

Optimização de Fluxos de Trabalho em Saúde

Aplicação em Exames Radiográficos

Siemens S.A.

2008 / 2009

João Filipe Gavanha Mendes



Departamento de Física

Optimização de Fluxos de Trabalho em Saúde

Aplicação em Exames Radiográficos

Siemens S.A.

2008 / 2009

2004107237 João Filipe Gavanha Mendes



Departamento de Física

Julho de 2009

Orientador da FCTUC: Professor Doutor João Luís Cardoso Soares

Supervisor da Siemens S.A.: Engenheiro Filipe Janela

À minha família, namorada e amigos,

Agradecimentos

Gostaria, antes de mais, de agradecer a todos aqueles que me acompanharam ao longo desta caminhada e acreditaram que seria possível a realização deste projecto.

Agradeço esta enorme oportunidade que a Siemens S.A. me concedeu para desenvolver o projecto de finalização do Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica, fornecendo todas as ferramentas necessárias para o meu êxito.

Um agradecimento especial ao Professor Doutor João Soares pela disponibilidade, amabilidade e empenho no decorrer deste projecto. Agradeço ainda ao Professor Doutor Miguel Morgado pelo incentivo, ajuda e dedicação demonstrados ao longo do projecto.

Ao supervisor, o Engenheiro Filipe Janela, e à co-supervisora, a Engenheira Conceição Granja, que me acompanharam e apoiaram no decorrer deste projecto e me forneceram as indicações necessárias para cumprir todos os meus objectivos, um muito obrigado.

A todos os profissionais de saúde com quem tive o privilégio de lidar enquanto realizei o estudo no Prestador de Cuidados de Saúde Privado, um muito obrigado pela disponibilidade, empenho e esforço que demonstraram.

Um enorme muito obrigado a todos os colegas e amigos com quem tive o privilégio de lidar enquanto estagiei na Siemens S.A., em especial ao Filipe Leite, à Catarina Duarte e à Catarina Pranto que, para além de amigos, foram o sustento e suporte no decorrer desta fase tão importante. À Dra. Celina Lourenço um enorme bem-haja e um muito obrigado pelo esforço e dedicação demonstrados, acabando por funcionar como elo de ligação entre os diferentes projectos.

À Rita, Neuza e André um muito obrigado pois apesar de ausentes, estiveram sempre do meu lado com incentivo e apoio durante as diferentes fases do meu percurso académico. Ao meu amigo João Barbosa que, para além de grande amigo, se mostrou sempre disposto a ajudar e facilitou a minha integração nesta nova cidade.

Um muito obrigado à minha namorada, Bibiana, pela ajuda, carinho, atenção e amor que demonstrou nos diferentes momentos deste percurso académico e, em especial, no desenvolvimento do meu projecto de Mestrado.

Por fim agradeço aos meus Pais, Irmão, Sobrinho e Avós pelo apoio, motivação, dedicação e carinho que demonstraram durante esta difícil etapa e por serem tão importantes na minha vida.

Resumo

O crescente afluxo de doentes a Prestadores de Cuidados de Saúde é resultado do envelhecimento populacional e do estilo de vida, por vezes stressado, outras vezes sedentário, que as populações possuem. Deste modo torna-se necessário a implementação de metodologias que visem otimizar a eficiência dos Prestadores.

Os Prestadores de Cuidados de Saúde contemplam, entre outros, os Serviços de Radiologia e do conjunto de Exames Complementares de Diagnóstico e Terapêutica realizados nestes Serviços, a radiografia é aquele que possui um maior volume assistencial. A eficiência de qualquer modalidade imagiológica pode ser melhorada através de uma gestão adequada de todos os recursos intervenientes nos diferentes exames. A natureza dos fluxos de trabalho clínicos torna os Serviços de Radiologia alvos propícios de optimização, mercê da sua transversalidade nos Prestadores.

A optimização de processos é conseguida através da caracterização, mapeamento, modelação e escalonamento dos fluxos de trabalho, bem como através da aquisição de acontecimentos (início e fim de tarefas), que permitam a simulação de diferentes cenários passíveis de optimização.

Este trabalho permite observar o confronto da realidade de um Prestador de Cuidados de Saúde Privado com as boas normas e práticas nacionais e internacionais. São identificados os *bottlenecks* do sistema, que provocam a diminuição da eficiência do Serviço em questão. O estudo do Serviço de Radiologia e a posterior simulação de alguns cenários identificados visam aumentar a produtividade, rapidez e eficácia do Serviço e reduzir o tempo de espera a que os doentes estão sujeitos sem, no entanto, reduzir a qualidade com que a prestação de cuidados de saúde é realizada.

Palavras Chave (Tema): Fluxo de Trabalho, Optimização, Prestadores de Cuidados de Saúde, Serviço de Radiologia, Volume assistencial.

Palavras Chave (Tecnologias): Radiografia, Simulador.

Abstract

The growing influx of patients to health care providers is the result of an aging population and stressed or sedentary lifestyles. Thus, it is necessary to implement methodologies aimed at optimizing the efficiency of those providers.

Health care providers generally comprise a radiology unit and among all Complementary Exams for Diagnosis and Therapy performed in this unit, radiography has the biggest workload of all. The performance of any imaging modality can be enhanced through proper management of all resources involved in the various examinations. Radiology units become excellent optimization targets due to the nature of clinical workflows and the transversally of health care providers.

Process optimization is achieved by characterization, mapping, modelling and scaling of workflows, as well as through acquisition of events (beginning and end of tasks) which enable the simulation of different scenarios that may be optimized.

This work elucidates the confrontation between the reality of a Private Health Care Provider and national and international good practice standards. System bottlenecks, that cause a decrease in the unit's efficiency, were also identified. The study of the Radiology Unit and the subsequent simulation of several scenarios promote the Unit's increase in productivity, speed and efficiency and reduction in patient waiting time, without diminishing the quality of the provided health care services.

Keywords (Theme): Workflow, Optimization, Health Care Provider, Radiology Service, Workload.

Keywords (Technology): Radiography, Simulator.

Índice

Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Índice	xiii
Índice de Figuras	xvii
Índice de Tabelas	xix
Acrónimos	xxi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Apresentação do projecto/estágio	3
1.3 Tecnologias utilizadas.....	4
1.4 Contributos deste trabalho	5
1.5 Apresentação da Empresa	5
1.5.1 Marcos Recentes em Portugal	7
1.6 Organização da dissertação	8
2 Radiografia	11
2.1 História da Radiografia.....	11
2.2 Princípios gerais da Radiografia.....	15
2.2.1 Radiação ionizante e os seus efeitos biológicos.....	15
2.2.2 Raios-X	16
2.2.3 Principais constituintes de um equipamento de radiografia	23
2.2.4 Evolução na Radiologia	24
3 Análise de um Serviço de Radiologia	33
3.1 Estado da arte dos Serviços de Radiologia.....	35
3.2 Caracterização do Serviço de Radiologia	37

3.2.1	Recursos Humanos	37
3.2.2	Espaços Físicos	39
3.2.3	Recursos Tecnológicos	41
3.3	Análise dos Volumes assistenciais	42
3.3.1	Volume assistencial em Portugal Continental	42
3.3.2	Volume assistencial de alguns países da Europa	44
3.3.3	Volume assistencial nos EUA.....	45
3.3.4	Conclusão	47
3.4	Mapeamento de um Serviço de Radiologia	47
3.5	Variáveis que influenciam o normal Fluxo de Trabalho	49
3.6	Protecção Radiológica.....	50
4	Estudo no Prestador de Cuidados de Saúde Privado	53
4.1	Caracterização dos Recursos existentes	54
4.1.1	Recursos Humanos	54
4.1.2	Espaços Físicos	58
4.1.3	Recursos Tecnológicos	60
4.2	Radiografia.....	61
4.2.1	Mapeamento do Serviço de Radiologia.....	61
4.2.2	Análise do Volume assistencial do Serviço de Radiologia.....	69
4.3	Introdução à Estatística	74
4.3.1	Testes de qualidade de ajuste	76
4.4	Metodologia.....	78
4.5	Principais Resultados	80
4.6	Simulação.....	87
5	Discussão e Conclusão	93
5.1	Objectivos realizados.....	102
5.2	Outros trabalhos realizados.....	102
5.3	Limitações & trabalho futuro	103
5.4	Apreciação final	104

Bibliografia.....	105
Anexo 1	Valores Críticos da Distribuição da Estatística D_n (Kolmogorov-Smirnov)
.....	109
Anexo 2	Análise da amostra recolhida no Prestador de Cuidados de Saúde Privado
	111
Anexo 3	Aplicabilidade do teste Kolmogorov-Smirnov
	112
Anexo 4	Amostra filtrada para aplicabilidade do teste Kolmogorov-Smirnov. 121

Índice de Figuras

Figura 2.1 Fotografia de Wilhelm Conrad Röntgen [2]	12
Figura 2.2 O laboratório de Wilhelm Conrad Röntgen na Universidade de Wurzburg, Bavária [5]	13
Figura 2.3 Primeira radiografia tirada à mão de Bertha [6].....	14
Figura 2.4 Espectro electromagnético [8].....	15
Figura 2.5 Gerador de raios-X [12].....	17
Figura 2.6 Radiação Característica [11].....	18
Figura 2.7 Representação do efeito de Bremsstrahlung [12]	18
Figura 2.8 Relação entre a energia e o número de fotões produzidos [13].....	19
Figura 2.9 Análise dos fenómenos que permitem a formação de raios-X [17].....	20
Figura 2.10 Factores que afectam a transmissão de fotões ao longo da matéria [18]	21
Figura 2.11 Interacção dos fotões com as camadas do material [18].....	21
Figura 2.12 Número de fotões transmitidos, por cada camada, em função da espessura do material [18]	22
Figura 2.13 Diferentes interacções entre a radiação e a matéria [19]	23
Figura 2.14 Esquema dos constituintes de um intensificador de imagem [12].....	25
Figura 2.15 Grelhas anti-difusoras (Potter-Bucky) [12].....	26
Figura 2.16 Representação esquemática das etapas que caracterizam a radiografia computadorizada [24].....	29
Figura 3.1 Sequência dos três módulos que compõem o processo radiográfico.....	34
Figura 3.2 Número de radiografias, por 1000 habitantes, em Portugal Continental [33]	42
Figura 3.3 Número de exames, por 1000 habitantes, em Portugal Continental [33] ..	43
Figura 3.4 Número de radiografias por 1000 habitantes, realizados em alguns países da Europa para o ano de 2002 [34, 35].....	44

Figura 3.5 Comparação dos volumes assistenciais em alguns países europeus em 2004 [34]	45
Figura 3.6 Número de radiografias realizadas, por 1000 habitantes, nos EUA [36]....	46
Figura 3.7 Fluxo de trabalho óptimo do exame radiográfico de um SR [28, 29]	48
Figura 4.1 Fluxo de trabalho do SR analisado	63
Figura 4.2 Tipos de exames radiográficos realizadas entre 1 de Janeiro de 2007 e 30 de Maio de 2009	70
Figura 4.3 Tipos de exames radiográficos adquiridos no estudo do SR.	72
Figura 4.4 Volume assistencial por dia da semana, baseado na base de dados do SR	74
Figura 4.5 Determinação dos outliers da amostra recolhida	83
Figura 4.6 Representação esquemática das funções de distribuição normal ($F_0(x)$) e empírica ($S(x)$) da amostra e do valor supremo calculado entre ambas.....	84
Figura 4.7 Frequência normalizada e distribuição normal da amostra filtrada.....	85
Figura 4.8 Tempo de simulação vs intervalo de tempo entre doentes para o cenário 1	89
Figura 4.9 Tempo de simulação vs intervalo de tempo entre doentes para o cenário 2	90
Figura 4.10 Tempo de simulação vs intervalo de tempo entre doentes para o cenário 3	92

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 Cronograma relativo ao plano de trabalhos do projecto	4
Tabela 3.1 Volume assistencial imagiológico anual por tipo de PCS [27]	37
Tabela 4.1 Número percentagem dos diferentes tipos de radiografias, realizadas entre 1 de Janeiro de 2007 e 30 de Maio de 2009	69
Tabela 4.2 Número de exames e respectivas percentagens dos diferentes tipos de radiografias, durante os 14 dias de estudo	71
Tabela 4.3 Distribuição do número de exames por dias da semana, realizados entre 1 de Janeiro de 2007 e 30 de Maio de 2009	73
Tabela 4.4 Análise estatística da amostra recolhida.....	81
Tabela 4.5 Análise probabilística da amostra filtrada	83
Tabela 4.6 Resultados das tarefas que permitem avaliar a normalidade da distribuição	85

Acrónimos

ACSS	Administração Central do Sistema de Saúde
ADC	Conversor Analógico Digital
CCD	Charge Coupled Device
CD	Compilation Disc
DGS	Direcção Geral de Saúde
ECDT	Exame Complementar Diagnóstico e Terapêutica
EUA	Estados Unidos da América
FCTUC	Faculdade Ciências Tecnologia da Universidade de Coimbra
HIS	Hospital Information System
IP	Imaging Plate
keV	Kilo electrão Volt
PACS	Picture Archiving and Communication System
PCS	Prestador de Cuidados de Saúde
PET	Tomografia de Emissão de Positrões
pf	Ponto de fusão
RIS	Radiology Information System
RM por 1000 hab.	Ressonância Magnética por 1000 habitantes
RM	Ressonância Magnética
Rx por 1000 hab.	Raios-X por 1000 habitantes
SNS	Sistema Nacional de Saúde
SR	Serviço de Radiologia
TC por 1000 hab.	Tomografia Computorizada por 1000 habitantes
TC	Tomografia Computorizada
TFT	Thim Film Transistor
TI	Tecnologias de Informação
WAN	Wide Area Network

1 Introdução

O presente capítulo procura descrever, de forma sumária, os principais objectivos a que me propus atingir durante a realização do projecto, os resultados que permitiram alcançar esses objectivos propostos e as principais motivações que levaram à sua realização. Com este projecto pretende-se estudar o fluxo de trabalho respeitante ao exame radiográfico num Prestador de Cuidados de Saúde (PCS) privado, de modo a encontrar os pontos que bloqueiam o normal fluxo de trabalho do Serviço e a definir propostas que visem a sua optimização. Pretende-se que a qualidade e produtividade do processo radiográfico sejam melhoradas sem que tal influencie os custos associados. Importa também salientar a importância deste projecto tanto na sociedade em geral (e particularmente nos PCS que poderão beneficiar de projectos semelhantes) como na empresa à qual está associado, a Siemens S.A. Sector Healthcare.

1.1 Enquadramento

Os PCS têm, cada vez mais, uma maior afluência de doentes, resultado de um envelhecimento gradual da população. Para responder a este crescendo de afluência

nos diferentes Serviços é importante o estabelecimento de níveis de Serviço dotados de maior eficiência e que permitam uma prestação de cuidados de saúde que vá, cada vez mais, ao encontro das expectativas, tanto de doentes como dos profissionais de saúde.

Os PCS possuem, na sua estrutura organizativa, diferentes Serviços funcionais especializados em diferentes área do saber em Saúde, entre os quais o Serviço de Radiologia (SR) que tem especial importância num hospital/clínica devido ao seu papel transversal em toda a organização. Este é responsável pela realização de Exames Complementares de Diagnóstico e Terapêutica (ECDT) nos quais a radiografia está inserida.

A gestão adequada dos recursos disponíveis associada às necessidades do volume assistencial existente pode melhorar significativamente a eficiência e com isso potenciar o aumento dos índices de qualidade do SR. Desta forma, a optimização da prestação de cuidados de saúde contribuirá para uma maior organização e rentabilização do funcionamento deste tipo de Serviços, o que induz um aumento da satisfação, quer de doentes quer dos profissionais que intervêm em todo o processo.

A optimização dos processos radiográficos é conseguida através da caracterização dos espaços físicos e recursos humanos e tecnológicos intervenientes neste tipo de exame de diagnóstico, do mapeamento do fluxo de trabalho, do escalonamento e posterior modelação das tarefas que constituem o fluxo de trabalho. Deste modo é necessário uma análise e caracterização detalhadas do trabalho do Serviço (através da análise do volume assistencial, predominância de cada tipo de exames de diagnóstico por radiografia, entre outros) e a caracterização temporal do SR através da aquisição dos acontecimentos que marcam o início e o fim das tarefas mapeadas e alvo de estudo.

Assim, este projecto de Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica, resultado da parceria entre a Siemens S.A. Sector Healthcare e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), teve como principal objectivo o mapeamento, escalonamento, caracterização e simulação do fluxo de trabalho que caracteriza o exame radiográfico para, deste modo, encontrar propostas que visem a optimização do SR num PCS privado.

1.2 Apresentação do projecto/estágio

Este projecto pretende dar resposta às principais necessidades dos PCS e dos doentes, no que diz respeito ao crescente afluxo de doentes a SR, às correspondentes filas de espera e à forma como este tipo de Serviços são geridos para dar resposta a esta situação.

Desta forma, foi necessário conhecer a realidade nacional e internacional, no que diz respeito aos volumes assistenciais para o exame radiográfico, no sentido de perceber a real necessidade de optimização que estes Serviços necessitam pois são comuns as situações de dificuldade de resposta ao crescente afluxo de doentes.

Para a realização deste estudo foi escolhido um PCS privado, parceiro da Siemens S.A. Sector Healthcare. O prestador seleccionado possui um elevado padrão de qualidade, no que diz respeito à prestação de cuidados de saúde, e utiliza equipamentos topo de gama com mais-valias, tanto para o doente como para os profissionais que intervêm no processo, quer na emissão de doses de radiação inferiores para a aquisição de imagens com elevada qualidade de diagnóstico e na possibilidade de pós-processamento das imagens adquiridas (que contribui de forma determinante para a redução das doses de radiação), como no conforto e comodidade que presta ao doente durante a realização do exame, entre algumas das características que tornam estes equipamentos atractivos, tanto para os profissionais como para os doentes. Neste prestador foi modelizado o processo radiográfico, o que contemplou uma caracterização dos espaços físicos e recursos humanos e tecnológicos intervenientes, mapeamento das tarefas que o integram e uma aquisição dos valores temporais característicos de cada tarefa mapeada. Estes dados possibilitaram a realização de um estudo estatístico que permitiu caracterizar a distribuição temporal do processo, de forma a ser possível a criação de diferentes cenários, passíveis para alcançar a optimização do SR, e a sua comparação com o cenário real.

Durante o projecto desempenhado na Siemens S.A. foi possível desempenhar as seguintes tarefas:

T1: Conhecer a Siemens e a Siemens Healthcare Sector;

T2: Conhecer os produtos, sistemas e soluções da Siemens para a área de Radiologia;

T3: Conhecimento das ferramentas existentes na Siemens;

T4: Sistematização de dados nacionais e internacionais relativos aos fluxos de trabalho em radiologia;

T5: Identificar os parâmetros mais relevantes na caracterização das necessidades físicas de um SR;

T6: Estimar valores estatisticamente representativos dos parâmetros identificados;

T7: Caracterização do caso de estudo;

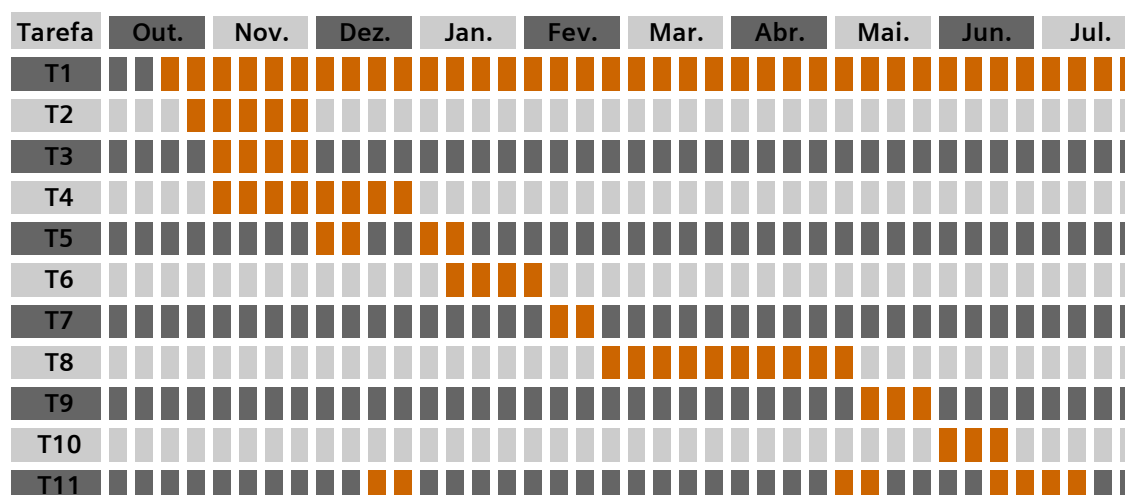
T8: Estudo estatístico dos dados recolhidos *in loco*;

T9: Compilar os dados numa ferramenta adequada;

T10: Simulação e análise do Fluxo de trabalho;

T11: Elaboração da tese de mestrado.

Tabela 1.1 Cronograma relativo ao plano de trabalhos do projecto



1.3 Tecnologias utilizadas

Para o desenvolvimento deste projecto foram utilizadas duas tecnologias:

- Microsoft Office Excel 2003

Permite a realização do estudo estatístico deste projecto, proporcionando a aquisição dos tipos de distribuições e a aplicabilidade de testes de qualidade de ajuste;

- SPSS Statistics 17.0

Possibilita a detecção dos dados, designados *outliers*, que correspondem a valores que estão afastados da média o suficiente para serem ignorados, visto que são excepções da referida recolha.

1.4 Contributos deste trabalho

A principal motivação deste trabalho reside no facto de esta ser uma área pouco explorada e não haver informação sistematizada sobre fluxos de trabalho clínicos. A caracterização dos intervenientes, bem como dos espaços físicos e recursos tecnológicos neste processo tornam-se assuntos essenciais quando se pretendem otimizar os SR. Um fluxo de trabalho só pode ter validade se for acompanhado de documentação/informação que forneça detalhes acerca da caracterização do respectivo Serviço. Neste projecto pretende-se caracterizar, fundamentar e analisar um fluxo de trabalho de um SR de um PCS privado, para determinar os pontos que contribuem para uma diminuição da sua eficiência, tendo por base a perspectiva do doente e do PCS.

