B. Alexandr, and A. T. Sergey, "Proof of Concept Center — A Promising Tool for Innovative Development at Entrepreneurial Universities," in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 166, pp. 240–245, Elsevier B.V., 2015.
- [83] B. Schmidt, "Proof of Principle Studies," *Epilepsy Research*, vol. 68, no. 1, pp. 48–52, 2006.
- [84] H. C. Koh and G. Tan, "Data Mining Applications in Healthcare," *Journal of Healthcare Information Management (JHIM)*, vol. 19, no. 2, pp. 64–72, 2005.
- [85] I. Yoo, P. Alafaireet, M. Marinov, K. Pena-Hernandez, R. Gopidi, J.-F. Chang, and L. Hua, "Data Mining in Healthcare and Biomedicine: A Survey of the Literature," *Journal of Medical Systems*, vol. 36, no. 4, pp. 2431–2448, 2012.
- [86] M. S. Cousins, L. M. Shickle, and J. A. Bander, "An Introduction to Predictive Modeling for Disease Management Risk Stratification," *Disease Management*, vol. 5, no. 3, pp. 157–167, 2002.

- [87] G. Moscelli, L. Siciliani, and V. Tonei, "Do Waiting Times affect Health Outcomes? Evidence from Coronary Bypass," *Social Science & Medicine*, vol. 161, pp. 151–159, 2016.
- [88] F. Miyanji, P. O. Newton, A. F. Samdani, S. A. Shah, R. A. Varghese, C. W. Reilly, and K. Mulpuri, "The Impact of Surgical Waitlist Times on Scoliosis Surgery: The Surgeon's Perspective," *Spine Journal*, vol. 40, no. 11, pp. 823–828, 2015.
- [89] L. Ballini, A. Negro, S. Maltoni, L. Vignatelli, G. Flodgren, I. Simera, J. Holmes, and R. Grilli, "Interventions to Reduce Waiting Times for Elective Procedures," *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 2, no. 2, 2015.
- [90] J. S. Odorico, "Waiting List Management for Pancreas and Islet Transplantation," in *Textbook of Organ Transplantation* (A. D. Kirk, S. J. Knechtle, C. P. Larsen, J. C. Madsen, T. C. Pearson, and S. A. Webber, eds.), ch. 41, pp. 482–488, John Wiley & Sons, Ltd, 1 ed., 2014.
- [91] P. P. Barros, "As Listas de Espera para Intervenção Cirúrgica em Portugal," *Ipriverbis*, vol. 4, Março 2008.
- [92] O. R. F. Oliveira, "Extração de Conhecimento nas Listas de Espera para Consulta e Cirurgia," Master's thesis, Universidade do Minho, 2012.
- [93] S. Pereira, F. Portela, M. F. Santos, J. Machado, and A. Abelha, "Predicting Preterm Birth in Maternity Care by Means of Data Mining," in *Progress in Artificial Intelligence*, pp. 116–121, Springer International Publishing, 2015.
- [94] A. Brandão, E. Pereira, F. Portela, M. Santos, A. Abelha, and J. Machado, "Predicting the Risk Associated to Pregnancy using Data Mining," in *Proceedings of the International Conference on Agents and Artificial Intelligence*, pp. 594–601, SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2015.
- [95] E. Pereira, "Apoio à Decisão em Ginecologia e Obstetrícia," Master's thesis, Universidade do Minho, 2014.
- [96] A. Brandão, "Business Intelligence: Indicadores da Interrupção Voluntária da Gravidez," Master's thesis, Universidade do Minho, 2014.
- [97] S. Pereira, "Plataforma de Apoio à Decisão nos Cuidados de Ginecologia e Obstetrícia," Master's thesis, Universidade do Minho, 2015.
- [98] E. Pereira, A. Brandão, C. F. Portela, M. F. Santos, J. Machado, and A. Abelha, "Business Intelligence in Maternity Care," in *Proceedings of the 18th International Database Engineering & Applications Symposium on - IDEAS '14*, pp. 352–355, 2014.