Este trabalho está, deste modo, perfeitamente enquadrado num dos objectivos estratégicos da Siemens S.A. Sector Healthcare, que define a melhoria da eficiência na prestação de cuidados de saúde como elemento preponderante para os seus clientes.

1.5 Apresentação da Empresa

Com 500 centros de produção em 50 países e presença em 190 países a Siemens está representada em todo o mundo. Em Portugal, a Siemens S.A. dispõe de duas unidades fabris, centro de investigação & desenvolvimento de software (Lisboa e Porto) e presença em todo o país, através dos seus parceiros e das suas instalações. A empresa está desde 2008 organizada em três grandes sectores de actividade: Industry, Energy e Healthcare (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

O **Sector Industry** dispõe de soluções para a indústria nas vertentes de produção, transporte e edifícios, segmentando-se em cinco áreas: *Industry Automation and Drive*

Technologies, Building Technologies, Industry Solutions, Mobility e OSRAM (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

O **Sector Energy** disponibiliza produtos e soluções para a geração, transmissão e distribuição de energia eléctrica, segmentando-se em seis áreas: *Fossil Power Generation, Renewable Energy, Oil & gas, Energy Service, Power Transmission* e *Power Distribution* (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

O **Sector Healthcare** oferece um conjunto de produtos inovadores e soluções integradas bem como Serviços e consultadoria na área da saúde, segmentando-se em três áreas: *Imaging & IT, Workflow & Solutions* e *Diagnostics* (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

A área *Imaging & IT* disponibiliza sistemas de imagem para diagnóstico precoce e intervenção, bem como para prevenção efectiva, nomeadamente Sistemas de ressonância magnética (MR), Sistemas de tomografia axial computadorizada (CT), Sistemas de radiografia, Sistemas angiográficos digitais, Sistemas de tomografia por emissão de positrões (PET/CT) e tomografia por emissão de fóton único (SPECT e SPECT/CT), Unidades de ecografia, entre outros. Todos os sistemas estão interligados por tecnologias de informação de elevada performance possibilitando uma optimização dos processos a nível dos prestadores de cuidados de saúde (sistemas de gestão hospitalar como o **Soarian**[®], sistemas de processamento de imagem como o **Syngo**[®] e tecnologias knowledge-based como auxiliares de diagnóstico) (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

A área *Workflow & Solutions* disponibiliza soluções globais para especialidades como a cardiologia, a oncologia e a neurologia. Esta área fornece ainda soluções, por exemplo, para saúde da mulher (mamografia), a urologia, a cirurgia e a audiologia, englobando igualmente a vertente de consultadoria e soluções globais (soluções globais para prestadores de cuidados de saúde). Simultaneamente, a área de *Workflow & Solutions* engloba a prestação de serviços pós-venda e gestão de clientes (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

A área *Diagnostics* encerra a vertente de diagnóstico in-vitro, incluindo imunodiagnóstico e análise molecular. As soluções da área vão desde os aplicativos point-of-care até à automatização de grandes laboratórios (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

Desta forma, o Sector Healthcare é hoje a primeira empresa a nível mundial a disponibilizar um portfolio integrado de tecnologia que permite responder a todas as fases do ciclo de cuidados de saúde (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

A **Siemens IT Solutions and Services**, um dos líderes em oferta de serviços na área das Tecnologias de Informação (TI), funciona como unidade de negócio transversal (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

Em Portugal, o Sector Healthcare da Siemens S.A. é um dos líderes de mercado no ramo dos cuidados de saúde, reconhecido pelas suas competências e força de inovação em diagnóstico e tecnologias terapêuticas, assim como engenharia de conhecimento, incluindo tecnologias de informação e integração de sistemas (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

Nos últimos anos, o Sector Healthcare da Siemens SA tem promovido uma estratégia de contacto e parceria com a Comunidade Académica e Científica em Portugal, no sentido da criação de uma rede de conhecimento e parcerias estratégicas que potenciem a inovação, a investigação e o desenvolvimento (IDI) na área da Saúde. Actualmente o Sector Healthcare conta com um Grupo de IDI com mais de 15 elementos, desenvolvendo investigação em áreas estratégicas como Sistemas de informação para a Saúde, Imagem Computacional, Análise automática de Imagem Médica, Modelação e ferramentas de suporte à decisão e Avaliação Tecnológica Estratégica, que resultou já no registo de uma patente e submissão de duas outras, bem como na publicação de mais de dez artigos científicos (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009).

1.5.1 Marcos Recentes em Portugal

- Serviços de Patologia Mamária no Hospital de São João, no Porto, no Hospital da Luz, em Lisboa, e na Clínica Dr. João Carlos Costa, em Viana do Castelo - as primeiras unidades com total enfoque no paciente, englobando todas as valências tecnológicas necessárias para todo o processo clínico (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009);
- Hospital da Luz, em Lisboa - primeira unidade hospitalar, em Portugal, a integrar o sistema de informação clínica SOARIAN[®], tornando-se assim numa das mais modernas infra-estruturas de saúde da Europa (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009);

- Clínica Quadrantes, em Lisboa - tecnologia de diagnóstico in vitro e sistemas de tecnologias de informação, que juntamente com um PET/CT complementaram as tecnologias de diagnóstico in vivo Siemens já existentes nesta unidade clínica (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009);
- Universidade de Coimbra - ressonância magnética de 3 Tesla exclusivamente destinada investigação em neurociência. Esta unidade será utilizada ao abrigo da rede de cooperação científica Brain Imaging Network Grid, que agrupa as Universidades de Coimbra, Aveiro, Porto e Minho (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009);
- Algumas publicações do Grupo de IDI (Siemens S.A., Sector Healthcare. Apresentação da Empresa, Portugal, 2009):
 - Registo de patente DE 10 2007 053 393, System zur automatisierten Erstellung medizinischer Reports;
 - F. Soares, P. Andruszkiewicz, M. Freire, P. Cruz e M. Pereira, *Self-Similarity Analysis Applied to 2D Breast Cancer Imaging*, HPC-Bio 07 - First International Workshop on High Performance Computing Applied to Medical Data and Bioinformatics, Riviera, France (2007);
 - J. Martins, C. Granja, A. Mendes e P. Cruz, *Gestão do fluxo de trabalho em diagnóstico por imagem: escalonamento baseado em simulação*, Informática de Saúde – Boas práticas e novas perspectiva, edições Universidade Fernando Pessoa, Porto (2007);
 - F. Soares, M. Freire, M. Pereira, F. Janela, J. Seabra, *Towards the Detection of Microcalcifications on Mammograms Through Multifractal Detrended Fluctuation Analysis*, 2009 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing, Victoria, B.C., Canada (2009).

1.6 Organização da dissertação

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos fundamentais.

No capítulo 1 é feita uma abordagem geral do tema desta dissertação, explicando o problema alvo de estudo, os principais objectivos definidos e as motivações que levaram à sua realização, não só do ponto de vista académico, mas também empresarial.

No capítulo 2 são abordados os princípios básicos da radiografia, tendo em conta uma breve história e a evolução que tem ocorrido desde a radiografia convencional até à radiografia digital directa, assim como uma breve introdução sobre a física dos raios-X.

No capítulo 3 é caracterizado e mapeado um SR tendo como base directrizes, orientações e legislação aplicável, quer nacionais quer internacionais. Com base em alguns estudos é apresentado um diagrama que é considerado como um fluxo de trabalho óptimo para o exame radiográfico de um SR. São ainda analisados os volumes assistenciais de Portugal, de alguns países europeus e dos Estados Unidos da América (EUA), para se avaliar a necessidade de optimização dos SR em Portugal. Paralelamente, são exibidas algumas noções de protecção radiológica, pois este é um assunto fundamental para determinar a qualidade dos Serviços analisados.

No capítulo 4 é efectuada uma exposição do caso de estudo, que consistiu na análise do processo radiográfico do SR de um PCS privado. É caracterizado e mapeado o SR alvo de estudo, sendo, posteriormente, elaborada uma estatística que reflecte o volume assistencial obtido durante o estágio no PCS, bem como o volume proveniente de uma base de dados fornecida pelo próprio SR. Por fim, são exibidos e fundamentados os principais resultados da análise e tratamento dos dados adquiridos neste Serviço.

No capítulo 5 são discutidos os resultados obtidos e elaboradas as conclusões deste projecto, assim como as propostas de optimização do SR.

2 Radiografia

Neste capítulo pretende-se abordar os princípios básicos da radiografia, desde a sua descoberta até à fase mais avançada (radiografia digital directa). São também caracterizados os mecanismos físicos da radiação (raios-X), a sua interacção com os tecidos biológicos bem como os principais constituintes de um equipamento.

Para cada tipo de radiografia (convencional e digital) são descritas as principais diferenças entre cada tipo e analisados os componentes dos equipamentos que os distingue, assim como a sua influência na produção final das imagens.

2.1 História da Radiografia

Wilhelm Conrad Röntgen nasceu a 27 de Março de 1845, em Lennep (Alemanha), e faleceu a 10 de Fevereiro de 1923. Aos três anos de idade, juntamente com a sua família, mudou-se para Apeldoorn (Holanda), local onde recebeu a sua educação primária (no Instituto de Martinus Herman van Doorn). Mais tarde, estudou na Escola

Técnica de Utrecht, instituição de onde foi expulso por supostamente realizar uma caricatura de um dos seus professores (acto que negou cometer) [1].



Figura 2.1 Fotografia de Wilhelm Conrad Röntgen [2]

Em 1865 foi reprovado por um dos professores que haviam participado na sua expulsão e não entrou para a Universidade de Utrecht. Posteriormente, foi admitido para o curso de Engenharia Mecânica no Instituto Politécnico de Zurique [1].

Em 1869 graduou-se como Doutoramento na Universidade de Zurique com uma tese sobre gases intitulada "Studien über Gase" [1].

Em 1874 tornou-se conferencista na Universidade de Estrasburgo, e em 1875 chegou a ser professor da Academia de Agricultura de Hohenheim, Württemberg (Alemanha) [1].

Em 1876 regressou a Estrasburgo como professor de Física, e em 1879 tornou-se chefe do departamento de Física da Universidade de Giessen [1].

Em 1888 tornou-se no físico chefe da Universidade de Würzburg e em 1900 no físico chefe da Universidade de Munique, por petição especial do governo da Baviera [1].

A descoberta dos raios-X levantou muitas dúvidas, sendo que Röntgen foi muito criticado por diferentes entidades. A estas críticas, Röntgen optou por responder com atitudes nobres, entre as quais, doar o dinheiro recebido com o Prémio Nobel da Física (1901) à Universidade de Würzburg na Alemanha, onde exercia o cargo de reitor. "Eu considero que o trabalho de uma universidade deve beneficiar a todos, sem ideia de lucro", afirmou na época [3].

Em 8 de Novembro de 1895, após o horário de trabalho, resolveu continuar algumas experiências no seu laboratório [4].

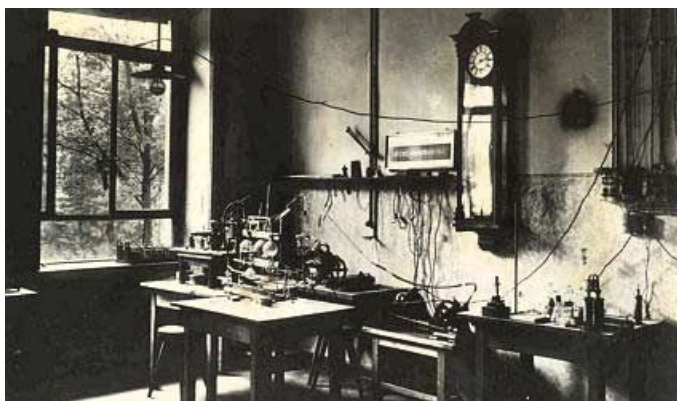


Figura 2.2 O laboratório de Wilhelm Conrad Röntgen na Universidade de Würzburg, Bavária [5]

Através de experiências que realizava regularmente com um tubo de raios catódicos, Röntgen constatou que quando ionizava um gás, a baixa pressão, contido no interior de um destes tubos (com a ajuda de uma bobina de Ruhmkorff), uma tela coberta de platinocianeto de bário tornava-se fluorescente. Deste modo, tentou bloquear essa luminescência de diferentes modos, entre as quais, tapar o tubo com cartolina preta e colocar os mais variados materiais com diferentes espessuras na região entre o tubo e a tela. Todas as tentativas não foram bem sucedidas e durante as seis semanas seguintes o físico trabalhou arduamente, no seu laboratório, tentando perceber esse efeito. Em 22 de Dezembro, convidou a sua esposa Bertha para ir ao laboratório tirar uma radiografia à sua mão esquerda (na qual estava presente o anel de casamento). A radiação incidiu na mão da sua esposa por 15 minutos, atingindo, do outro lado, uma chapa fotográfica. Depois de revelada a chapa, Röntgen conseguiu observar as sombras dos ossos da mão de Bertha. Esta descoberta foi classificada como um novo tipo de raios, originados a partir da colisão dos raios catódicos com a parede do tubo. Como a natureza de tais raios era desconhecida, passaram a ser classificados como raios "X" [4].



Figura 2.3 Primeira radiografia tirada à mão de Bertha [6]

Oito semanas após esta experiência, Röntgen já tinha descoberto a maioria das propriedades fundamentais destes novos raios e chamou a atenção para as seguintes características:

- Possibilidade de serem produzidos em ampolas de vácuo de dois eléctrodos sujeitos a uma diferença de tensão elevada [5];
- Possibilidade de atravessarem matéria [5];
- Faculdade de excitarem a fluorescência de platinocianeto de bário [5];
- Possibilidade de impressão em películas fotográficas [5].

Em 1897 abandonou os estudos nessa área para se dedicar a estudos pelos quais tinha maior interesse [5].

Em 28 de Dezembro 1896 envia ao presidente da Sociedade de Física e Medicina de Würzburg o primeiro de um total de três trabalhos sobre o assunto, intitulado "Sobre um novo tipo de raios". Os restantes dois trabalhos foram enviados a 9 de Março de 1896 e a 10 de Março de 1897 [5].

A descoberta de Röntgen teve imediata aplicação na área da medicina, sendo que as primeiras imagens de ossos fracturados foram obtidas em Janeiro de 1896 antes mesmo da descoberta da natureza desses raios [5].

2.2 Princípios gerais da Radiografia

2.2.1 Radiação ionizante e os seus efeitos biológicos

A produção de iões pode ocorrer de forma directa ou indirecta através da interacção entre a radiação ionizante e a matéria. Transforma partículas neutras em partículas electricamente carregadas (ionização). É um tipo de radiação proveniente de materiais radioactivos (por exemplo, raios alfa – α –, raios beta – β – e raios gama – γ –) ou pode ser produzida artificialmente (o caso dos raios-X) [7].

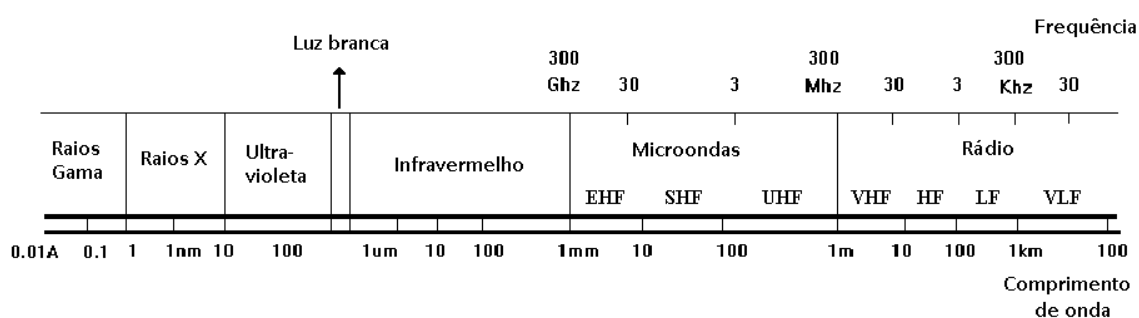


Figura 2.4 Espectro electromagnético [8]

A radiação ionizante provoca malefícios à saúde humana, principalmente quando utilizada em excesso (Schaberle, Silva, 2000).

A produção de iões e a deposição de energia podem prejudicar algumas moléculas importantes do ADN humano assim como alguns tecidos e órgãos. As lesões provocadas no ADN podem causar danos genéticos ou somáticos, podendo ter consequências em gerações futuras. Células muito oxigenadas e tecidos de proliferação rápida são mais rádio-sensíveis, ao contrário das células nervosas. A gravidade da lesão biológica está dependente do tipo de radiação ionizante, da energia total depositada e do tempo de exposição a essa radiação [9].

Quando o doente é exposto a elevadas doses de radiação (superiores a 0,5 Gy), pode resultar na morte celular. Doses dentro desta gama de intensidade podem provocar eritemas cutâneos, cataratas, perda de cabelo e esterilidade [9].

Mas, quando o doente é exposto a baixas doses de radiação (inferiores a 0,5 Gy), também existem consequências nocivas para o organismo, podendo resultar em células carcinogénicas e em danos genéticos. A gravidade da lesão é independente da dose de radiação a que o doente é submetido. Os riscos associados a esta radiação dependem do sexo e idade e da altura em que o doente recebe a exposição [9].

2.2.2 Raios-X

Os Raios-X são um tipo de radiação ionizante e permitem, no âmbito clínico, a formação de imagens de estruturas internas do corpo humano (principalmente ossos). São radiações electromagnéticas com um comprimento de onda situado no intervalo [0,12; 0,5] A (este é o intervalo de comprimentos de onda usados em Medicina). Este tipo de radiação resulta da interacção de um feixe electrónico de um metal com elevado número atómico (por exemplo tungsténio) [10].

Os raios-X possuem um conjunto de características específicas, tais como:

- Poder de penetração na matéria com que interage (maior poder de penetração para um menor comprimento de onda) [10];
- Radiação principal: porção da radiação que é absorvida pelo corpo e possibilita a formação da imagem [10];
- Radiação secundária: porção da radiação que não é absorvida pelo corpo, sendo dispersada [10];
- Radiação emergente: porção da radiação que atravessa toda a matéria [10];
- Produção de fluorescência quando interage com alguns sais metálicos (sulfatos de zinco/cádmio, tungstato de cálcio e outros sais de terras raras). Quando este efeito perdura após a interrupção da irradiação, tem o nome de fosforescência [10];
- Quando interagem com gases produzem um efeito ionizante, tornam-se condutores eléctricos [10];
- Permitem a formação de imagens, quer em películas fotográficas, quer em monitores fluorescentes [10].

A formação de raios-X resulta da libertação de energia durante o choque de electrões de elevada energia cinética com uma placa de metal. Este efeito ocorre num tubo de raios-X constituído por um tubo de vidro com vácuo com dois eléctrodos de tungsténio (díodo), um cátodo (pólo negativo) e um ânodo (pólo positivo). O cátodo é constituído por um filamento muito fino de tungsténio aquecido, que arrefece com a passagem de corrente eléctrica de elevada voltagem. Deste modo os electrões do tungsténio adquirem energia (térmica) suficiente para abandonar o cátodo (emissão termiónica). A elevada voltagem gerada pela corrente eléctrica entre os eléctrodos promove a emissão

electrões na direcção do ânodo. A quantidade de electrões libertados está directamente relacionada com o aquecimento do cátodo, enquanto que a velocidade que estes adquirem na direcção do ânodo está directamente relacionada com a diferença de potencial gerada entre os dois pólos [11].

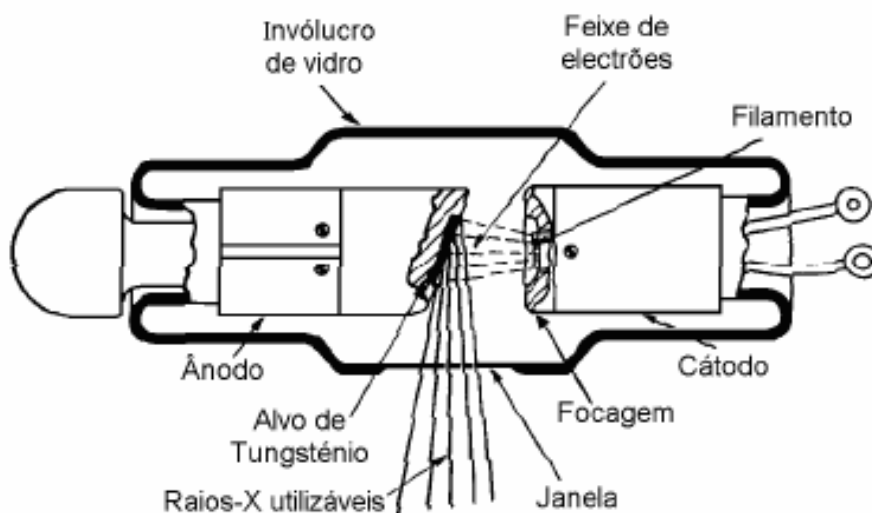


Figura 2.5 Gerador de raios-X [12]

Durante o choque dos electrões com o tungsténio, a maioria da energia cinética é transformada em calor e, somente uma pequena parte produz os raios-X. Esta produção ocorre através de um de três fenómenos:

(a) Radiação característica

Fenómeno que ocorre quando um electrão em movimento choca com um electrão da camada interna (K) do átomo do alvo de tungsténio e altera a sua trajectória (caso a energia adquirida durante o deslocamento entre os pólos seja maior que a energia de ligação da camada electrónica). Deste modo, a saída do electrão da respectiva camada provoca uma vaga, que será ocupada por um outro electrão, que migra de uma camada mais externa, libertando, assim, uma certa quantidade de energia (fotões) sob a forma de raios-X. Esta energia resulta da diferença entre as energias de ligação das duas camadas sendo quantizada (valor característico de cada elemento) [11, 13].

Este é um fenómeno muito raro e apenas 0,1% dos raios-X são originados por este tipo de fenómeno [11, 13].

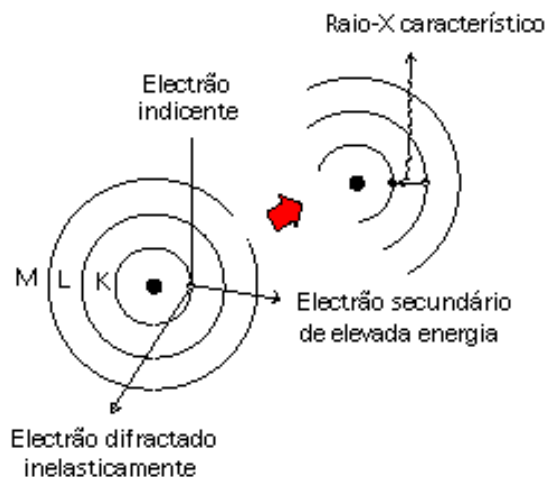


Figura 2.6 Radiação Característica [11]

(b) Efeito de Bremsstrahlung

Este fenómeno ocorre quando um electrão passa muito próximo do núcleo do átomo de tungsténio e, é atraído por este, desviando-o da sua trajectória inicial. Deste modo o electrão perde parte da sua energia cinética, havendo uma consequente desaceleração (efeito de travagem). Parte da energia cinética perdida é convertida em energia electromagnética (baixo comprimento de onda), sendo emitida sob a forma de fotões (raios-X). A quantidade de energia dos fotões será tanto maior, quanto maior for o ângulo de desvio da trajectória, e quanto mais próximo o electrão estiver do núcleo. Considerando a energia emitida, apenas 1% é emitida sob a forma de raios-X, enquanto os restantes 99% são emitidos sob a forma de calor [11, 13].

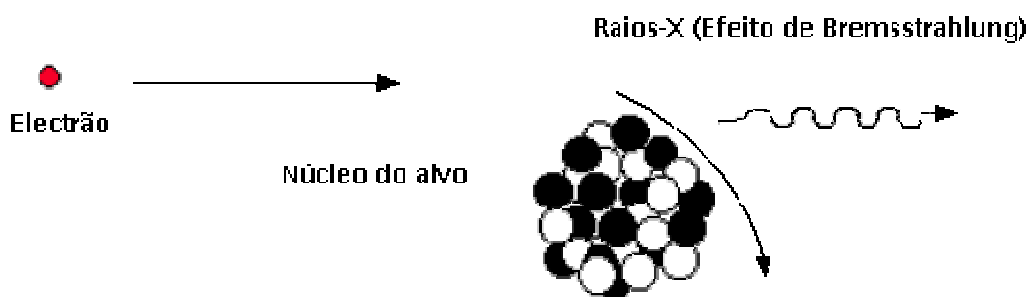


Figura 2.7 Representação do efeito de Bremsstrahlung [12]

A probabilidade deste efeito ocorrer em regiões próximas do núcleo é muito baixa devido à densidade nuclear. Assim, a maioria dos electrões sofrem interacções em regiões mais afastadas do núcleo e, como se pode observar na Figura 2.8, a maioria dos fotões produzidos possuem baixa energia, não numa faixa característica (como no fenómeno característico), mas sim com uma variação constante dependendo, tal como foi referido anteriormente, do co-seno do ângulo em questão. Esta é a principal fonte de fotões de raios-X, apesar de ter uma pequena probabilidade de ocorrer [11, 13].

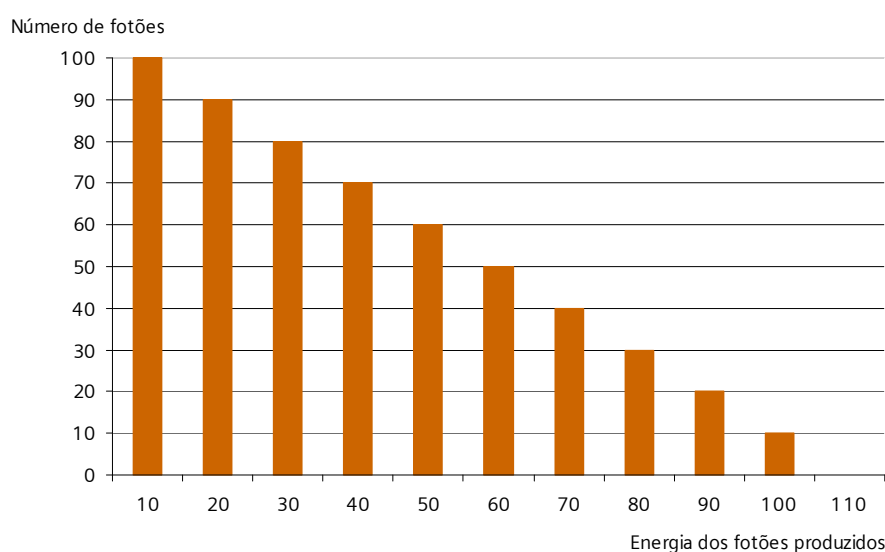


Figura 2.8 Relação entre a energia e o número de fotões produzidos [13]

(c) Colisão nuclear

O electrão colide com o núcleo e produz um fotão de elevada energia. Toda a radiação adquirida durante a aceleração entre os pólos (do cátodo até ao ânodo) é transformada em fotões de raios-X. A probabilidade deste fenómeno ocorrer é muito baixa [14-16].

Através da análise dos três fenómenos descritos acima verifica-se que a maioria da energia cinética é transformada em calor e, apenas uma pequena parte é emitida sob a forma de fotões e raios-X.

Na Figura 2.9 está representado um gráfico que relaciona a energia dos fotões com a intensidade relativa dos raios-X. A energia dos fotões é medida em KeV – centenas de electrões-volt – ($1\text{KeV} \approx 1,602 \times 10^{-16}$ joules). 1KeV é a energia adquirida quando um electrão atravessa uma voltagem de 1 volt no vácuo. A energia do fotão aumenta quando a voltagem a que este é submetido também aumenta. O aumento da voltagem provoca também o aumento da velocidade com que o electrão se movimenta entre os dois pólos e, conseqüentemente, aumenta o seu poder de penetração no átomo “alvo”, aumentando também a intensidade dos raios-X [11].

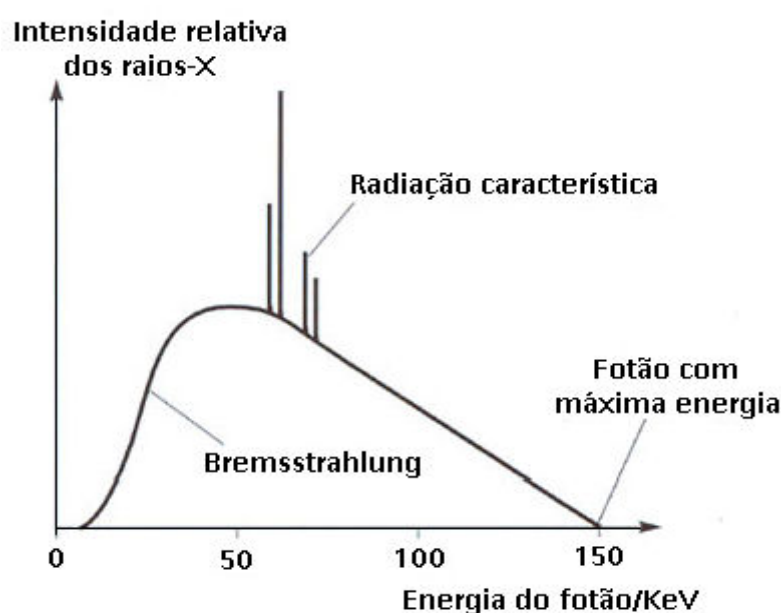


Figura 2.9 Análise dos fenómenos que permitem a formação de raios-X [17]

2.2.2.1 Fenómenos que promovem a interação dos raios-X com os tecidos

A interacção entre os raios-X e a matéria deve-se à interacção entre os respectivos fotões com partículas dessa matéria. A energia dos fotões pode ser absorvida ou dispersa pela matéria – atenuação. O número de fotões transmitidos através da matéria depende da espessura, densidade e número atómico desta e da energia dos respectivos fotões (Figura 2.10) [18].

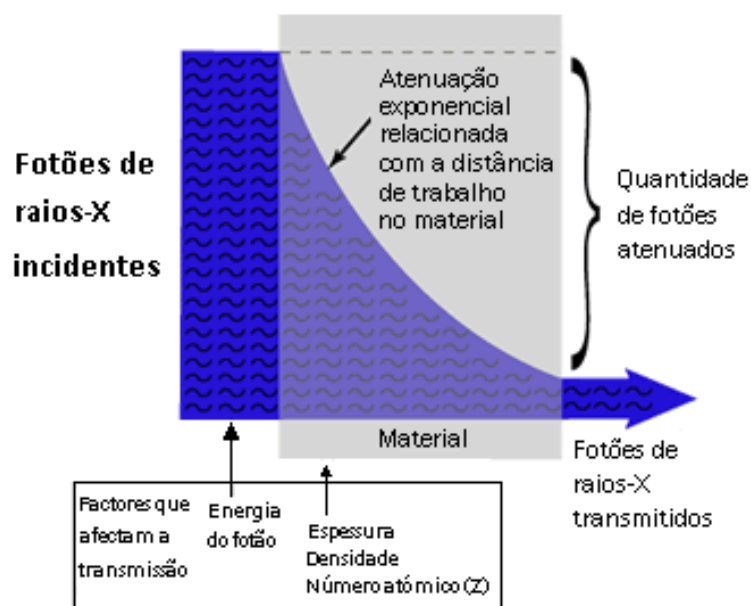


Figura 2.10 Factores que afectam a transmissão de fótons ao longo da matéria [18]

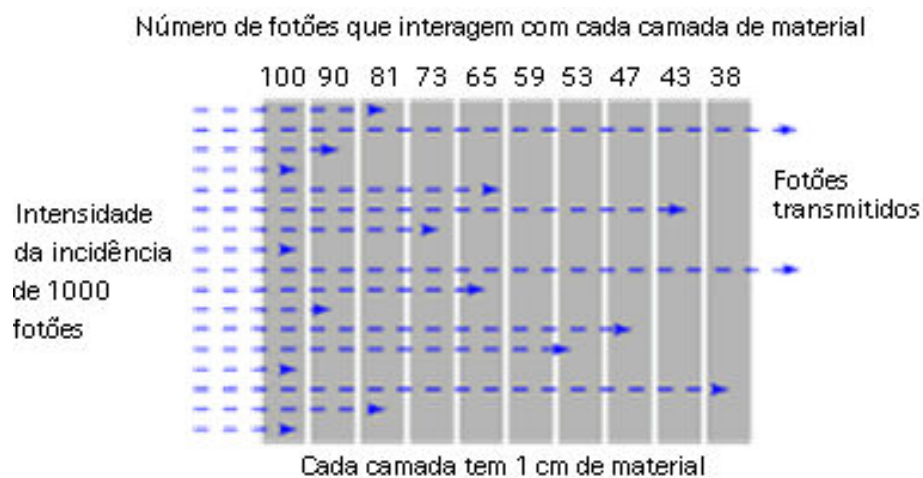


Figura 2.11 Interacção dos fótons com as camadas do material [18]

Através da análise da Figura 2.11 pode-se verificar que os fótons que entram em contacto com o material sofrem uma atenuação de 10% por cada camada deste que passam, sendo que os restantes 90% passam para a camada seguinte, onde 10% dos que passaram serão atenuados, e assim seguidamente até à última camada.

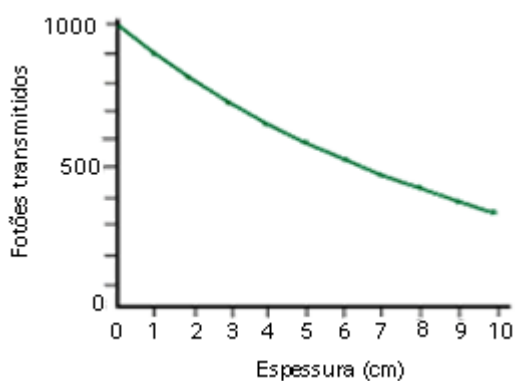


Figura 2.12 Número de fótons transmitidos, por cada camada, em função da espessura do material [18]

Através da observação da Figura 2.12, à medida que se vão ultrapassando as sucessivas camadas de material, o número de fótons transmitidos decresce exponencialmente, sendo atingido um valor constante após ser ultrapassada a última camada de material. Este número pode ser representado através da equação,

$$dI(x) = -I(x) \cdot n \cdot \sigma \cdot dx \Leftrightarrow I = I_0 \cdot e^{-n \cdot \sigma \cdot x}, \quad \text{Equação 1}$$

onde "I" representa a intensidade de fótons, "n" o número de átomos por cm^3 , " σ " a constante de probabilidade, "x" a espessura do material e "e" o número de Euler [18].

Esta fórmula pode ainda ser reescrita de outra forma, $I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$, em que μ é o coeficiente de atenuação linear que é característico do material e resulta de $\mu = n \cdot \sigma$. Esta fórmula é conhecida como a Lei de Beer-Lambert [18].

O processo de atenuação que resulta da interac o entre a radia o e a mat ria n o permite a forma o imediata dos raios-X. Estes resultam de um somat rio de atenua es resultantes, por sua vez, de diferentes tipos de interac es. Estas interac es s o resultado do efeito fotoel trico, espalhamento e produ o de pares.

As interac es entre a radia o e a mat ria podem ser observadas na Figura 2.13, onde a preto est o representados os quatro tipos de interac es existentes (entre a radia o e a mat ria) que contribuem para a absor o (efeito fotoel trico – EF –, espalhamento de Compton – C –, produ o de pares – PP – e o espalhamento de Thomson ou Rayleigh – R), enquanto que a vermelho est  representado uma aproxima o ao coeficiente de absor o total (μ) [19].

A maioria das radiografias é realizada no intervalo [0,1; 1,5] MeV. Deste modo pode-se concluir que o espalhamento de Compton e o efeito fotoeléctrico são as interacções que contribuem de forma mais significativa para o fenómeno de atenuação total [19].

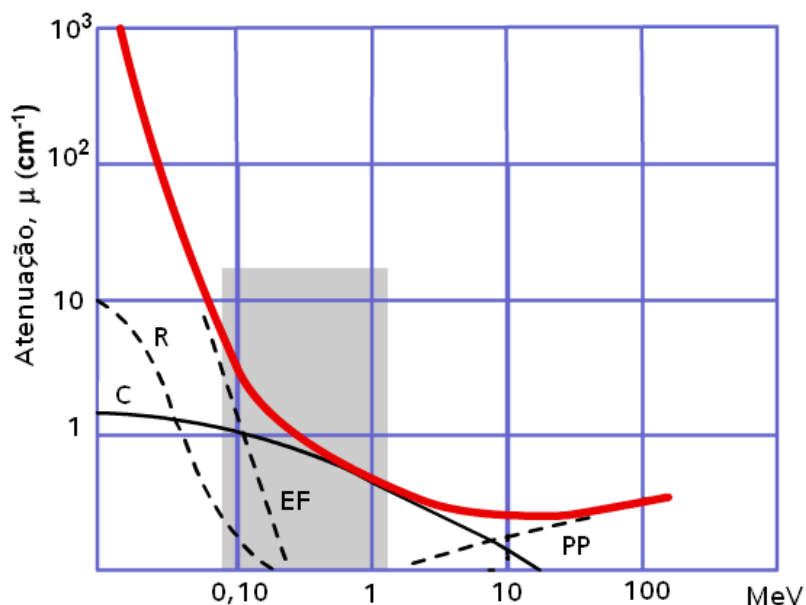


Figura 2.13 Diferentes interacções entre a radiação e a matéria [19]

2.2.3 Principais constituintes de um equipamento de radiografia

Os equipamentos de radiografia têm sofrido uma grande transformação ao longo dos anos. Inicialmente existia a radiografia convencional e só recentemente é que apareceu a radiografia digital (computorizada e directa). Esta evolução tem ocorrido de forma a proteger, tanto os profissionais de saúde (técnicos e médicos) que lidam com os equipamentos, como os doentes que eram os maiores lesados em todo o processo. Do ponto de vista clínico, os exames são mais esclarecedores, pois obtêm-se melhores e mais detalhadas imagens, são mais rápidos (o tempo de cada radiografia tem vindo a diminuir) e, do ponto de vista do doente, a dose de radiação que é emitida durante este tipo de exames diminuiu consideravelmente [14-16].

Em qualquer equipamento de radiografia, a ampola é o componente principal, pois é nela que é formada e emitida a radiação (raios-X) [14-16].

A ampola ou tubo de raios-X é formada, como já foi referido atrás, por um tubo de vidro que é revestido com óleo (para refrigeração) e chumbo (por ser um composto muito denso, absorve bem os raios-X), sendo que no seu interior existe um filamento de tungsténio, um cátodo e um ânodo e, o seu interior está sob vácuo [14-16].

O tungsténio é o composto preferencial para este tipo de dispositivos visto que tem um número atómico e um ponto de fusão elevados ($p_f > 3000^\circ\text{C}$). Este ponto de fusão elevado é extremamente útil pois a maioria da energia produzida no interior da ampola é sob a forma de calor e, caso o seu ponto de fusão fosse baixo, o composto fundiria com facilidade. O tungsténio, no qual os electrões irão colidir, está em movimento (disco em rotação), para que a área onde os electrões colidem seja alterada de modo a que o efeito do bombardeamento se distribua em torno do alvo, possibilitando, de certa forma, um pequeno arrefecimento [14-16].

Os raios-X são emitidos em todas as direcções, saindo somente por uma única abertura (denominada diafragma do tubo), não revestida por chumbo e que possibilita a focagem da radiação (direccionar o feixe de emissão da radiação) [14-16].

O vácuo existente no interior do tubo permite que os electrões não colidam com moléculas de gás, o que, caso aconteça, provocaria a sua desaceleração natural, antes de atingirem o tungsténio (que é o seu alvo) [14-16].

2.2.4 Evolução na Radiologia

A radiografia é um ECDT que utiliza os raios-X para observar os ossos [20].

A evolução dos equipamentos, que permitem a execução do exame radiográfico, implicou uma alteração do processo onde se inclui este exame.

A radiologia convencional e, conseqüentemente, a radiografia convencional, foi o primeiro meio que proporcionou a aquisição de imagens por meio dos raios-X. Esta metodologia possui alguns inconvenientes, como veremos de seguida, sendo que, a digitalização foi alcançada paralelamente ao avanço dos computadores e da informática. A radiografia digital inclui dois métodos principais que facilitam de sobremaneira todo o processo. São eles o método que inclui a radiografia computadorizada e o que inclui a radiografia directa [20].

2.2.4.1 Radiologia Convencional

São utilizados os feixes de raios-X, que interagem com o corpo do doente, para se obter uma imagem de uma estrutura interna do corpo que se pretende analisar. Esta imagem é obtida após a revelação do filme radiográfico utilizado no exame [21].

As imagens das radiografias convencionais são observadas através de películas fotográficas (envolvidas por cartões escuros – pretos), num ecrã luminescente inserido num ambiente escuro, para reduzir o excesso de luminosidade. A qualidade das imagens observadas era boa mas, alguns exames realizados tinham de ser repetidos visto que, ou por falha clínica (na aquisição das imagens) ou por resultados dúbios, não se conseguiam tirar as devidas conclusões acerca do referido exame [22].

Os filmes, que permitem a aquisição das imagens, possuem uma base de poliéster revestido por uma emulsão fotográfica e, através do auxílio de ecrãs de reforço, o efeito dos raios-X era potenciado sobre o brometo de prata (ou cloreto de prata), o que permitia reduzir significativamente o tempo de exposição do doente [10].

A revelação das imagens constitui um método químico, que ainda hoje é utilizado em alguns locais, mas com custos ambientais muito elevados [10].

Os ecrãs fluorescentes eram utilizados para a visualização das imagens. A radiação (raios-X), após atravessar o campo (com a estrutura) a observar, incide numa janela de cristais fluorescentes, que transforma os raios-X em luz visível. Porém, esta técnica implica a emissão de doses elevadas de radiação. Deste modo, a existência de intensificadores de imagem torna-se essencial visto que, este dispositivo (o intensificador de imagem) possui um primeiro ecrã fluorescente em contacto com um fotocátodo que produz electrões de acordo com o brilho desse ecrã. Os electrões produzidos são focados, através de uma lente electrónica, para um segundo ecrã (que está à saída do tubo), havendo, assim, um aumento do brilho inicial. À saída do tubo intensificador, há um sistema óptico que possibilita o envio da imagem obtida para um monitor de televisão [10].

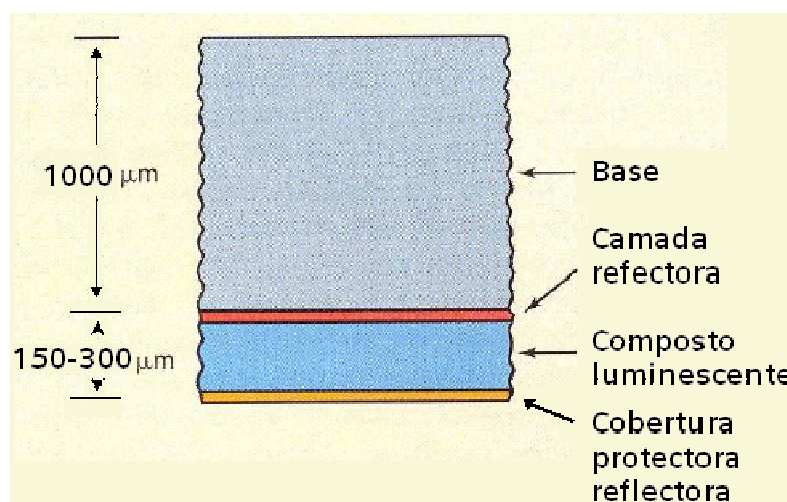


Figura 2.14 Esquema dos constituintes de um intensificador de imagem [12]

Este tipo de equipamentos tem sofrido uma evolução sendo que o aparecimento das mesas com grelhas Potter-Bucky (tanto vertical como horizontal, dependendo do tipo de radiografia) permitiu o aumento da qualidade das imagens. Estas grelhas são constituídas por finas lâminas de chumbo intervaladas com lâminas transparentes aos raios-X, que se movem durante a realização do exame e permitem a absorção da radiação secundária que é o principal gerador da deterioração da imagem [10].