- [99] A. Brandão, E. Pereira, F. Portela, M. Santos, A. Abelha, and J. Machado, "Real-time Business Intelligence Platform to Maternity Care," in *IEEE Conference on Biomedical Engineering and Sciences*, pp. 379–384, IEEE, 2014.
- [100] M. C. Carter, M. Corry, S. Delbanco, T. C.-S. Foster, R. Friedland, R. Gabel, T. Gipson, R. R. Jolivet, E. Main, C. Sakala, P. Simkin, and K. R. Simpson, "2020 Vision for A High-Quality, High-Value Maternity Care System," *Women's Health Issues*, vol. 20, no. 1, pp. 7–17, 2010.
- [101] S. Pereira, F. Portela, M. Santos, J. Machado, and A. Abelha, "Predicting Type of Delivery by Identification of Obstetric Risk Factors through Data Mining," *Procedia - Procedia Computer Science*, vol. 64, pp. 601–609, 2015.
- [102] A. Brandão, E. Pereira, F. Portela, and M. Santos, "Managing Voluntary Interruption of Pregnancy using Data Mining," *Procedia Technology*, vol. 16, pp. 1297–1306, 2014.
- [103] E. Pereira, A. Brandão, M. Salazar, F. Portela, M. Santos, J. Machado, A. Abelha, and J. Braga, "Pre-Triage Decision Support Improvement in Maternity Care by Means of Data Mining," in *Integration of Data Mining in Business Intelligence Systems* (A. Azevedo and M. F. Santos, eds.), pp. 175–192, IGI Global, 2015.
- [104] S. Pereira, F. Portela, M. Santos, J. Machado, and A. Abelha, "Predicting Pre-triage Waiting Time in a Maternity Emergency Room through Data Mining," in *Lecture Notes in Computer Science (LNCS) - Smart Health*, Springer, 2016.
- [105] S. Pereira, F. Portela, M. Santos, J. Machado, and A. Abelha, "Predicting Triage Waiting Time in Maternity Emergency Care by Means of Data Mining," in *Advances in Intelligent Systems and Computing (WorldCist 2016 - Healthcare Information Systems: Interoperability, Security and Efficiency Workshop)*, Springer, 2016.
- [106] G. J. Hay and G. Castilla, "Object-Based Image Analysis: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT)," *OBIA, 2006: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, p. 3, 2006.
- [107] S. Ghazinoory, M. Abdi, and M. Azadegan-Mehr, "SWOT Methodology: a State-of-The Art Review for The Past, a Framework for The Future," *Journal of Business Economics and Management*, vol. 12, no. 1, pp. 24–48, 2011.
- [108] N. Pahl and A. Richter, *SWOT Analysis. Idea, Methodology And A Practical Approach*. GRIN Verlag GmbH, 2007.



GLOSSÁRIO

Bug é um erro ou uma falha no funcionamento de um *software* ou *hardware* que causa resultados indesejados.

Dashboard consiste na apresentação visual da informação e dos dados mais importantes e necessários, sendo basicamente uma forma para os gestores e decisores terem um conhecimento rápido dos dados importantes para eles.

Data mart é um subconjunto de dados de um *data warehouse*. Assim, atendem às necessidades de unidades específicas de negócios, enquanto um *data warehouse* envolve toda a organização.

Framework é uma plataforma de desenvolvimento, podendo ser vista como o esqueleto de uma aplicação como, normalmente, impõe algum tipo de arquitetura ou conjunto de regras ao projeto de *software*.

Indicadores correspondem a uma forma de simplificar e sintetizar fenómenos complexos através da sua quantificação (parâmetro, medida ou valor).

Internet Protocol (IP) é o principal protocolo de comunicação na *Internet* usado entres todas as máquinas inseridas em rede para o roteamento de pacotes (dados).

Intranet é uma rede de computadores semelhante à *Internet*, porém é de uso exclusivo de determinada organização, ou seja, só pode ser usada pelas máquinas pertencentes à rede privada da mesma.

Open-source, ou código aberto em português, define um modelo de desenvolvimento que promove o uso do seu código para o desenho, desenvolvimento e distribuição livre de produtos para qualquer fim.

Overhead consiste em qualquer processamento ou armazenamento em excesso, isto é, de tempo, de memória ou de qualquer outro recurso gasto para executar determinada tarefa, que piora o desempenho do sistema.

Plugin é um módulo de extensão usado para adicionar funções a outros programas de maior dimensão de modo a inserir determinada funcionalidade mais específica.

Processo Clínico Eletrónico (PCE) consiste na recolha e no registo de um conjunto de dados clínicos de um indivíduo, nomeadamente informações sobre o seu estado de saúde, histórico clínico, exames realizados, cirurgias, entre outras, em formato digital.

Queries são simplesmente pedidos de informação ou de dados a uma base de dados ou a conjunto de tabelas.

Reload significa recarregar, atualizar ou “fazer *refresh*” de, por exemplo, determinada página *Web*.

Script consiste num conjunto de instruções em código escritas numa determinada linguagem de programação como, por exemplo, Python, JavaScript, PHP, SQL, entre outras.

User-friendly define aplicações, ferramentas, sistemas ou processos que sejam altamente intuitivos e fáceis de usar.

Web consiste num sistema de páginas *Web* interligadas e executadas na *Internet*.