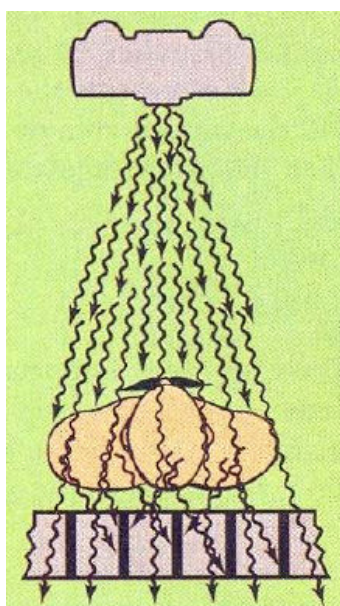


Figura 2.15 Grelhas anti-difusoras (Potter-Bucky) [12]

Na radiografia convencional, as imagens são obtidas através do enegrecimento de cristais microscópicos sensibilizados pelos fotões dos raios-X [23].

As primeiras técnicas de revelação das imagens (películas) radiográficas eram realizadas em câmaras escuras, contendo solutos, revelador e fixador, intervalados com tanques de água de lavagem. Este procedimento era realizado pelo técnico, o que permitia que, dependendo do exame requerido, o técnico pudesse interferir na qualidade da imagem, aumentando/reduzindo o tempo de revelação, o que possibilitava a correcção de uma hipo ou hiperexposição. Seguidamente, era realizada uma secagem, que geralmente acontecia numa estufa de modo a permitir a observação da imagem adquirida [10].

As máquinas de revelação automática surgiram no início dos anos sessenta (século XX) e permitiam a revelação, fixação e secagem automáticas, isto é, sem a interferência manual, excepto na colocação do filme na máquina. Mas, foi nos anos oitenta que apareceram as primeiras máquinas de revelação à luz do dia e que conseguiam

descarregar automaticamente os chassis, enviavam a película para os solutos e voltavam a carregar o chassis (cassete) [10].

Todos estes procedimentos são ainda usados em muitas clínicas/hospitais que realizem o exame radiográfico pois, apesar de serem tecnologias pouco amigas do ambiente, algo demoradas e, deste modo, pouco produtivas, têm vantagens honorárias aquando da aquisição dos equipamentos.

2.2.4.2 Radiologia Digital

A digitalização da radiologia, e mais especificamente, da radiografia, ocorreu paralelamente à evolução dos computadores. Esta digitalização utiliza sistemas computacionais para a transferência, armazenamento e tratamento (pós-processamento) das imagens adquiridas [23].

Digitalizar uma imagem consiste em transformar os dados analógicos adquiridos em informação numérica [10].

A existência de mecanismos de comunicação, transferência e armazenamento de dados (na forma de imagens) potenciou o trabalho em rede, onde passaram a haver trocas de informação dos doentes, dos exames e protocolos e ainda, passaram a poder armazenar-se essas mesmas informações (que incluem exames e documentos) [23].

Em Serviços de Diagnóstico de Imagem, este tipo de sistema tem o nome de RIS ("Radiology Information System"). Este sistema adquire uma maior eficiência quando está conectado com o sistema de informação hospitalar HIS ("Hospital Information System") [23].

Depois do aparecimento dos sistemas RIS e HIS, apareceu também o sistema WAN ("Wide Area Network") que resultou do desenvolvimento das redes de computação a longa distância e de software moderno de transmissão de dados. Deste modo, clínicas, hospitais e até residências particulares passaram a poder receber arquivos de imagens e a proceder ao seu próprio tratamento, com vista ao diagnóstico médico [23].

A digitalização das imagens radiográficas permitiu a intervenção separada em cada um dos processos efectuados durante a obtenção da imagem: aquisição, processamento e armazenamento.

Uma imagem radiográfica pode ser digitalizada de diferentes formas:

(a) Digitalização de um filme radiográfico

É utilizado para:

- Enviar uma imagem convencional por telerradiologia (envio de imagens para equipamentos que estão em pontos distantes do Serviço).
- Armazenar uma imagem convencional em formato digital.

Este processo ocorre através da acção de um scanner, que tem incorporado um foco intenso de raios laser, que atravessam o filme e, a luz emitida (como resultado dessa interacção) é detectada, havendo um fotodíodo que a converte em sinal eléctrico e um ADC (conversor analógico/digital) que converte o sinal eléctrico numa imagem digital [10].

A digitalização pode ocorrer ainda, através de um CCD (Charge Coupled Device). Neste caso, em vez dos raios laser, é usada uma luz policromática convencional. A luminosidade que resulta da interacção dessa luz com o filme é detectada pelo conjunto de CCDs, que são constituídos por elementos fotossensíveis que armazenam a energia eléctrica, dependendo da luz recebida e, transferem-na para uma região de leitura, onde é transformada em sinal [10].

(b) Intensificador de imagem digital

Um feixe de fótons de raios-X incide num ecrã, produzindo luz (quantidade equivalente ao feixe de fótons incidente). Uma câmara de vídeo, com outro ecrã, capta a luz que foi focalizada por um conjunto de lentes. Esta câmara emite, posteriormente, um sinal electrónico que é transformado numa imagem por um ADC [10].

(c) Radiologia Computorizada

Os chassis usados na radiologia convencional foram substituídos por placas de fósforo [10].

Os ecrãs IP ("Imaging Plate") utilizados para este efeito são constituídos por flúor e bário, numa base de európio, colocada sobre um suporte de poliéster ou chumbo e alumínio, sendo revestidos de forma a serem permeáveis aos raios laser e aos raios-X. Este revestimento também os protege, visto que estas placas são reutilizáveis [10].

Quando os IPs são expostos à radiação, os electrões das camadas fosfoluminescentes sofrem variações de energia que depende da quantidade de fotões que os atingem. A imagem permanece inalterada no IP desde que este se encontre dentro da mesma gama de energias e apenas durante um certo tempo. O tempo de semi-vida de uma imagem num IP é 19 horas mas, depois de 8 horas, há um decréscimo de 25% na emissão luminosa [10].

A digitalização desta imagem ocorre quando o ecrã fosfoluminescente é varrido por um feixe de raios laser. A luz emitida após esse varrimento possui uma cor diferente da luz vermelha dos raios laser, sendo direccionada para os tubos fotomultiplicadores, que a transformam em corrente eléctrica. A imagem só é obtida quando o amplificador converte a corrente eléctrica num sinal analógico (pixel) [10].

Depois de obtida a imagem, o IP é varrido homogeneamente por luz fluorescente, que possibilita o retorno ao estado inicial, para posterior utilização [10].

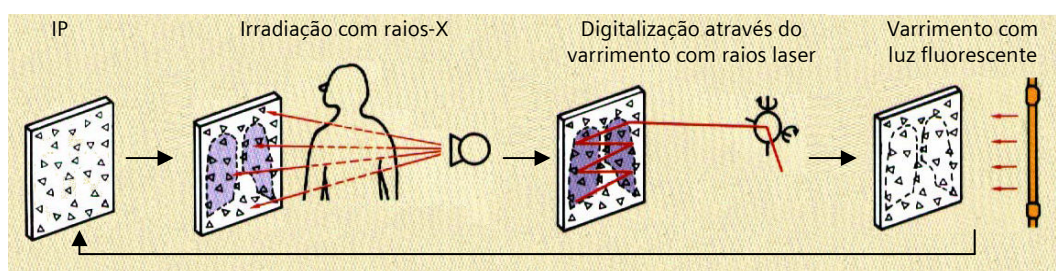


Figura 2.16 Representação esquemática das etapas que caracterizam a radiografia computadorizada [24]

A radiografia computadorizada permite a redução da dose de radiação pois a imagem, após adquirida, é pós-processada, podendo fazer-se ajustes ao nível, por exemplo, do brilho e contraste e, assim, consegue-se uma optimização da qualidade da imagem. Este processamento da imagem é realizado num computador, através da utilização de um software específico [10, 22].

Os maiores inconvenientes desta tecnologia são o elevado preço, em comparação com os equipamentos de radiografia convencionais, a baixa duração e o preço dos IPs de fósforo e a fraca resolução espacial [10].

Na radiografia computadorizada é essencial a existência de chumbo nos chassis pois esta é mais sensível à dispersão luminosa [10].

Nos hospitais existe uma rede, o PACS (Picture Archiving and Communication System), que permite que a imagem digitalizada possa ser enviada e guardada directamente neste sistema [10].

(d) Radiologia Directa

A radiologia directa é um novo processo que permite a aquisição directa de imagens, num ecrã plano ou num conjunto de detectores, sem a intervenção de um conversor de leitura intermédio (as chamadas películas, na radiologia convencional, e IPs, na radiologia computadorizada). Consequentemente, não são necessários intermediários que medeiam a conversão entre a imagem latente e a imagem real [10, 24].

Na radiografia directa os fotões de raios-X são capturados por um detector que, por intermédio de um sistema digital, os converte na imagem que aparece no monitor do computador. O conversor usado no método convencional é, no método digital, substituído por uma matriz activa, associada a um circuito eléctrico [24].

Existe um TFT ("thin film transistor"), por cada pixel das diferentes fileiras, que está ligado a um circuito de distribuição. Deste modo, todos os TFTs de uma fileira estão conectados simultaneamente em colunas de pixels que, por sua vez, estão conectados com um pré-amplificador [24].

Os impulsos de cada uma das fileiras são expostos à radiação, sendo que depois são amplificados. O sinal resultante dessa amplificação é digitalizado num ADC, ficando armazenado na memória do processador de imagem digital. Este processo ocorre para cada uma das fileiras e, só no final de todas elas terem sido expostas, os respectivos sinais terem sido amplificados, digitalizados num ADC e guardados na memória do processador, é que surge a imagem adquirida. Este é um processo bastante rápido (poucos segundos) e a imagem resultante pode ser enviada directamente para o PACS [24].

Para a detecção da imagem são utilizados detectores planos ou câmaras CCD e um dispositivo digital que permite a descodificação da imagem recebida [24].

2.2.4.3 Comparação entre Radiografia Convencional e Radiografia Digital

A radiografia digital veio alterar a modo como a radiografia era feita até então. Assim, no Quadro 2.1, são descritas algumas características comparativas de ambos os métodos, sendo apresentadas as vantagens/desvantagens de cada uma delas.

Quadro 2.1 Comparação evolutiva entre a Radiografia Convencional e a Digital [24]

Classe	Características	Radiografia Convencional	Radiografia Digital	
			Computorizada	Directa
Diagnóstico por imagem	Radiação dispersa	Até 90 %		
	Variedade de atenuações	Grande		
	Películas	Elevado contraste	Baixo contraste	Não possui
	Controlo automático da radiação	Não possui. Pode levar a uma sobre- e sub-exposição	Possui	Possui
	Imagens	Baixa resolução Boa resolução espacial Presença de artefactos	Boa resolução (matrizes desde 2000 x 2000 até 4000 x 4000) Resolução espacial inferior Presença de alguns artefactos	Muito boa resolução Resolução espacial inferior
	Latitude da exposição	2/3 kV	Até 10 kV	
	Envio de imagens	Pessoal	Digital. HIS e RIS	Digital. HIS e RIS
Custo	Investimento inicial	Reduzido	Elevado	Muito elevado

	Películas	Maior dimensão, mais caras	Pequenas, mais baratas IPs reutilizáveis	Sem películas
	Processamento	Químico, soluções muito caras	Digital	Digital
	Impressoras	Laser, muito caras		
Ergonomia	Perda de películas	Ocorre. 20 % destas não são encontradas em tempo útil	Rara	Sem películas
	Processamento	Químico e moroso Promove erros de leitura	Digital	Digital
	Repetição de aquisição de imagens	Frequentes	Pouco frequentes	Raras
	Dose de radiação	Muito elevada	Elevada	Redução superior a 20 %
	Produção	As repetições reduzem o número de exames realizados	Elevado	Elevado
	Arquivo de imagens	Em papel	Digital	Digital

3 Análise de um Serviço de Radiologia

Este capítulo tem como principais objectivos o estudo do fluxo de trabalho de um SR óptimo. Para tal, têm de ser mapeadas as tarefas que compõem o fluxo de trabalho e caracterizadas ao nível dos recursos humanos e tecnológicos, e espaços físicos.

A análise dos volumes assistenciais radiográficos em Portugal, em comparação com alguns países da Europa e com os Estados Unidos da América (EUA) é muito importante para se poder enquadrar a realidade Portuguesa no contexto Europeu e até Mundial e, perceber-se a necessidade de optimização de processos nesta área clínica.

O Sistema de Saúde Português é composto pelo Serviço Nacional de Saúde (SNS) (instituições e serviços oficiais prestadores de cuidados de saúde, dependentes do Ministério de Saúde), que é constituído por Instituições Públicas (por exemplo, hospitais militares) e Entidades Privadas, e por profissionais que estabeleçam acordos com o SNS (por exemplo, algumas clínicas de radiologia, fisioterapia) [25].

O PCS é constituído por diversos Serviços, nomeadamente pelo SR, sendo que este tem como principal objectivo a realização de ECDT solicitados pelos doentes. Esta solicitação tem de ser acompanhada por uma prescrição médica (quer seja proveniente do interior como do exterior do PCS).

Devido às contingências da actualidade, torna-se essencial maximizar a produção, reduzindo os custos associados a estes serviços, elevando o patamar de qualidade com que a prestação de cuidados de saúde é efectuada. Devem tomar-se medidas que visem uma gestão equilibrada dos recursos intervenientes nas tarefas para se atingir a maximização do número de doentes atendidos, diminuição dos tempos de espera, a que cada qual está sujeito, e dos custos inerentes a cada exame. Deste modo consegue-se otimizar a prestação de cuidados de saúde e com isto, atingem-se os objectivos descritos anteriormente.

Para se proceder à optimização de um SR é necessário modelar os seus fluxos de trabalho. Assim, torna-se fundamental a caracterização e o mapeamento das tarefas que compõem os fluxos de trabalho e a análise dos volumes assistenciais inerentes a cada fluxo.

Um SR sustentado por este modelo tende a aumentar a sua eficiência, tanto do ponto de vista organizativo como do ponto de vista de produtividade e qualidade. Um SR eficiente dedica especial atenção à chegada de um doente, sendo que um exame previamente marcado deve ser preparado antecipadamente para corresponder à qualidade, clínica e de serviço, a que se propõe. Deve ser prestada atenção ao doente, mas a prestação dos cuidados de saúde é fundamental para a satisfação dos intervenientes (doente e funcionários do SR). A elaboração de um fluxo de trabalho tem de ter em consideração os principais objectivos, tanto do PCS como do doente sem, no entanto, se restringir a eles, de forma a não influenciar o processo.

O processo radiográfico é definido por três módulos, tal como esquematizado na Figura 3.1.

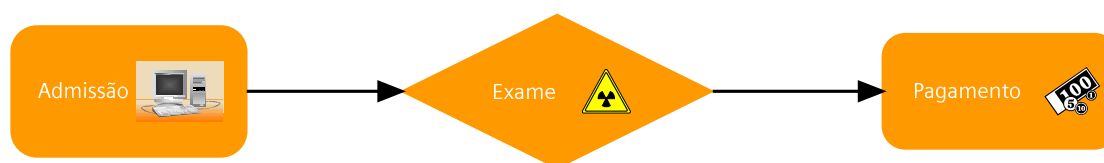


Figura 3.1 Sequência dos três módulos que compõem o processo radiográfico

O módulo “Exame” é aquele que possui maior interesse para ser estudado devido ao facto de possuir a tarefa de valor acrescentado (tarefa exame). Neste módulo intervêm

os diferentes recursos, sendo que as tarefas que o compõem estão relacionadas com as suas atitudes e comportamentos tornando-se extremamente difícil padronizar e sistematizar o funcionamento de um SR.

Existem alguns pontos que afectam e prejudicam o processo radiográfico, entre os quais:

- A chegada dos doentes ao SR (individual ou em grupo);
- O tempo de chegada dos doentes;
- O atraso dos doentes relativamente à hora marcada para o exame;
- O estado de espírito dos doentes e o modo como encaram o tempo de espera a que estão sujeitos;
- A morosidade dos doentes a desempenhar as diferentes tarefas (principalmente no vestiário).

As TI são extremamente importantes para que um qualquer serviço seja eficiente. Mas, a aquisição e instalação isoladas de uma solução de TI não é suficiente para melhorar a eficiência de um qualquer serviço. É essencial que se tire o máximo proveito dos recursos intervenientes em todo o processo e sejam disponibilizados os meios necessários para que o serviço prestado possa ser qualitativamente melhor. Deste modo, é essencial otimizar os fluxos de trabalho destes serviços para que se proceda, caso seja necessário, a uma transformação da abordagem à prestação de cuidados de saúde, por parte do PCS.

3.1 Estado da arte dos Serviços de Radiologia

O aumento da competitividade no sector da saúde, principalmente no sector privado, provocou uma atenção acrescida à qualidade e eficiência da prestação de cuidados de saúde. O crescimento a este nível do sector privado revelou conseqüentemente, a necessidade de tomar medidas idênticas no que diz respeito à prestação de cuidados de saúde. A análise da produtividade dos diferentes PCS é extremamente importante para se avaliar o impacto de alterações efectuadas ao nível dos fluxos de trabalho [26].

Neste processo, o doente é o interveniente principal, sendo aquele a quem os SR pretendem satisfazer e por isso, no planeamento/programação do dia de trabalho,

assim como dos diferentes exames que serão realizados, o doente deve ser tido em consideração e deve ser um interveniente directo no mapeamento/organização do fluxo de trabalho de qualquer SR.

Sendo o doente a função objectivo de cada SR, a sua satisfação é um factor primordial. Um dos factores que é muito importante para o doente é o tempo de espera a que está sujeito antes da realização do respectivo exame. Deste modo é essencial minimizar esse tempo de espera de forma a maximizar o seu conforto e aumentar fluidez do Serviço. Simultaneamente é importante reduzir o tempo total de permanência de um doente num SR. Para tal, deve haver um modelo de gestão baseado no processo. Para proceder desta forma é fundamental que o processo de optimização aplicado tenha como princípios básicos, o doente, as suas necessidades e o seu bem-estar, enquanto mantém os níveis de eficiência na prestação de cuidados de saúde e um fluxo de trabalho consistente com estes objectivos [26].

Nos hospitais e clínicas privadas a satisfação do doente é fundamental pois são entidades que apresentam volumes assistenciais inferiores aos verificados para o sector público. São serviços remunerados e o doente é o alvo que se pretende cativar e assegurar por meio da sua satisfação, característica esta que é adquirida através da qualidade com que a prestação de cuidados de saúde é efectuada. No caso dos hospitais públicos, que possuem um volume assistencial muito superior, o objectivo principal é dar respostas rápidas às solicitações diárias, em detrimento da qualidade do serviço prestado e das necessidades dos doentes [26].

Para o bom funcionamento do SR deve ser garantido aos recursos humanos um conjunto de ferramentas e soluções que visem suportar o volume assistencial e, conseqüentemente, otimizar o respectivo fluxo de trabalho. Na conjuntura económica em que estas entidades de saúde estão inseridas, não é crível que para aumentarem a qualidade dos serviços e a satisfação dos doentes aumentem os respectivos custos. Assim, a optimização do fluxo de trabalho tem de, pelo menos, manter os custos de operação, definir e organizar as tarefas de modo a permitir o aumento do volume assistencial, mantendo a qualidade do serviço. Deste modo, e através do aumento do volume assistencial, é possível aumentar as receitas destes serviços e, ainda assim, o doente fica sujeito a uma redução do tempo em que decorre o processo radiológico (havendo em paralelo, a redução do tempo de espera dos doentes) [26].

3.2 Caracterização do Serviço de Radiologia

Para delinear as competências e responsabilidades de cada recurso humano e espaço físico presente no SR para o exame radiográfico, efectuou-se uma análise detalhada de directrizes e normas nacionais e internacionais assim como da legislação nacional aplicável a unidades de radiologia.

Os recursos humanos devem realizar um reduzido número de tarefas, com objectivos claramente definidos e diferentes dos demais, de forma a potenciar o aumento da concentração de cada um destes no desempenho das suas funções [26]. Os espaços físicos devem ter as valências necessárias que suportem as necessidades do serviço.

As instalações radiológicas devem situar-se em locais de fácil acessibilidade a todo o tipo de doentes (portadores ou não de deficiências), bem ventilados e, devem dispor de meios físicos que permitam o abastecimento de água, o saneamento, a utilização de energia eléctrica e de telecomunicações. Estas instalações não devem ser localizadas na proximidade de zonas industriais (onde há a emissão de resíduos poluentes e de ruído), insalubres e perigosas [26].

Os Serviços de radiologia distribuem-se segundo três categorias, de acordo com a diversidade de exames radiológicos realizados pelo serviço e o número médio de exames efectivados anualmente, tal como está definido no Tabela 3.1 [27]:

Tabela 3.1 Volume assistencial imagiológico anual por tipo de PCS [27]

Tipo de Hospitais/Clínicas	Número de exames imagiológicos	Exames por ano
Pequenos	11	100000
Médios	28	300000
Grande dimensão	86	1000000

3.2.1 Recursos Humanos

Para enumerar e descrever as competências e responsabilidades dos recursos humanos intervenientes num SR para a execução do exame radiográfico foi necessário recorrer, tal como referido na secção 3.2, a directrizes e orientações quer nacionais quer internacionais mas, atribuindo maior relevo às normas nacionais pois são essas que um PCS português tem que seguir. As directrizes internacionais encontradas representam

apenas referências que se devem seguir para uniformizar a prestação de cuidados de saúde.

Aos quadros de qualquer SR devem pertencer médicos radiologistas, especialistas em física médica, técnicos de radiologia, administrativos e assistentes de radiologia [28, 29].

3.2.1.1 Médico Radiologista

O médico radiologista é o recurso humano que possui uma especialidade em radiologia tendo, assim, competências para a execução de uma ou mais modalidades de física médica (de radiologia) [28, 29].

Apenas o médico radiologista pode ser director clínico de um SR pois é o único recurso humano com competências para tal (médico especialista em radiologia, inscrito na Ordem dos Médicos). Para assumir a direcção de um SR, o médico terá de estar fisicamente presente nesse Serviço, de modo a garantir a qualidade dos serviços prestados no mesmo. Caso tenha de estar ausente, deve ser substituído por um outro interveniente com as mesmas habilitações. Entre outras obrigações que este recurso tem, é ele quem pode aprovar/reprovar o relatório anual da instituição [30].

O médico radiologista é o recurso responsável por todos os actos clínicos praticados no SR visto que é ele que elabora o relatório final dos doentes, sendo o responsável pela interpretação dos resultados obtidos em cada exame imagiológico [29, 30].

3.2.1.2 Especialista em física médica

O especialista em física médica tem a seu cargo funções de optimização, dosimetria do doente e a garantia de qualidade, incluindo o controlo de qualidade, podendo dar pareceres sobre assuntos relacionados com a protecção radiológica [31].

3.2.1.3 Técnico de Radiologia

Quer para a radiologia convencional quer para a digital, o técnico radiologista é o recurso que deve possuir formação nos equipamentos que vai utilizar. Deve também possuir um certificado autenticado em radiologia. Para além de estar habilitado a desempenhar estas funções, o técnico de radiologia deve ainda ter conhecimentos físicos sobre a protecção radiológica, sobre os perigos da exposição radiológica, quer

para os doentes, quer para o pessoal clínico e sobre a maneira de monitorizar as doses de radiação [28, 29].

O técnico de radiologia deve estar preparado para realizar qualquer exame radiológico de diferentes modalidades de imagem médica. Tem, também, de avaliar a acuidade clínica das imagens adquiridas [28].

3.2.1.4 Assistente de Radiologia

O assistente de radiologia deve ser um profissional qualificado a desempenhar funções relacionadas com o acolhimento e acompanhamento do doente ao longo do SR, a informação sobre o exame radiológico que este vai realizar e a selecção de exames marcados anteriormente. Possui ainda funções de ajuda ao técnico no posicionamento e na retirada do doente do equipamento [29, 32].

3.2.1.5 Administrativo

O administrativo possui funções de marcação do exame, admissão do doente, pagamento e entrega de resultados, funções que são desempenhadas nos respectivos balcões.

De acordo com as leis e a Portaria Portuguesa, não são especificados quais os recursos que devem estar presentes num SR. No entanto é referido que “As unidades de saúde devem dispor, para além do director clínico, do pessoal técnico necessário ao desempenho das funções para que estão licenciadas.”. Deste modo verifica-se que em Portugal não existem directrizes que condicionem a utilização de diferentes recursos, excepto para o caso do director clínico [30].

Nesta portaria, é igualmente referida a obrigatoriedade da existência de um médico da especialidade sempre que sejam realizados exames com contraste [30].

3.2.2 Espaços Físicos

Segundo a portaria “Unidades Radiologia”, um SR deve ser constituído por diferentes áreas, nomeadamente:

- Área de acolhimento: contém a recepção/secretaria, zona de espera e uma instalação sanitária reservada aos doentes [30].
- Área clínica/técnica, que contém a sala de urgência, sala de ossos e tórax, sala de digestivos, urografias e tomografias lineares, sala de mamografia, sala de ecografia, sala de tomografia computadorizada (TC), sala de comando e sala técnica, sala de angiografia, sala de preparação e recobro, sala de comando, sala de ressonância magnética, sala de preparação e recobro e sala de densitometria óssea [30].
- Área pessoal: é constituída por vestiário, instalação sanitária, zona de relatórios, gabinete de reuniões e uma sala, todos destinados para o pessoal do Serviço [30].
- Área logística: é constituída pela sala de sujos e despejos, duas salas de desinfecção, zona de roupa limpa, zona de material de uso clínico, zona de material de consumo, sala de equipamento, sala do material de limpeza [30].

Nesta secção só serão caracterizadas as salas que têm interferência directa no fluxo de trabalho do exame radiográfico.

3.2.2.1 Recepção/secretaria

Zona de atendimento ao público em geral, constituída por um local onde os administrativos realizam a marcação do exame, a admissão do doente, a entrega de resultados e o pagamento dos diferentes exames. O número de espaços deve ser suficiente para responder ao normal volume assistencial e deve estar separado pelas diferentes funções lá desempenhadas [30].

3.2.2.2 Sala de Espera

Local com dimensões e lugares sentados suficientes para a espera dos doentes e, possivelmente, dos respectivos acompanhantes. Deve localizar-se junto à recepção/secretaria, podendo esta estar incluída no mesmo espaço físico [30].

3.2.2.3 Sala de Urgência

Local destinado à realização de exames de urgência, sendo que a sua existência está dependente da existência ou não de Serviço de urgência na unidade do PCS em questão. Deve possuir uma área mínima de 20 m² [30].

3.2.2.4 Sala de Ossos e Tórax

É geralmente designada como sala de exame e possui um equipamento com Potter-Bucky vertical móvel e uma mesa bucky fixa. A área mínima útil do Potter-Bucky vertical é 9 m² enquanto que a do bucky horizontal é de 14 m² [30].

3.2.2.5 Sala de Comando

Esta sala é geralmente conhecida como a sala de controlo e possui a estação de trabalho que permite a aquisição, tratamento e armazenamento das imagens [30].

Qualquer espaço físico pertencente a um SR tem de estar adaptado a deficientes [30].

Todas as outras salas identificadas, e que pertencem ao SR, não interferem directamente com o fluxo de trabalho.

3.2.3 Recursos Tecnológicos

Existem dois grandes grupos de equipamentos: os convencionais e os digitais. A diferença entre ambos está nos factores que influenciam a qualidade da imagem, tais como, a resolução espacial, o contraste e o ruído.

Não existem leis que limitem a utilização de um certo tipo de equipamento mas, no entanto, através de diversos estudos e orientações verifica-se que a utilização de equipamentos digitais acarreta muitos benefícios tanto para o SR como para o doente visto que a dose de radiação emitida, a protecção radiológica que este tipo de equipamentos possui, a qualidade da imagem produzida, entre outras características (secção 2.2.4.3) são consideravelmente melhores para todos os intervenientes. O maior inconveniente da radiografia digital é o custo inicial de aquisição do equipamento, que é muito maior.

3.3 Análise dos volumes assistenciais

A análise dos volumes assistenciais em Portugal, em alguns países da Europa e nos EUA é importante para se avaliar a diferença de utilização deste ECDT nos diferentes países referenciados, e para se confirmar, a necessidade de optimização dos SR em Portugal.

3.3.1 Volume assistencial em Portugal Continental

Os dados nacionais apresentados nesta secção têm como fonte estatísticas realizadas pela Direcção Geral de Saúde (DGS) em cooperação com a Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS).

A análise foi feita para o sector público e separadamente para Hospitais e Centros de Saúde.

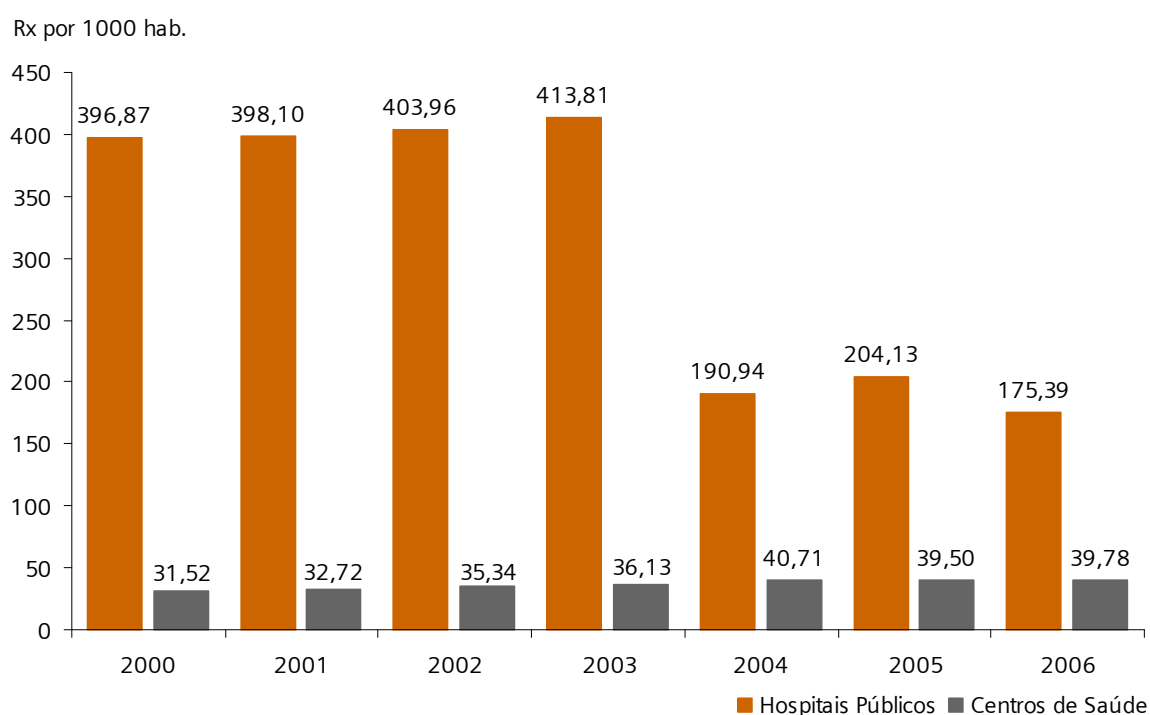


Figura 3.2 Número de radiografias, por 1000 habitantes, em Portugal Continental [33]

Através da observação da Figura 3.2 pode verificar-se que o volume assistencial hospitalar, entre 2000 e 2003, é pouco variável. Entre 2003 e 2004 houve uma redução acentuada de aproximadamente 53% do volume assistencial registado até à data. Este valor permaneceu, até 2006, aproximadamente constante. Este facto sugere que esta redução não foi ocasional e que têm de existir razões que a sustentem. Nos centros de saúde o volume assistencial permaneceu, entre 2000 e 2006, com uma baixa taxa de

produtividade (com uma média de 36,53 exames por 1000 habitantes e um desvio padrão de 3,6) e sem grandes oscilações [33].

Sendo os hospitais públicos os grandes responsáveis pela realização de radiografias no sector público, era importante analisar-se a razão (ou possíveis razões) desta redução de volume assistencial.

A radiografia é um ECDT mais realizado em Portugal (sendo um dos mais realizados em todo o mundo). Através da evolução dos equipamentos, as doses de radiação emitidas têm vindo a baixar substancialmente. Deste modo, e de acordo com o maior conhecimento das potencialidades das diferentes tecnologias, a radiografia poderia ter sido substituída por outros ECDT tais como a TC ou a ressonância magnética (RM). Assim é essencial realizar-se uma análise dos volumes assistenciais de ambos os exames para se poder verificar se o volume assistencial teria tido um comportamento inverso ao que teve na radiografia.

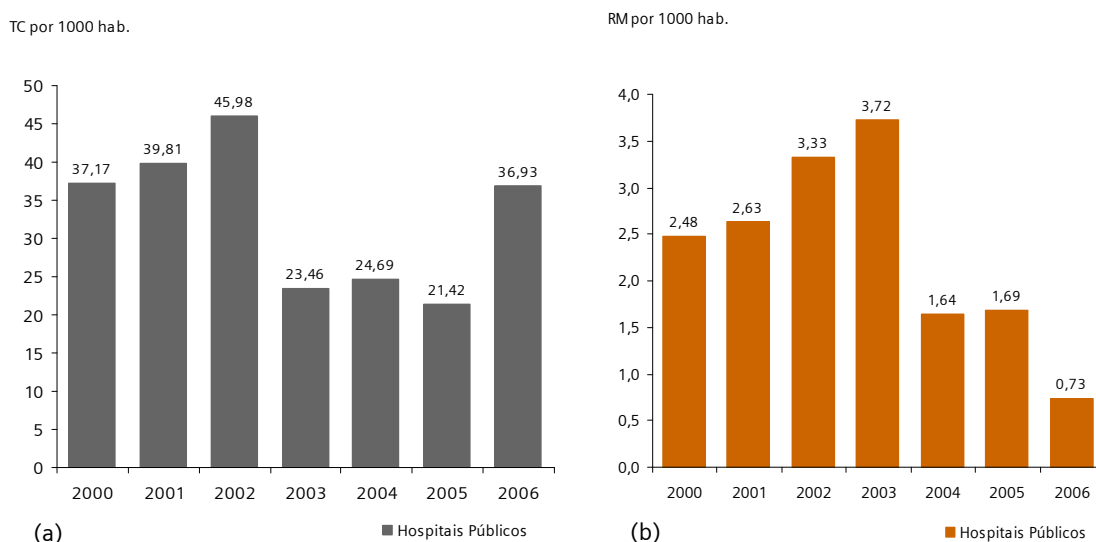


Figura 3.3 Número de exames, por 1000 habitantes, em Portugal Continental [33]

(a) TC; (b) RM

Para verificar esta hipótese foram analisados os números de radiografias realizadas nos hospitais públicos, quer ao nível da TC quer ao nível da RM. Através da análise destes dois gráficos verifica-se que esta hipótese não pode ser encarada como possível pois, para tal, teria de ter havido um aumento significativo, entre 2003 e 2004, do número de exames realizados, o que não se verifica.

Outra hipótese possível é a que o volume assistencial radiográfico no sector privado aumentou de modo a suportar os 53% de perda observada no sector público. Uma vez

que, ao contrário do que acontece no sector público onde existe uma entidade (DGS) que realiza e divulga os resultados estatísticos, o mesmo não se verifica ao nível do sector privado, onde cada entidade é responsável pela realização e divulgação dos resultados estatísticos. Deste modo, e não havendo a possibilidade de verificar os mesmos dados para o sector privado, de forma a caracterizar o número de exames realizados através de convenções entre o Sistema Nacional de Saúde (SNS) e o sector privado, a população portuguesa passou a utilizar de forma mais assídua este sector, beneficiando das convenções existentes [30].

3.3.2 Volume assistencial de alguns países da Europa

Depois da análise interna, pretende-se realizar um estudo comparativo do volume assistencial evidenciado em Portugal com alguns países da Europa.

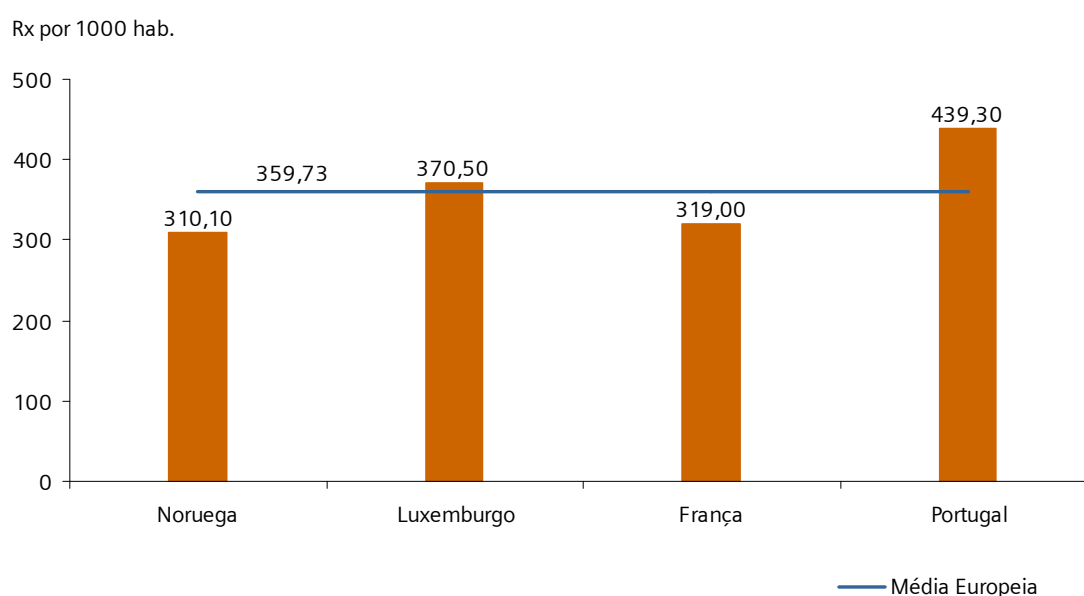


Figura 3.4 Número de radiografias por 1000 habitantes, realizados em alguns países da Europa para o ano de 2002 [34, 35]

Para a realização de estudo comparado, no que diz respeito ao volume assistencial do sector público a nível europeu foram considerados a Noruega, o Luxemburgo e a França. Através da análise da Figura 3.4 verifica-se que Portugal é o país onde, no ano de 2002 (ano em que foi possível obter dados do número de radiografias para estes países), foi efectuado um maior número de exames radiográficos por cada 1000 habitantes.

A nível Europeu foi ainda possível verificar o tipo de radiografias mais realizado em alguns países analisados.

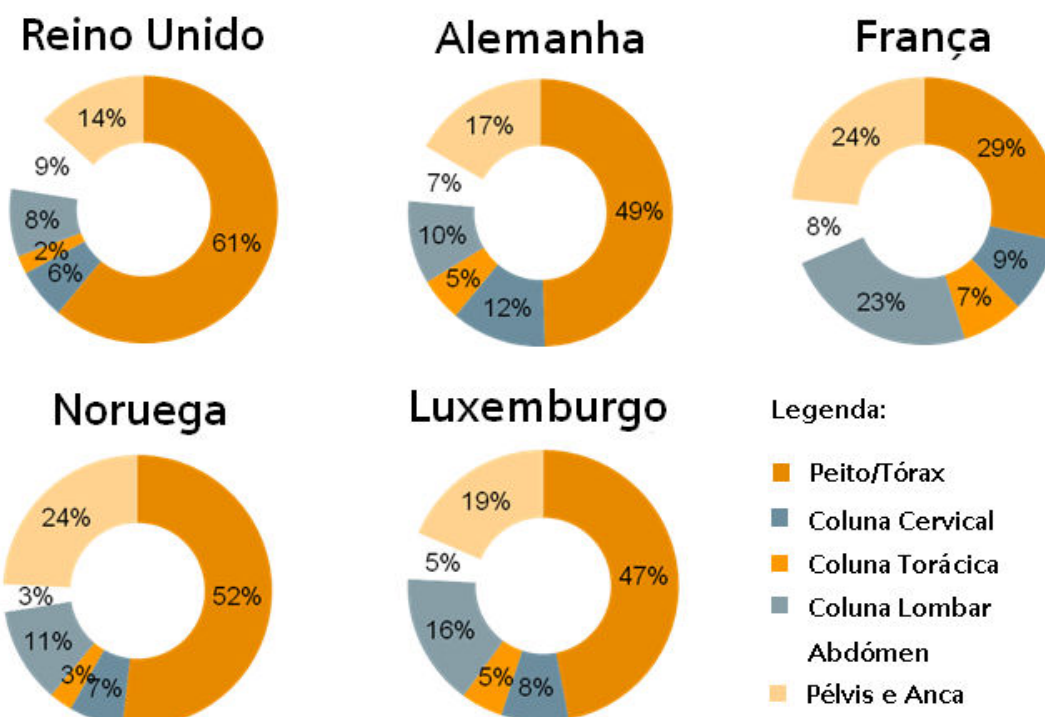


Figura 3.5 Comparação dos volumes assistenciais em alguns países europeus em 2004 [34]

Esta análise permitiu concluir-se que a radiografia ao tórax é o exame mais realizado, sendo que sozinha abrange aproximadamente 50% do volume assistencial destes países, como evidenciado na Figura 3.5. Em Portugal não existe uma entidade que faça a recolha deste tipo de dados, sendo que esta análise pode ser comparada com a que é apresentada na Figura 4.2, para o PCS privado analisado.

Os dados recolhidos ao longo da secção 3.3 são respeitantes ao sector público, sendo que para este tipo de análise (tipo de radiografias) a comparação dos dados do PCS privado recolhidos com estes dados do sector público não interferem na veracidade do estudo.

3.3.3 Volume assistencial nos EUA

Nesta secção é apresentada uma análise análoga à realizada na secção anterior, sendo o objectivo de estudo os EUA. Neste âmbito foram recolhidos dados que permitem realizar uma análise comparativa com Portugal e até com os países europeus seleccionados.

Rx por 1000 hab.

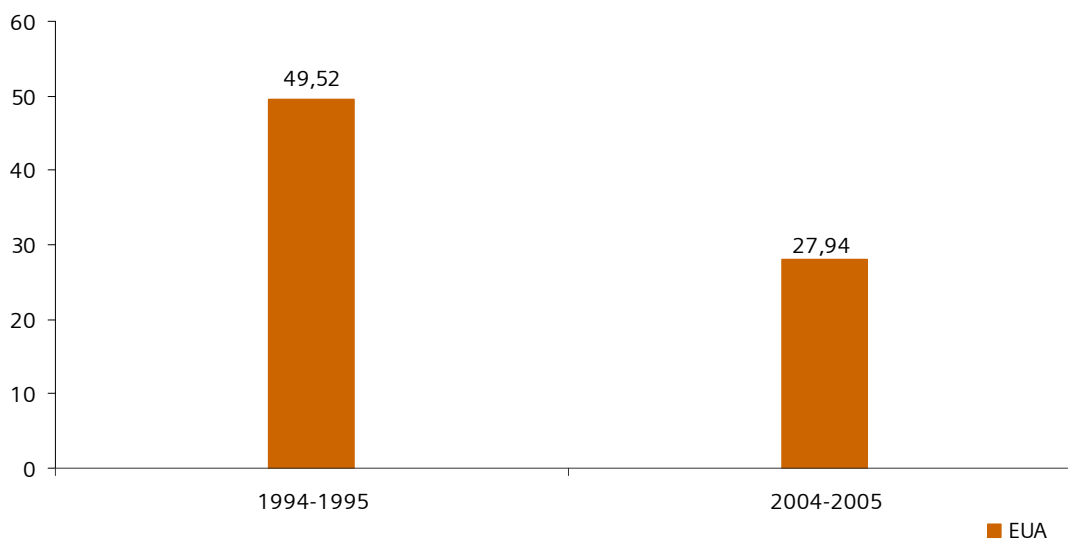


Figura 3.6 Número de radiografias realizadas, por 1000 habitantes, nos EUA [36]

É relevante evidenciar que o modelo de prestação de cuidados de saúde patente nos EUA é o Sistema de Segurança Social. Neste tipo de modelo o financiamento é feito directamente pelo doente às múltiplas Instituições organizadas, havendo assim tendência para a privatização e especialização dos serviços de saúde com pouca intervenção do Estado. Todas as pessoas têm acesso a instituições de saúde privada nota-se porém, uma colaboração do Estado na medida em que quem se encontra impossibilitado (idosos, inválido e pessoas com dificuldades económicas) é bonificado. Deste modo observa-se uma clara distinção entre as classes socioeconómicas, uma vez que um indivíduo com maior capacidade de compra, maior qualidade de serviços usufruirá pois pode pagar pela prestação de cuidados de saúde necessária [25].