Web browser é um programa de computador desenvolvido de modo a permitir a navegação pela *Web*, incluindo o acesso e a interpretação de arquivos em formato HTML, CSS, JavaScript, entre outros.

PUBLICAÇÕES

B.1 MONITORING TIME CONSUMPTION IN COMPLEMENTARY DIAGNOSTIC AND THERAPEUTIC PROCEDURE REQUESTS

Autores: Ana Alpuim, Marisa Esteves, Sónia Pereira e Manuel Filipe Santos

Livro/Editora: *Applying Business Intelligence to Clinical and Healthcare Organizations*, pp. 208-240, IGI Global

Ano: 2016

Abstract: *Over the years, information technologies and computer applications have been widespread amongst all fields, including healthcare. The main goal of these organizations is focused on providing quality health services to their patients, ensuring the provision of quality services. Therefore, decisions have to be made quickly and effectively. Thus, the increased use of information technologies in healthcare has been helping the decision-making process, improving the quality of their services. For an example, the insertion of Business Intelligence (BI) tools in healthcare environments has been recently used to improve healthcare delivery. It is based on the analysis of data in order to provide useful information. BI tools assist managers and health professionals through decision-making, since they allow the manipulation and analysis of data in order to extract knowledge. This work aims to study and analyze the time that physicians take to prescribe medical exams in Centro Hospitalar do Porto (CHP), through BI tools. The main concern is to identify the physicians who take more time than average to prescribe complementary means of diagnosis and treatment, making it possible to identify and understand the reason why it occurs. To discover these outliers, a BI platform was developed using the Pentaho Community. This platform presents means to represent information through tables and graphs that facilitate the analysis of information and the knowledge extraction. This information will be useful to represent knowledge concerning not only the prescription system (auditing it) but also its users. The platform evaluates the time prescription, by specialty and physician, which can afterwards be applied in the decision-making process. This platform enables the identification of measures to unravel the time differences that some physicians exhibit, in order to, subsequently, improve the whole process of electronic medical prescription.*

Keywords: *Electronic Health Record, Business Intelligence, Pentaho Community, Electronic Prescription, Data Warehouse, ETL.*

Estado: Publicado

B.2 WAITING TIME SCREENING IN DIAGNOSTIC MEDICAL IMAGING – A CASE-BASED VIEW

Autores: Marisa Esteves, Henrique Vicente, Sabino Gomes, António Abelha, Manuel Filipe Santos, José Machado, João Neves e José Neves

Conferência: *International Conference on Data Mining and Big Data (IC-DMBD'2016)*

Livro/Editora: *Data Mining and Big Data, Lecture Notes on Computer Science (LNCS), Vol. 9714, pp. 296–308, Springer International Publishing*

Ano: 2016

Abstract: *Due to the high standards expected from diagnostic medical imaging, the analysis of information regarding waiting lists via different information systems is of utmost importance. Such analysis, on the one hand, may improve the diagnostic quality and, on the other hand, may lead to the reduction of waiting times, with the concomitant increase of the quality of services and the reduction of the inherent financial costs. Hence, the purpose of this study is to assess the waiting time in the delivery of diagnostic medical imaging services, like computed tomography and magnetic resonance imaging. Thereby, this work is focused on the development of a decision support system to assess waiting times in diagnostic medical imaging with recourse to operational data of selected attributes extracted from distinct information systems. The computational framework is built on top of a Logic Programming Case-based Reasoning approach to Knowledge Representation and Reasoning that caters for the handling of incomplete, unknown, or even self-contradictory information.*

Keywords: *Waiting Time, Diagnostic Medical Imaging, Knowledge Representation and Reasoning, Logic Programming, Case-based Reasoning, Similarity Analysis.*

Estado: Publicado

B.3 A BENCHMARKING ANALYSIS OF OPEN-SOURCE BUSINESS INTELLIGENCE TOOLS TO HEALTHCARE ENVIRONMENTS

Autores: Andreia Brandão, Eliana Pereira, Marisa Esteves, Filipe Portela, Manuel Filipe Santos, António Abelha e José Machado

Revista/Editora: *Information — Open Access Information Science Journal, Vol. 7, Issue 4, 57, MDPI*

Ano: 2016

Abstract: *In recent years, a wide range of Business Intelligence (BI) technologies have been applied to different areas in order to support the decision-making process. BI enables the extraction of*

knowledge from the data stored. The healthcare industry is no exception, and so BI applications have been under investigation across multiple units of different institutions. Thus, in this article, we intend to analyze some open-source/free BI tools on the market and their applicability in the clinical sphere, taking into consideration the general characteristics of the clinical environment. For this purpose, six BI tools were selected, analyzed, and tested in a practical environment. Then, a comparison metric and a ranking were defined for the tested applications in order to choose the one that best applies to the extraction of useful knowledge and clinical data in a healthcare environment. Finally, a pervasive BI platform was developed using a real case in order to prove the tool viability.