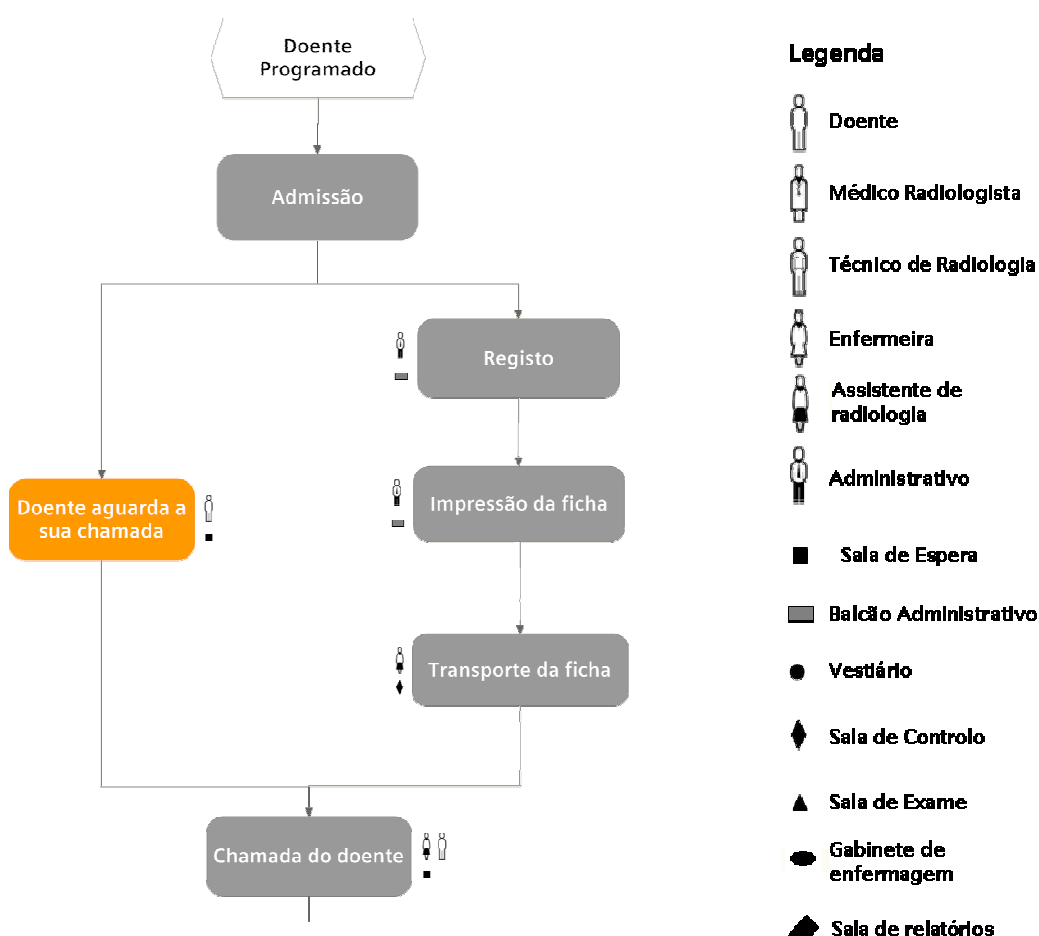
Tal como se pode observar no Figura 3.6, nos EUA é realizada uma quantidade insignificante de radiografias por 1000 habitantes, quando comparados com a realidade Europeia. Para ano contabilístico de 2004-2005 em Portugal eram realizadas, aproximadamente, 8 vezes mais radiografias do que nos EUA. Isto porque estamos a comparar o número de radiografias do sector público em Portugal e as participadas pelo Estado nos EUA, como pudemos verificar anteriormente e de acordo com o Sistema vigente nos EUA. Como somente uma pequena porção da população é que é bonificada pelo Estado, esclarece o facto da discrepância do número de radiografias realizadas entre estes dois países.

3.3.4 Conclusão

Das análises aos volumes assistenciais apresentadas, pode concluir-se que Portugal é um país, cujos SR podem e devem ser otimizados, de modo a que este elevado volume de exames radiográficos seja realizado de forma a que a qualidade, a rapidez e a eficiência do exame sejam cada vez maiores e, também, que o tempo de espera do doente seja cada vez menor. Isto para que o Serviço, num todo, seja executado de forma mais eficaz.

3.4 Mapeamento de um Serviço de Radiologia

Nesta secção será apresentado o mapeamento de um SR baseado em directrizes e normas internacionais, que visam tornar os exames radiológicos em modelos standards que proporcionem qualidade para todos os intervenientes e para o SR.



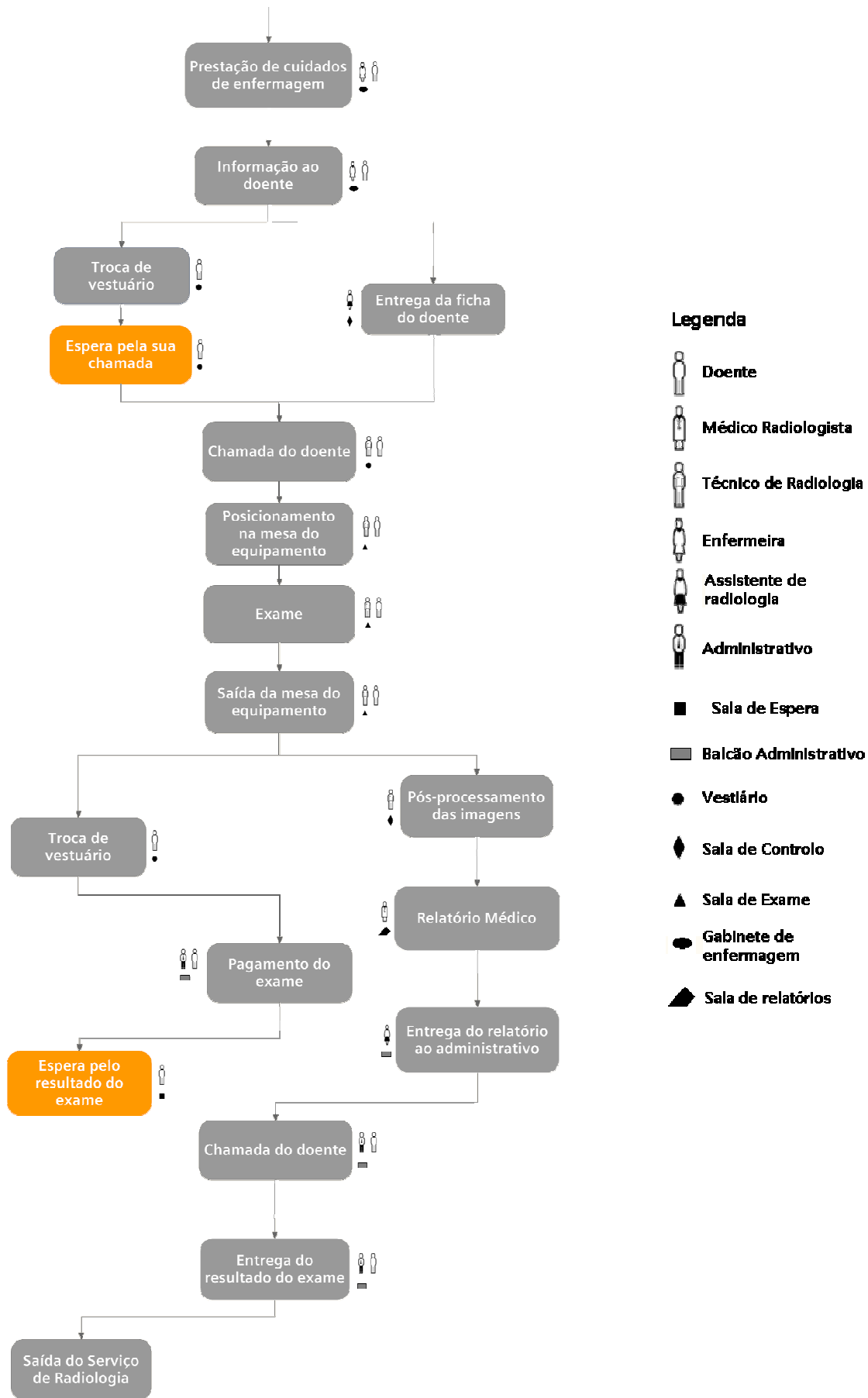


Figura 3.7 Fluxo de trabalho óptimo do exame radiográfico de um SR [28, 29]

3.5 Variáveis que influenciam o normal Fluxo de Trabalho

Existem variáveis que, apesar de não integrarem o fluxo de trabalho dos SR, afectam a execução das tarefas que o constituem. Nestes Serviços podem distinguir-se dois tipos de variáveis: as consideradas críticas, que correspondem aos tempos de execução das tarefas, e as básicas, que afectam as variáveis críticas. A quantificação destes parâmetros torna-se extremamente importante para uma análise criteriosa dos fluxos de trabalho [37].

O tempo de realização de um processo radiológico constitui a variável crítica do processo, sendo que se este tempo, caso seja maior que o previsto, prejudica todo o serviço, causando insatisfação nos doentes e menor produção do respectivo serviço [37].

As variáveis básicas que induzem à alteração da variável crítica são:

- Tipo de exame: as durações dos processos são diferentes consoante o tipo de exame sendo que esta diferença deve ser tida em conta para o intervalo de marcações entre os exames [37];
- Comportamento do doente: nervosismo, agitação e ansiedade são três características que influenciam decisivamente na duração do exame e, por vezes, provocam a sua repetição, causando prejuízos para o doente e, também, para o SR [37];
- Atraso do doente: o facto de o doente não comparecer à hora marcada para realizar a sua admissão atrasa inevitavelmente o exame, podendo causar transtornos ao SR. O Serviço deve ser ágil o suficiente para preencher as lacunas oriundas do atraso ou não comparência de um doente [37];
- Mobilidade do doente: o tempo de execução do processo radiológico é diferente para doentes com mobilidade, com mobilidade reduzida ou sem mobilidade [37];
- Competências do técnico: posicionamento, aquisição das imagens e retirada do doente são tarefas para as quais o técnico intervém directamente. A sua experiência e astúcia na forma como as desempenha são fundamentais para o desenvolver do processo [37];

- Tecnologia utilizada: tanto a tecnologia como a sua própria gama são fundamentais para a rapidez e eficácia do respectivo exame (equipamentos convencionais, digitais indirectos e digitais directos) [37];
- Sistema de gestão de informação: o facto de o Serviço ser informatizado ou baseado em papel provoca diferenças no tempo necessário ao cumprimento das respectivas tarefas, assim como aumenta a possibilidade de troca ou extravio de informação.

A maior sistematização e compreensão destas variáveis torna-se extremamente importante, permitindo estimar com maior rigor a duração de cada exame, para com isso maximizar a produção no SR e diminuir os respectivos tempos de espera do doente.

3.6 Protecção Radiológica

Os estudos científicos permitem afirmar que a acção dos diferentes tipos de radiações, em doses elevadas, têm efeitos nocivos para o organismo humano, sendo que já se consideram negativos os efeitos das doses baixas. Estas radiações são assim denominadas por provocarem efeitos adversos no organismo humano, ou melhor, alterações estruturais (por meio da ionização) nas células humanas quer ao nível citoplasmático quer nuclear. Estas alterações podem ocorrer tanto no doente que recebe a radiação quanto nos seus descendentes sendo assim denominados de efeitos somáticos e genéticos, respectivamente. Isto quer dizer que o doente que recebe uma dose de radiação pode não sofrer consequências imediatas, mas sim transmiti-las para os seus descendentes.

A protecção contra a radiação é concebida para evitar a ocorrência de efeitos determinísticos e para minimizar os riscos estocásticos (diminuindo a dose de radiação) que possam advir da exposição. Os principais métodos de controlo de exposição à radiação em radiografia são a diminuição do tempo de exposição, o aumento da distância da fonte da radiação e a utilização de colimadores e blindagem.

Assim o objectivo primário da protecção radiológica é proporcionar um padrão apropriado de protecção para o ser humano sem limitar indevidamente as práticas benéficas que causam exposições à radiação.

Para qualquer exame radiológico, a radiação utilizada deve ser justificada individualmente, avaliando a necessidade da exposição e as características particulares do próprio indivíduo. É expressamente proibida a exposição que não possa ser justificada, incluindo qualquer tipo de exposição às radiações ionizantes com o objectivo único de demonstração ou outros que contrariem a norma justificativa [38].

Toda a exposição ou contaminação desnecessária de pessoas e do meio ambiente deve ser evitada de forma a proporcionar uma melhor qualidade de vida a todos aqueles que interagem no respectivo SR. Os níveis de exposição devem ser sempre tão baixos quanto possível em cada instante, e sempre inferiores aos limites fixados [38].

As medidas de protecção e segurança existentes nesta área devem ser função do grau de risco, abrangendo a formação e informação, medidas limitativas da exposição às radiações, organização da vigilância física e médica, bem como organização e manutenção de processos e registos adequados [38].

Para se avaliar a protecção radiológica de um Serviço de Imagiologia tem de se analisar os meios de protecção que asseguram a segurança de todos os intervenientes nos processos radiológicos.

Para os trabalhadores do Serviço têm de ser usadas barreiras de protecção, sistemas de segurança, simulações que visem o treino em situações de acidente, manuais de procedimentos e manutenção de equipamentos. Para os doentes têm de ser tidas em conta os sistemas de segurança, as características técnicas e a manutenção dos respectivos equipamentos. Para o público em geral, as barreiras de protecção e a sinalização são elementos de protecção necessários.

As zonas de risco de um Serviço de Imagiologia são aquelas em que os trabalhadores poderão estar expostos às radiações. Deste modo estas devem possuir vigilância e controlo. São distinguidas dois tipos de zonas:

- Zonas controladas: Sala de controlo, sala de revelação da imagem, sala de TC, Sala Rx e sala de ortopantomografia.
- Zonas vigiadas: Corredores e sala de espera.

Deste modo é essencial o uso de materiais de protecção, quer nas infra-estruturas (zonas críticas e zonas básicas) quer em todos os intervenientes directos dos serviços. Assim o uso de barreiras de protecção no interior dos pavimentos, nos tectos, nas portas e janelas e nos intervenientes dos respectivos exames que utilizem a radiação X

torna-se obrigatório para assegurar a qualidade de vida de todos aqueles que utilizem este tipo de serviços [39].

Em qualquer SR é fundamental a existência de:

- Painéis e divisórias: revestidos com chumbo [39].
- Portas do SR (todas elas): revestidas com chumbo [39].
- Janelas de observação: situam-se entre a sala de controlo e a sala de exame e têm de possuir uma película que possibilite a protecção contra a radiação [39].
- Ecrãs: com protecção contra os raios-X [39].
- Escudos de protecção: devem estar colocados nas salas de exame escudos de protecção suspensos que possibilitem o fácil acesso antes do exame [39].
- Cortinas com protecção contra raios-X [39].
- Grelhas de ventilação: instaladas nas portas, devem possuir protecção contra raios-X [39].

O chumbo é o material escolhido para este tipo de aplicações pois tem diversas vantagens. É um composto denso com um número atómico muito elevado ($Z = 82$), estável e por isso não permite a transmissão de radiação o que possibilita a protecção desejada e eficaz pois é ideal na protecção de portas, divisórias, pavimentos, ecrãs, onde possibilita uma boa ocupação de espaço [39].

Em superfícies verticais (por exemplo, paredes), este composto (é utilizado na forma de folha), não garante a manutenção da sua espessura constante ao longo do tempo, pois são aplicadas folhas maleáveis. É usado mais eficientemente quando aplicado em placas de gesso cartonado, madeira prensada ou outro tipo de placas usadas para revestir paredes. Até mesmo para portas, esta aplicação torna o material mais eficaz [39].

Para locais onde seja necessário uma espessura de chumbo superior a 10 mm, são usados tijolos de chumbo cheveron, que são uma óptima alternativa para este tipo de locais, sendo melhores quando se avalia o custo-solução deste tipo de material e se compara com as folhas de chumbo [39].

A massa baritada é outro composto muito usado nas salas de raios-X. É composta por carbonato de bário extrafino, areia fina e liga de agregação. Tal como o chumbo funciona para protecção radiológica [40].

4 Estudo no Prestador de Cuidados de Saúde Privado

Neste capítulo é apresentado o estudo de um Prestador de Cuidados de Saúde Privado. O seu nome será omitido ao longo desta dissertação devido a questões éticas associadas à publicação do referido estudo. O PCS Privado analisado prima por ser uma clínica de vanguarda cujos procedimentos realizados estão concordantes com as normas internacionais.

O principal objectivo deste estudo centra-se na optimização do processo, quer do ponto de vista do PCS Privado quer do ponto de vista do doente. Deste modo, é essencial aumentar a qualidade do Serviço, que se traduz numa optimização da utilização dos recursos existentes, ao nível dos espaços físicos, humanos e tecnológicos, que proporcione o aumento do número de exames efectuados e a diminuição do tempo de espera dos doentes para cada exame. Assim, é fundamental efectuar uma modelação e um escalonamento do fluxo de trabalho clínico do PCS Privado, que proporcione o aumento da qualidade do Serviço sem, para tal, aumentar os custos inerentes. Assim, é necessário compreender o modo de funcionamento deste prestador para que, com isso,

sejam encontradas propostas que visem melhorar a eficiência e eficácia do Serviço mantendo, ainda assim, os elevados padrões de prestação de cuidados de saúde existentes.

O PCS Privado alvo de estudo possui um sistema de TI de óptima qualidade e que contribui para alcançar elevados níveis de eficiência dos serviços prestados. Mas, a utilização deste tipo de TI não é suficiente caso os fluxos de trabalho deste PCS Privado não estejam otimizados. A optimização desta área requer uma abordagem diferente da prestação dos cuidados de saúde, sendo primordial a modelação do fluxo de trabalho clínico. Os resultados que foram alcançados justificam a necessidade de alterar tanto o fluxo de trabalho como a forma como é realizado o processo.

A informação recolhida e que será apresentada foi utilizada como *input* para um escalonador de processos computacional que permite a simulação de diferentes cenários do PCS Privado. Pretende-se, desta forma, encontrar o cenário que cumpra os pressupostos deste estudo, ou seja, que consiga conciliar, na devida proporção, os recursos existentes (humanos e tecnológicos) e espaços físicos existentes, os custos da prestação de cuidados de saúde assim como o tempo de espera a que o doente está sujeito.

Para alcançar estes objectivos é necessário, inicialmente, identificar as características e competências dos respectivos espaços físicos e recursos existentes (humanos e tecnológicos) para, de seguida, realizar o mapeamento do fluxo de trabalho do PCS Privado e, posteriormente, adquirir a duração das tarefas inicialmente mapeadas.

4.1 Caracterização dos Recursos existentes

Para a conceptualização deste estudo, foi necessário caracterizar os espaços físicos e os recursos humanos e tecnológicos existentes no PCS Privado. Os recursos seguidamente apresentados são aqueles que intervêm directamente com o fluxo de trabalho inerente ao exame radiográfico.

4.1.1 Recursos Humanos

Os recursos humanos intervenientes no fluxo de trabalho do exame radiográfico são, nomeadamente, o Director Clínico, o Técnico de Radiologia, a Enfermeira, a Assistente de Radiologia e o Administrativo.

Todos os intervenientes no processo (Admissão, Exame e Pagamento), tal como foi referido na Figura 3.1, possuem competências distintas apesar de, algumas delas poderem ser desempenhadas por diferentes intervenientes (por exemplo, transportar a ficha do doente deste o balcão administrativo interior até à sala de controlo, tarefa esta que pode ser realizada tanto pelo auxiliar como pelo técnico de radiologia).

Nesta subsecção são apresentadas as responsabilidades e competências dos diferentes intervenientes no processo para que sejam detectadas as discrepâncias entre estas e as apresentadas em 3.2.1.

As responsabilidades dos recursos humanos constituem factores críticos do processo visto que são detectadas diferenças entre estas e as previamente identificadas para esquematizar o fluxo de trabalho do SR. Assim, torna-se essencial definir responsabilidades para que, aquando da simulação deste SR, se saiba quem pode e deve realizar cada competência, separadamente.

Existem exames imagiológicos cujos recursos humanos são partilhados. No caso do exame radiográfico, os recursos humanos que são partilhados com outros exames imagiológicos são a enfermeira (apenas intervém quando é necessário), o técnico e a assistente de radiologia. A utilização destes recursos tem de ser devidamente ponderada e escalonada, devido à respectiva escassez.

4.1.1.1 Médico Radiologista e Director Clínico

Neste PCS Privado existem quatro médicos, sendo que dois deles estão destinados à área de Ultra-sonografia e os restantes dois fazem os relatórios médicos.

Segundo a lei portuguesa, é obrigatório a presença de um médico da respectiva especialidade somente em exames (radiográficos) que impliquem a administração de contraste [31]. Assim, as tarefas relacionadas com a supervisão médica são eliminadas neste tipo de exames, isto para maximizar a produtividade, tanto dos técnicos como do médico radiologista.

De acordo com a lei, o cargo de director clínico deve ser desempenhado por um médico radiologista inscrito na ordem dos médicos. Este SR está de acordo com a lei, sendo que o director clínico executa as funções administrativas superiores e, para além disso, executa as funções de médico radiologista (por exemplo, na administração de contraste na TC).

4.1.1.2 Técnico de Radiologia

No PCS Privado analisado existem cinco técnicos de radiologia mas, somente quatro deles exercem funções relacionadas com o exame radiográfico (isto porque durante o estudo o quinto técnico é um profissional do sexo feminino que se encontrava grávida). No turno da manhã o exame radiográfico é realizado sempre pelo mesmo técnico mas, no entanto, no turno da tarde, os técnicos trabalham segundo um sistema de rotatividade.

O técnico de radiologia é um recurso humano com grande relevância neste exame pois realiza uma diversidade de tarefas fulcrais para o fluxo de trabalho. Este recurso desempenha tarefas, tais como a chamada do doente no vestiário, o seu posicionamento na mesa do equipamento (esta tarefa pode ser auxiliada pelo assistente de radiologia), o exame (aquisição das imagens), a retirada do doente da mesa do equipamento (o assistente de radiologia pode auxiliar, caso seja necessário), o pós-processamento das imagens adquiridas e a informação ao doente acerca do local onde este pode efectuar o pagamento do respectivo exame. Deste modo o técnico de radiologia é o responsável máximo pela realização do exame e pela qualidade das imagens. O médico, apesar de não interferir directamente com a realização do exame, é exigente pois pretende que sejam adquiridas as melhores imagens para que o seu relatório apresente o máximo de rigor possível.

O técnico segue sempre o protocolo do equipamento relativamente à região anatómica que pretende examinar. Pretende-se, desta forma, padronizar todas as imagens adquiridas independentemente do técnico que a adquira.

4.1.1.3 Enfermeira

Existe somente uma enfermeira para todo o SR sendo, deste modo, um recurso partilhado pelos diferentes exames imagiológicos, tal como foi referido no início da secção 4.1.1). Assim como o assistente de radiologia, a enfermeira possui uma multidisciplinaridade de funções mas, relativamente ao exame radiográfico, este recurso só é necessário aquando da existência de exames que impliquem a utilização de contraste ou em técnicas invasivas, tal como a uretrografia.

Por motivos de sobreposição de tarefas, o enfermeiro não consegue dar resposta a todas as solicitações e, este constrangimento é ultrapassado através da adopção de medidas de adaptação das normas e orientações, quer nacionais quer internacionais,

sendo atribuídos um maior número de responsabilidades a outros recursos humanos, nomeadamente ao técnico de radiologia (por exemplo na administração de contraste ao doente) [41].

Existem tarefas em que a enfermeira é o único recurso que possui competências para a sua execução, entre as quais aquelas em que estão associadas técnicas de enfermagem, tal como a algaliação, entre outras. O facto de este ser um recurso partilhado atrasa o serviço pois, sempre que a enfermeira não está disponível para o realizar, há um tempo de espera para o início do respectivo exame.

4.1.1.4 Assistente de Radiologia

O SR é constituído por 4 assistentes de radiologia mas, relativamente a este recurso humano, constata-se a existência de apenas um elemento que intervém directamente no processo que inclui o exame radiográfico. Este recurso é partilhado pelo exame radiográfico, ultra-sonografia, ortopantomografia e densitometria. Esta situação causa atrasos no serviço visto que este recurso, muitas vezes, não está disponível para a realização das tarefas associadas à radiografia atempadamente.

As funções que lhe estão associadas são: chamada do doente na sala de espera; transporte da ficha do doente desde o balcão de pagamento até à sala de controlo; informação ao doente acerca de indicações necessárias para o exame requerido (por exemplo, o vestuário que terá de retirar para o exame); entrega da bata/camisa, no vestiário, ao doente; apoio do técnico de radiologia durante o posicionamento/retirada do doente do equipamento.

Este recurso é essencial para garantir a fluidez do serviço visto que desempenha diversas funções em diferentes localizações do SR. Sendo um recurso primordial para o bom funcionamento/dinâmica do serviço, pois intervém activamente na tarefa de valor acrescentado do processo (tarefa exame).

Para além das funções descritas anteriormente, a assistente de radiologia pode modificar/alterar a ordem de entrada dos doentes para os respectivos exames em função das intercorrências.

Normalmente, as assistentes de radiologia não apresentam um padrão de rotatividade de serviço entre modalidades, a não ser por motivos alheios ao SR.

4.1.1.5 Administrativo

No SR alvo de estudo existem seis administrativos, com tarefas específicas que se encontram distribuídos por três balcões distintos, consoante as funções que desempenham. Dois deles estão localizados na sala de espera sendo que em um deles trabalham três administrativos responsáveis pela admissão, registo e transporte da ficha do doente para o interior do SR, enquanto que no outro estão dois administrativos que realizam a marcação dos exames e a entrega dos resultados dos exames realizados aos doentes. Existe ainda um terceiro balcão que se encontra no interior do SR onde se encontra o último administrativo e que possui funções relacionadas com a recepção da ficha do doente proveniente do balcão de admissão (que posteriormente será entregue a um assistente de radiologia), a facturação e o fornecimento de informações acerca da data de entrega dos resultados.

Os recursos intervenientes nestes balcões estão destinados às tarefas administrativas do SR.

4.1.2 Espaços Físicos

Os espaços físicos intervenientes no fluxo de trabalho do exame radiográfico são, nomeadamente, as salas de espera, uma exterior e outra interior ao SR, o balcão administrativo, o vestiário, a sala de controlo e a sala de exame.

Nesta secção são apresentadas as características dos diferentes espaços intervenientes no processo para que sejam detectadas as discrepâncias entre estas e as apresentadas na secção 3.2.2 onde foi elaborado o mesmo para o estudo com base em orientações e directrizes quer nacionais quer internacionais.

4.1.2.1 Sala de Espera

No SR alvo de estudo existem duas salas de espera, sendo que uma se encontra no exterior e outra interior ao Serviço.

A sala de espera exterior ao Serviço tem uma área de 113,40 m² e uma capacidade para vinte e quatro doentes em lugares sentados. Neste espaço estão incluídos dois dos três balcões administrativos, o de admissão e registo do doente e o de marcação e entrega de resultados. Este espaço possui as competências e os recursos necessários para proporcionar conforto ao doente enquanto este aguarda a sua chamada.

A sala de espera interior é utilizada pelos doentes enquanto aguardam a chamada efectiva por parte do assistente de radiologia. Esta sala é igualmente usada por doentes que vão realizar mais do que um exame em diferentes modalidades ou por doentes que foram chamados em simultâneo e, por isso, aguardam vaga para usar os vestiários.

4.1.2.2 Balcão Administrativo

Existem três balcões administrativos no SR estudado. Dois deles estão localizados na sala de espera exterior, sendo locais onde se realizam as funções administrativas do SR. No primeiro balcão são realizadas funções de marcação de exames e entrega de resultados, estando somente dois administrativos responsáveis por estas funções. No segundo são realizadas funções de admissão, registo do doente no RIS, impressão da ficha do doente e consequente transporte para o balcão interior. Neste balcão estão, geralmente, três administrativos que desempenham o conjunto de funções acima descritas. Cada um destes balcões tem capacidade para três administrativos.

Existe também um terceiro balcão interior ao Serviço, no qual, geralmente, se encontra apenas um administrativo. Neste balcão é realizado o pagamento dos exames feitos pelos doentes.

4.1.2.3 Vestiário

Existem três vestiários disponíveis para os doentes que vão realizar um exame radiográfico. Estes vestiários são partilhados com uma das duas salas de TC do SR que só é utilizada em situações de aumento significativo do volume assistencial deste tipo de exame (e cuja outra sala não consiga suprir) ou, durante uma tarde semanal em que são realizadas biopsias nessa sala (na tarde de terça-feira, uma das salas de TC está destinada a biopsias). Durante a restante semana esta sala só é utilizada em exames de intervenção, que são raros, o que, deste modo, deixa os vestiários unicamente alocados ao exame radiográfico. Cada vestiário tem uma área de 1,18 m² e permite a ligação entre a sala de espera interior e a sala de exame.

No vestiário o doente recebe informações acerca do exame que vai realizar, troca as peças de vestuário necessárias para a realização do exame por uma bata/camisa do SR, aguarda a sua chamada por parte do técnico de radiologia e, depois de realizar o exame, troca a bata/camisa pelo vestuário que trazia vestido.

4.1.2.4 Sala de Controlo

A sala de controlo é o espaço físico que contém a estação de trabalho do equipamento. É de acesso restrito ao técnico de radiologia, sendo o local onde são adquiridas, processadas e fotografadas as imagens dos exames e, posteriormente, são enviadas para o PACS. É também o local onde o assistente de radiologia deixa a ficha do doente para o técnico poder preparar convenientemente o exame que irá realizar (por exemplo, para posicionar a mesa do equipamento). Esta sala tem uma área de 7,70 m² e possibilita uma visibilidade total da sala de exame, permitindo ao técnico a perfeita percepção do doente para uma correcta obtenção das imagens.

4.1.2.5 Sala de Exame

A sala de exame é o espaço físico que contém o equipamento de radiografia, onde o doente é posicionado de forma a serem obtidas as imagens do respectivo exame. Este espaço, com uma área de 20,80 m², possui dimensões e as protecções necessárias para conter um equipamento de radiografia, sendo que permite a circulação de doentes com auxiliares de marcha (canadianas, cadeira de rodas), assim como doentes traumatizados que tenham de ser transportados por macas.

4.1.3 Recursos Tecnológicos

No SR alvo de estudo existe um equipamento de RX digital, *Siemens AXIOM Luminos dRF*. Este equipamento é digital e foi adquirido à "Siemens Sector Healthcare". Este equipamento é usado no exame radiográfico geral mas também existe a possibilidade de ser usado em Fluoroscopia. É um sistema ideal para este tipo de procedimentos, que produz imagens de alta qualidade. O detector do equipamento movimenta-se de acordo com a necessidade, para adquirir a melhor imagem, na melhor posição possível, sem necessidade do doente se movimentar.

Este equipamento possui ainda um programa avançado de pós-processamento de imagens. Este designa-se *DiamondViewPlus* e promove a optimização do detalhe de contraste e do nível de ruído das imagens, para aumentar, ainda mais, a sua qualidade e diminuir a necessidade de ajustes. Esta particularidade maximiza a produtividade do SR e permite que os médicos possam tomar decisões num curto período de tempo visto que as imagens ficam disponíveis para o pós-processamento mais rapidamente.

4.2 Radiografia

O SR analisado possui, como foi referido na secção 3.1.3, um dos equipamentos topo de gama da *Siemens* que potencia, deste modo, a optimização do Serviço, quando comparado com outros equipamentos de radiografia de gama inferior. O estudo deste PCS Privado dividiu-se em quatro etapas fundamentais:

- Modelação do SR;
- Aquisição dos tempos das tarefas mapeadas;
- Análise do respectivo volume assistencial;
- Análise e tratamento dos dados recolhidos.

4.2.1 Mapeamento do Serviço de Radiologia

O estudo no SR foi realizado ao longo de catorze dias úteis, sendo que esses dias foram escolhidos de forma criteriosa que permita uma aquisição ponderada de cada dia de exames.

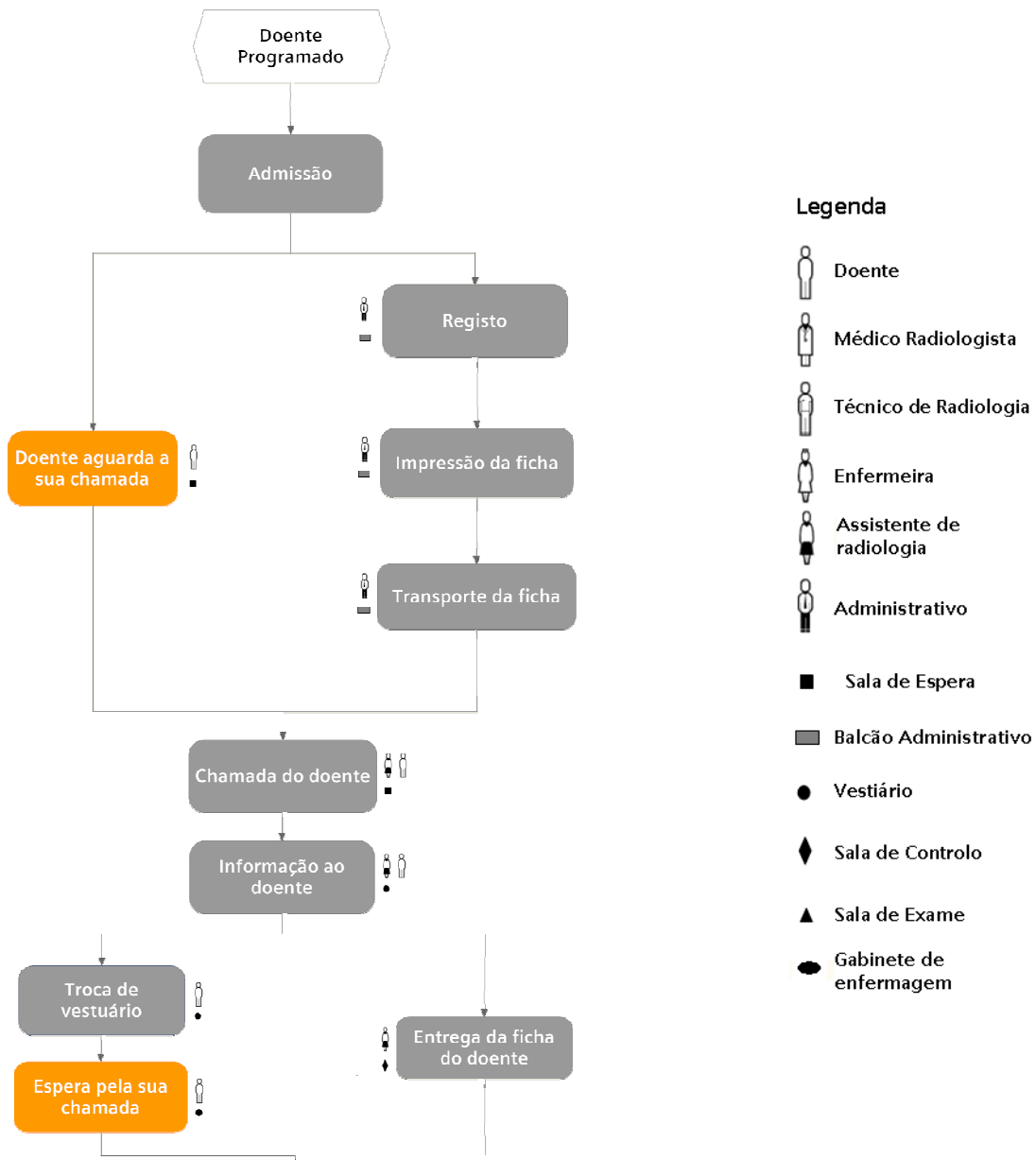
A modelação deste SR foi efectuada a todo o processo radiográfico mas, a recolha dos dados incidiu sobre o módulo “Exame”, o qual inclui as tarefas de valor acrescentado visto que requerem o envolvimento de diferentes recursos (que possuem outras tarefas distintas) e que, assim, podem impedir a normalidade do fluxo de trabalho.

Durante o estudo neste PCS Privado foi possível verificar que, no módulo “Exame”, existe partilha de alguns recursos, entre os quais a enfermeira, o técnico e o assistente de radiologia, com outras modalidades de imagem médica. Esta situação também se verifica nos restantes módulos, “Admissão” e “Pagamento”, sendo que estes não se tornam factores impeditivos para o normal funcionamento do Serviço.

Para o registo das tarefas desempenhadas pelos diferentes recursos, optou-se pela observação, individualizada, dos três módulos do processo. A “admissão” foi observada na sala de espera exterior do SR enquanto que o “exame” foi observado em dois locais distintos, a sala de espera interior do Serviço e a sala de controlo. A tarefa “pagamento” foi observada no corredor do SR, num local que permitisse a visualização do balcão administrativo interior, onde se efectua o pagamento.

Depois de recolhidas as tarefas mapeadas, foi construído o modelo de fluxo de trabalho apresentado na Figura 4.1. Deste modo é possível observar, detalhadamente, o

processo geral que, tanto os doentes como os profissionais de saúde passam para a realização de um exame radiográfico.



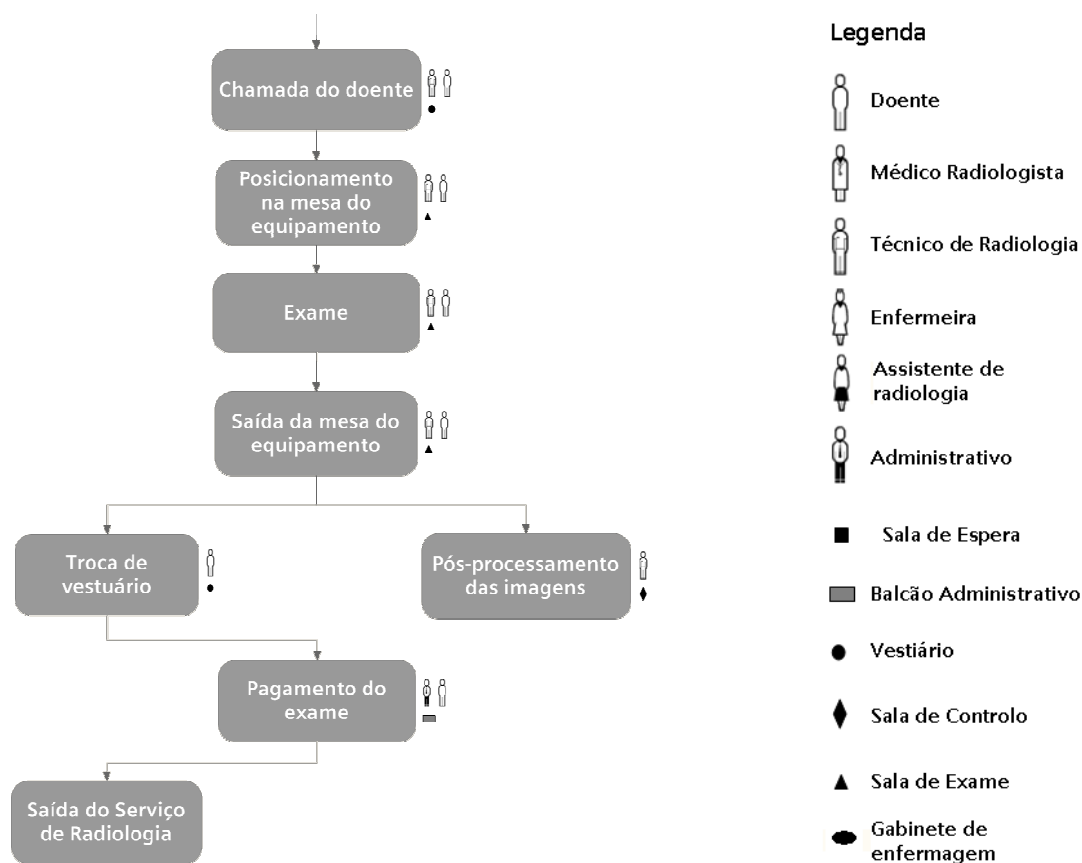


Figura 4.1 Fluxo de trabalho do SR analisado

No fluxo de trabalho representado na Figura 4.1 estão representadas, tanto as tarefas (que são resultado da divisão das tarefas gerais do processo em tarefas mais simples) mapeadas no SR, como os espaços físicos e recursos humanos intervenientes em cada uma delas. Este fluxo é respeitado por todos os intervenientes mas, sempre que necessário (por exemplo, haver uma indisponibilidade de algum recurso), é possível haver uma alteração do recurso humano que realiza a tarefa, ou mesmo, da ordem de algumas tarefas do fluxo mapeado, por exemplo, o pós-processamento das imagens pode não ser realizado imediatamente após cada exame, com a excepção de situações em que o doente necessita de obter o resultado do exame com rapidez.

Este fluxo de trabalho modelado corresponde, de um modo geral, ao fluxo de trabalho concebido para o processo óptimo. As tarefas desempenhadas por cada recurso estão descritas em 3.2.1 e, as aproximações reais estabelecidas estão relacionadas com os recursos humanos existentes.

O tratamento e análise de tarefas foi realizado apenas para o módulo “Exame” pois é aquele que influencia directamente e de forma mais significativa o desenvolvimento do fluxo de trabalho. Não é objectivo deste estudo descrever detalhadamente todo o fluxo

de trabalho observado no SR, mas sim descrevê-lo de um modo genérico, realçando as diferenças existentes entre este e o descrito pelas normas e orientações internacionais.

4.2.1.1 Explicação do mapeamento do Serviço de Radiologia

- (a) Doente dá entrada no SR do PCS Privado: a entrada do SR coincide com a entrada para a sala de espera exterior deste SR. Depois de entrar, o doente dirige-se para o balcão de admissão onde interage com o administrativo, entrega-lhe a requisição do exame, bem como eventuais exames anteriores e os cartões necessários, por exemplo, seguro de saúde e cartão de utente;

- (b) Admissão do doente: o administrativo faz a admissão o doente para o exame radiográfico caso este tenha, previamente, efectuado a marcação do exame. Durante a admissão é produzida a ficha do doente que inclui a identificação, o tipo de exame e algumas notas importantes, entre elas o número de incidências a que o doente vai ser submetido;

- (c) Doente aguarda a sua chamada na sala de espera exterior;

- (d) Registo do doente: o administrativo regista a entrada do doente no SR no RIS. Esta tarefa demora, por vezes, algum tempo pois algumas requisições de exame são dúbias e, os próprios doentes não conhecem com exactidão o verdadeiro motivo que levou o médico a pedir o exame. A marcação do exame pode ser realizada via telefone, o que induz, nalguns casos, a marcação errónea da radiografia pretendida.

Por vezes essa dúvida subsiste até o doente entrar para a sala de exame, sendo que o técnico tem de decidir, por si próprio, o que fazer, ou, alternativamente, delegar essa responsabilidade para o médico radiologista do Serviço. Geralmente o técnico opta por deixar essa responsabilidade a cargo do médico, visto que essa tomada de decisão ultrapassa a sua competência enquanto técnico de radiologia. Caso a dúvida subsista, a prescrição do doente trás acoplado o número de telefone do médico assistente (foi este que fez a requisição). Mas esta situação provoca atrasos ao nível do fluxo de trabalho do

exame. Deste modo, a marcação do exame deve ser a mais rigorosa possível de modo a evitar este tipo de constrangimentos.

A marcação do exame ocorre consoante a disponibilidade do doente e do SR sem, no entanto, respeitar qualquer ordem por tipo de exame. A marcação no próprio dia ocorre, geralmente, para situações de urgência;

(e) Transporte da ficha para a recepção interna: tarefa efectuada por um dos administrativos, o que permite à assistente de radiologia efectuar a chamada do doente e o posterior transporte da ficha para a sala de controlo;

(f) Chamada do doente: tarefa efectuada pelo assistente de radiologia na sala de espera do SR. A assistente de radiologia tem indicações para encaminhar o doente para os vestiários mas, nem sempre é possível, pois os vestiários podem estar ocupados ou não possuírem as batas/camisas para o receber. Caso se verifique alguma destas situações, o doente aguarda na sala de espera interior.