Keywords: Business Intelligence, Open-Source, Healthcare, Benchmarking.

Estado: Publicado

B.4 A CASE-BASED METHODOLOGY FOR PROBLEM SOLVING AIMING AT KNEE OSTEO- ARTHRITIS DETECTION

Autores: Marisa Esteves, Henrique Vicente, José Machado, Victor Alves e José Neves

Conferência: International Conference on Soft Computing and Data Mining (SCDM-2016)

Livro/Editora: Advances in Intelligent and Soft Computing (AISC), Springer-Verlag

Ano: 2016

Abstract: Knee osteoarthritis is the most common type of arthritis and a major cause of impaired mobility and disability for the ageing populations. Therefore, due to the increasing prevalence of the malady, it is expected that clinical and scientific practices had to be set in order to detect the problem in its early stages. Thus, this work will be focused on the improvement of methodologies for problem solving aiming at the development of Artificial Intelligence based decision support system to detect knee osteoarthritis. The framework is built on top of a Logic Programming approach to Knowledge Representation and Reasoning, complemented with a Case-based approach to computing that caters for the handling of incomplete, unknown, or even self-contradictory information.

Keywords: Knee Osteoarthritis, Knee X-ray, Image Feature Extraction, Knowledge Representation and Reasoning, Logic Programming, Case-based Reasoning.

Estado: Publicado

B.5 APPLYING PREDICTIVE MODELLING TO A MATERNAL AND PERINATAL CARE UNIT – A PROOF OF CONCEPT STUDY

Autores: Marisa Esteves, Filipe Portela, Manuel Filipe Santos, António Abelha e José Machado

Revista/Editora: International Journal of General Systems, Taylor & Francis Group

Ano: 2016

Abstract: Nowadays, patient safety, and quality and satisfaction of care are certainly the primary focus in clinical environments, namely in Maternity Care. Thereby, it is possible to apply Data Mining (DM) techniques to process the data stored, extracting useful knowledge in order to support clinical decisions based on evidence. This process can be achieved by exploring the information, namely real gynaecology and obstetrics data, provided from the information systems and technologies used in healthcare services. Hereupon, the purpose of this paper is to prove the viability of using Data Mining Models (DMM) to support the decision-making process. As a proof of concept, this paper presents a series of studies carried out to induce DMM, namely predictive DMM, to predict several outcomes in the maternal and perinatal care unit of Centro Hospitalar do Porto (CHP), related to pregnancy delivery, the Voluntary Interruption of Pregnancy (VIP) process, and pre-triage and triage waiting times. Thus, it was possible to obtain promising results for all the DMM induced, achieving acuity, sensitivity and specificity values between approximately 74-100%, 84-100% and 80-100%, respectively. Therefore, the DMM were integrated in an Intelligent Decision Support System (IDSS) with Business Intelligence (BI) guidelines in order to support physicians in their decision-making process, improving the quality of services. Fortunately, the system is already being used in real environment by health professionals in an attempt to support decisions by implementing preventive strategies to avoid malpractice and negligence.

Keywords: Data Mining, Forecasting, Maternity Hospitals, Obstetrics.

Estado: Submetido

B.6 DATA STREAMING MINING IN INTENSIVE CARE UNITS – A PROOF OF CONCEPT STUDY

Autores: Filipe Portela, Cecília Coimbra, Marisa Esteves, José Machado, António Abelha, Manuel Filipe Santos

Revista/Editora: *Journal of Biomedical and Health Informatics, IEEE*

Ano: 2016

Abstract: Intensive Care Units is an area of high incidence of medical errors once it is a critical environment where it is necessary to make quick decisions. In this field, a Pervasive Intelligent Decision Support System (PIDSS) was introduced. This PIDSS helps the physicians in the decision-making process in order to decrease the incidence rate of medical errors. Therefore, the aim of this paper is to present the viability and benefits attained in using Data Mining techniques applied to data streaming sources, i.e., vital signs and ventilation. As proof of concept, several studies were conducted aiming to predict in real-time the blood pressure critical events, the use of vasopressors, cardiac arrhythmias, barotrauma risk, discharge and organ failure, all in hourly based. The achieved results (85-100% of sensitivity, 60-95% of accuracy and 35-95% of specificity) demonstrated that it is possible to prove the feasibility and viability of the purposed solution. Thereby, the best models

were added to the INTCare system, which is implemented in Centro Hospitalar do Porto (CHP) - Hospital de Santo António.

Keywords: *Data Mining, Intensive Care Units, Predictive Modelling, Ensemble.*

Estado: Submetido