A chamada do doente não está relacionada com a hora a que este foi admitido, mas sim à hora a que o seu exame estava marcado. As únicas excepções a este procedimento estão relacionadas com doentes provenientes de urgências, que vêm acompanhados pelos bombeiros e, deste modo, necessitam de realizar o exame rapidamente. Caso um doente marcado para certa hora não tenha sido admitido até à hora do exame (falta de comparência ou por atraso), o assistente de radiologia tem todas as competências necessárias para alterar a ordem dos exames previamente marcados, de forma a otimizar o serviço prestado;

(g) Informação ao doente: tarefa que é realizada pelo assistente de radiologia e consiste numa informação geral acerca do exame e, mais especificamente, do vestuário a trocar para a sua realização. Geralmente esta tarefa realiza-se nos vestiários mas, pode também acontecer aquando do encaminhamento do doente, da sala de espera exterior do SR até à porta dos vestiários;

(h) Ficha na sala de controlo: tarefa realizada pelo assistente de radiologia que, depois de encaminhar e informar o doente, segue para a sala de controlo onde

deixa a ficha do respectivo doente, para que o técnico possa preparar, caso seja necessário, o exame que vai realizar.

Esta é a única tarefa dependente do papel. Apesar do técnico poder verificar que o doente já foi admitido para o exame, através da lista de trabalho importada do RIS, não dispõe de qualquer informação sobre qual o exame a realizar nem sobre o doente, que não o histórico de exames realizados no SR deste PCS Privado;

- (i) Troca de vestuário: o doente troca algumas das peças do seu vestuário (dependendo do tipo de radiografia que vai realizar) pela bata/camisa do SR. É essencial que este retire todos os acessórios metálicos que possam dificultar a aquisição das imagens;

- (j) Doente aguarda a sua chamada no vestiário: depois de trocar o vestuário, o doente aguarda a sua chamada pois, nem sempre o técnico ou a sala estão disponíveis para o receber. Cada vestiário possui um banco que possibilita uma espera mais confortável;

- (k) Chamada do doente: Assim que a sala de exame esteja pronta para receber o doente para o seu exame, o técnico dirige-se ao respectivo vestiário e chama o doente. Caso o doente esteja preparado, entra para a sala de exame acompanhado pelo técnico e recebendo algumas instruções acerca do respectivo exame;

- (l) Posicionamento do doente na mesa do equipamento: o técnico de radiologia posiciona convenientemente o doente no equipamento, caso este já esteja preparado para o respectivo exame, e fornece algumas indicações ao doente acerca do seu comportamento durante a radiografia. Dependendo do tipo de radiografia e da idade do doente, em particular no caso das crianças, pode ser necessário a colocação de protecções para a região do cristalino, genital, tiróide e mamas, de acordo com o exame requerido.

Esta tarefa era por vezes auxiliada pelo assistente de radiologia, com doentes muito pesados, com bastantes dificuldades de movimentação, provenientes de

urgências (os bombeiros também colaboravam no seu posicionamento) ou acamados.

Caso não seja necessária a administração de contraste, a tarefa (m) não integra o fluxo de trabalho;

(m) Administração de contraste: a enfermeira, caso esteja presente, ou o técnico de radiologia, administra o contraste ao doente, sendo que o médico radiologista não se encontra, geralmente, presente. A enfermeira, tal como o médico, é o profissional de saúde habilitado a este tipo de procedimentos, sendo que o técnico também o pode realizar. Em casos mais complicados, como por exemplo em doentes com acessos venosos periféricos com pouco débito, o técnico revela dificuldades na realização deste tipo de procedimentos, ao contrário da enfermeira, devido à experiência e formação específica da segunda. No entanto, o técnico executa, diversas vezes, estes procedimentos, para que o fluxo de trabalho não fique bloqueado por indisponibilidade da enfermeira. Esta situação pode ser adversa para o doente visto que, deste modo, pode ser puncionado diversas vezes, até que se puncione um acesso venoso periférico permeável.

Depois deste procedimento, o doente é reposicionado na mesa do equipamento;

(n) Exame: tarefa realizada pelo técnico de radiologia, na sala de controlo e na respectiva estação de trabalho. Esta possui uma consola que permite a obtenção das imagens pretendidas. A radiação emitida pelo equipamento é dependente da constituição da pessoa, do tipo de radiografia a realizar, sendo que é permitido ao técnico ajustar, dentro de uma gama de valores a dosagem que é emitida. Após a obtenção das imagens, o técnico efectua uma breve análise da qualidade das mesmas;

(o) Auxílio ao doente para sair do equipamento: o técnico, sempre que necessário, auxilia o doente a sair do equipamento, encaminha-o até ao respectivo vestiário e fornece-lhe indicações sobre o local onde este terá de efectuar o pagamento do exame;

(p) Troca de vestuário: após a realização da radiografia, o doente regressa ao seu vestuário onde troca a bata/camisa pelas peças de vestuário que retirou para o exame;

(q) Pós-processamento das imagens: esta tarefa está condicionada pelo volume assistencial do SR e pelo técnico que a está a realizar. Normalmente é realizada nos intervalos dos respectivos exames, isto é, quando o técnico possui algum tempo livre, sem exames pendentes, fotografa as imagens adquiridas em exames anteriores. Caso o volume assistencial seja elevado, estas só são fotografadas de imediato caso exista um motivo clínico, por exemplo, o doente precisar de entregar os resultados ao seu médico com brevidade. Fotografar uma imagem implica o posterior envio da mesma para PACS. Deste modo o técnico, após fotografar, realiza o seu pós-processamento e envia-as para o PACS, para ficarem disponíveis a qualquer médico do PCS Privado as observar. Mas, sempre que o doente necessita dos resultados, estas tem de ser-lhes fornecidas. Deste modo o técnico, para além de as enviar para o PACS envia igualmente para a impressora de CD que grava as imagens e imprime a identificação do doente num CD que, posteriormente, é fornecido ao doente.

O técnico documenta todos os parâmetros utilizados para a realização do exame, e algumas informações relevantes, na ficha do doente;

(r) Pagamento do exame: tarefa executada no balcão de pagamento, no interior do SR pelo doente e o administrativo. Caso seja necessário o doente levar os resultados na hora, tem de esperar, na sala de espera, que estes estejam gravados num CD. Caso contrário, o doente é informado da data a partir da qual o resultado do seu exame está disponível, podendo levá-lo no SR ou, alternativamente, recebê-lo no domicílio;

(s) Saída do SR: depois de pagar o respectivo exame, o doente sai do SR. Caso necessite de levar consigo as imagens tem de dirigir-se ao balcão de marcação e entrega de resultados e, só então sai do SR, passando pela sala de espera exterior, que dá acesso ao exterior do PCS Privado.

4.2.2 Análise do volume assistencial do Serviço de Radiologia

No SR alvo de estudo é possível realizarem-se dois tipos de análise (por dia de trabalho e por tipo de exame), tendo em conta o seu volume assistencial. Esta análise terá por base os tipos de exames realizados.

Para a análise do volume assistencial por tipo de exames foi possível recorrer a duas fontes distintas. Uma delas consiste nos dados recolhidos durante catorze dias de estudo no SR e a outra, considera uma base de dados com vinte e nove meses de dados (entre 1 de Janeiro de 2007 e 30 de Maio de 2009).

Visto tratar-se de informação baseada em dados de facturação, toda ela foi tratada de modo a retirar a informação redundante, devido a desmultiplicação de exames de acordo com as listas de serviços e convenções. Foram também retiradas referências aos lados dos membros, por exemplo, joelho direito e esquerdo são ambas consideradas como radiografias ao joelho.

(a) Volume assistencial por tipo de exame

Esta análise foi realizada com o objectivo de se encontrar um padrão de exames efectuados neste SR. Deste modo, pretendem-se tirar algumas conclusões acerca do modo como é efectuado o escalonamento dos exames, assim como encontrar os volumes assistenciais médios diários por dia de exames.

Deste modo, e com base na Tabela 4.1 foi possível analisar o volume assistencial do SR e extrair um padrão do tipo de exames realizados ao nível da radiografia.

Tabela 4.1 Número e percentagem dos diferentes tipos de radiografias, realizadas entre 1 de Janeiro de 2007 e 30 de Maio de 2009

Tipo de Radiografias	Número de exames	Percentagem (%)	Cumulativo da percentagem
TÓRAX	4656	27,6	27,6
JOELHO	2080	12,3	39,9
COLUNA LOMBAR	1861	11,0	50,9
PÉ	1524	9,0	59,9
COLUNA CERVICAL	1359	8,0	68,0
BACIA	1215	7,2	75,1
MÃO	807	4,8	79,9
OMBRO	778	4,6	84,5
COLUNA DORSAL	623	3,7	88,2
EXTRALONGO	599	3,5	91,8
PUNHO	529	3,1	94,9
ANCA	434	2,6	97,5
TORNOZELO	428	2,5	100,0

Dada a forma esporádica com que são realizados alguns tipos de exames para este estudo, apenas foi analisado, aproximadamente, 83% do volume assistencial total do SR, isto é, foram analisados 16893 de um total de 20362 de exames. Esta restrição de dados tem como principal objectivo tornar o estudo mais claro, sendo que para a análise deste tipo de dados é importante salientar aqueles que são realmente importantes (os exames mais realizados pelo SR) e excluir aqueles que ocorrem ocasionalmente (exames pouco efectuados). De um universo de 67 tipos de exame, apenas 13 representam, aproximadamente, os 83% do volume assistencial deste Serviço (corresponde ao número de exames realizados neste SR).

A informação presente no Tabela 4.1 pode ser representada, na forma de um gráfico, para se perceber a influência de cada tipo de exames no volume total de trabalho do SR.

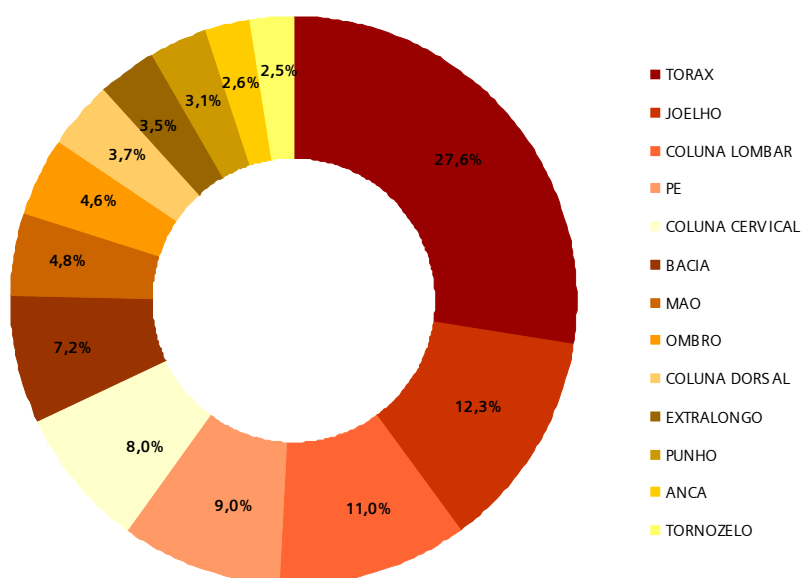


Figura 4.2 Tipos de exames radiográficos realizados entre 1 de Janeiro de 2007 e 30 de Maio de 2009

Através da análise deste gráfico verifica-se a predominância de três tipos de radiografias (tórax, joelho e coluna lombar) que perfazem, aproximadamente, 49% do volume total de trabalho, nos 29 meses de registos da base de dados. A radiografia ao tórax é a mais realizada e corresponde a 27% do volume assistencial deste PCS Privado.

O estudo no SR do PCS Privado decorreu ao longo de catorze dias úteis e possibilitou, através da base de dados, uma análise semelhante. É importante analisar os dados recolhidos no Serviço e compará-los com os dados presentes na base de dados fornecida pelo Serviço. Deste modo pretende-se validar a representatividade do estudo realizado. Assim, se os dados recolhidos não estiverem, percentualmente, afastados dos fornecidos pelo Serviço, pode considerar-se este estudo como válido e credível pois reflecte a realidade do SR.

O estudo no PCS Privado possibilitou a aquisição de dados referentes a 281 radiografias diferentes, sendo que estes se dividiam por 32 tipos de exames. Tal como para os dados provenientes da base de dados do Serviço, estes também foram tratados, tendo em conta 83% (234 exames) dos dados totais adquiridos. Considerou-se que os restantes não possuíam representatividade suficiente para serem incluídos no estudo, devido ao seu baixo número e, deste modo, a análise pretendida foi elaborada a partir dos 80% de volume assistencial. Assim, de um universo de 32 tipos de exames, foram considerados 11 tipos.

Tabela 4.2 Número de exames e respectivas percentagens dos diferentes tipos de radiografias, durante os 14 dias de estudo

Tipo de Radiografia	Número de radiografias	Percentagem (%)	Cumulativo da Percentagem (%)
TÓRAX	71	30,3	30,3
COLUNA LOMBAR	29	12,4	42,7
JOELHO	26	11,1	53,8
COLUNA CERVICAL	24	10,3	64,1
OMBRO	15	6,4	70,5
EXTRALONGO	14	6,0	76,5
PÉ	12	5,1	81,6
MÃO	12	5,1	86,8
BACIA	12	5,1	91,9
COLUNA DORSAL	11	4,7	96,6
PUNHO	8	3,4	100,0

Através da análise do Tabela 4.2 é possível verificar que existem três tipos de exames que ocupam 53,8% do volume assistencial total do SR. Os exames em questão são, sequencialmente, as radiografias ao tórax, à coluna lombar e ao joelho sendo que, a radiografia ao tórax acumula 30,3% do volume assistencial total deste PCS Privado.

Esta informação pode ser representada na forma gráfica, Figura 4.3, que permite perceber a influência que cada tipo de radiografia tem no volume assistencial total deste SR.

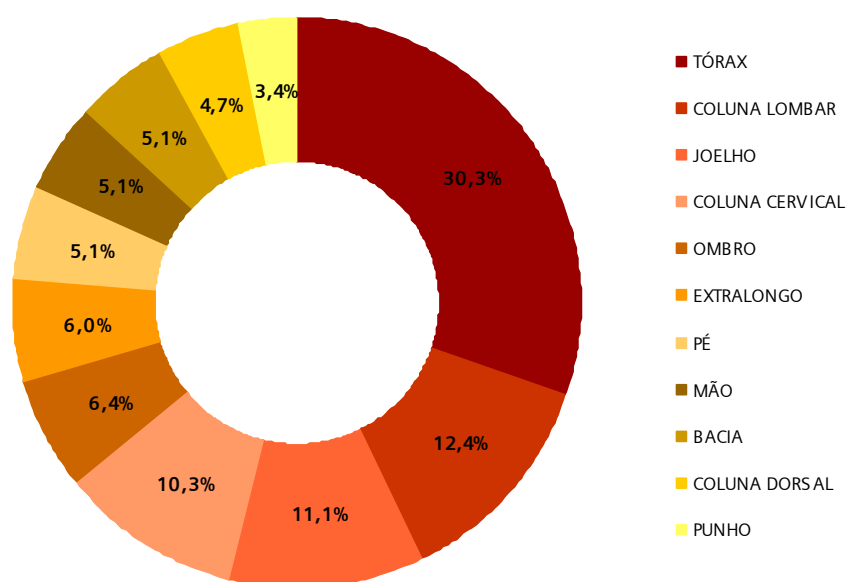


Figura 4.3 Tipos de exames radiográficos adquiridos no estudo do SR.

(b) Volume assistencial por dia de exames

Para se perceber o funcionamento de um SR é importante conhecer-se o volume assistencial que este regista diariamente. Nesta subsecção vai encontrar-se a produção média deste SR (tendo em conta o tipo de exame radiográfico) por dia de trabalho (Segunda-feira, Terça-feira, Quarta-feira, Quinta-feira, Sexta-feira e Sábado), para se conhecerem os picos (máximo e mínimo) de produção semanal do Serviço. Convém referenciar que ao Sábado o SR só está em funcionamento no turno da manhã, enquanto que nos restantes dias este encontra-se em funcionamento das 9:00 – 13:00 (turno da manhã) e das 15:00 – 19:00 (turno da tarde).

Tabela 4.3 Distribuição do número de exames por dias da semana, realizados entre 1 de Janeiro de 2007 e 30 de Maio de 2009

Dias da Semana	Número de radiografias	Número de dias	Desvio Padrão por dia	Número médio de radiografias por dia
Segunda-feira	4420	116	14,39	39
Terça-feira	3965	119	14,14	34
Quarta-feira	3953	121	11,93	33
Quinta-feira	4311	120	14,96	36
Sexta-feira	4075	117	16,82	35
Sábado	229	20	276,69	12

Através da análise deste quadro é possível verificar-se que a segunda-feira é o dia da semana cuja produção do SR é maior. Pelo contrário, a Quarta-feira é o dia da semana com menor produção semanal. Para esta análise foi excluído o sábado visto que é o dia em que o Serviço só se encontra em funcionamento durante o turno da manhã e possui um baixo volume assistencial.

Apesar de não existir um dia em que haja uma discrepância (quer superior quer inferior) em relação à média diária, verifica-se que o Sábado é o dia com menor produção. Tal justifica o facto de o Sábado não ser incluído na análise feita nesta secção.

Do mesmo modo como foi realizado para a análise do volume assistencial por tipo de exame, é importante fazê-lo também através da média diária.

Esta análise pode também ser feita por meio da Figura 4.4, em que se comparam os valores médios de cada dia da semana com a média semanal.

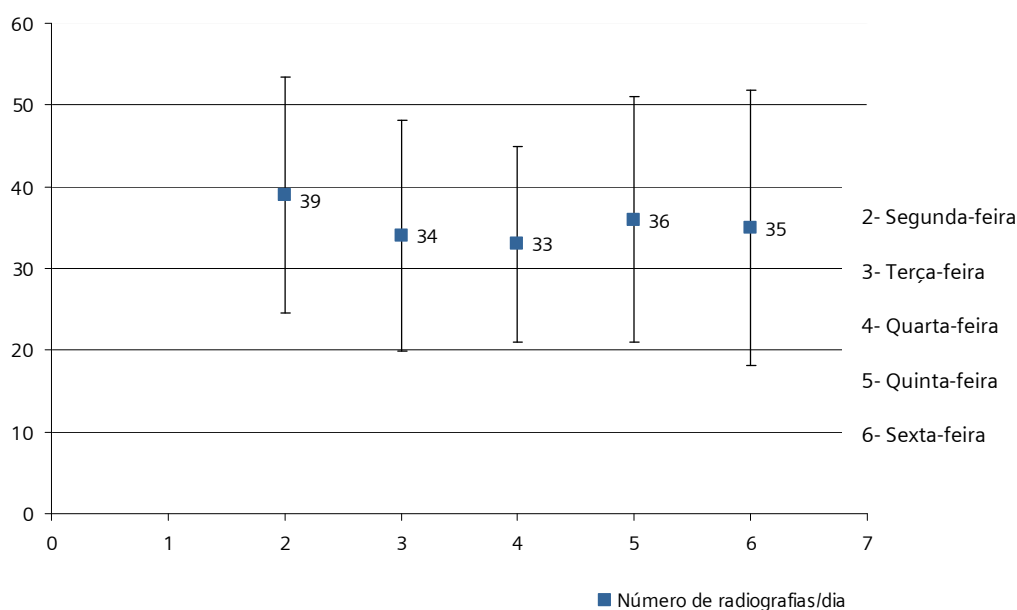


Figura 4.4 Volume assistencial por dia da semana, baseado na base de dados do SR

Na Figura 4.4 são representados os dias de exame (excepto o Sábado e Domingo) pois, tal como foi referido anteriormente, estes são os dias onde são contabilizadas oito horas de trabalho diário. Os exames realizados ao Domingo foram excepções pois o SR encontra-se fechado. O Sábado é um dia que possui uma baixa taxa de radiografias visto só estar em funcionamento no turno da manhã. Deste modo, e para efeitos de simulação, a análise é realizada no dia de maior volume assistencial.

4.3 Introdução à Estatística

Testes paramétricos são os testes de hipóteses que satisfazem simultaneamente duas condições distintas:

- Incidem sobre um parâmetro de uma ou mais populações (por exemplo, o valor esperado ou a variância da população) [42, 43].
- A distribuição da estatística de teste requer uma forma particular da distribuição populacional envolvida (por exemplo, a normalidade da distribuição) [42, 43].

Testes não paramétricos, que são aqueles em que não é cumprida, pelo menos uma das condições referidas. Um dos critérios que causa alguma dúvida é o que permite definir

uma distribuição populacional como Normal. Para um teste ser classificado como paramétrico, a distribuição das suas populações têm de estar dotadas de Normalidade (o que acontece se a amostra for de pequena dimensão). Mas se a amostra for de grande dimensão o teste é considerado não-paramétrico pois, recorrendo ao teorema do limite central, todos os testes desta dimensão são assim classificados (como Normais). O problema é conhecer-se a fronteira entre uma população de pequena e uma de grande dimensão [42].

Deste modo é necessário conhecer-se o tipo de teste que se vai usar. Para tal, serão usados testes de localização (ao valor esperado). Estes testes são efectuados a uma amostra aleatória simples, sendo considerados dois casos:

- Amostra de grande dimensão proveniente de uma qualquer população (teste Z)

$$\begin{aligned} H_0 : \mu &= \mu_0 \\ H_1 &= \mu \neq \mu_0, \mu < \mu_0 \text{ ou } \mu > \mu_0 \end{aligned}, \quad \text{Equação 2}$$

$\mu = \mu_0$ representa a hipótese nula do teste, podendo esta ser verdadeira (H_0) ou falsa (H_1) [42].

A estatística de teste é calculada através da fórmula:

$$ET = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{N}}, \quad \text{Equação 3}$$

onde \bar{X} representa a média da amostra recolhida, S^2 a variância da respectiva amostra e N a sua dimensão [42].

Sempre que H_0 se verifica, a estatística de teste segue uma distribuição $N(0, 1)$.

- Amostra de pequena dimensão, população normal (teste t)

$$\begin{aligned} H_0 : \mu &= \mu_0 \\ H_1 &= \mu \neq \mu_0, \mu < \mu_0 \text{ ou } \mu > \mu_0 \end{aligned}, \quad \text{Equação 4}$$

$\mu = \mu_0$ representa a hipótese nula e H_0 e H_1 representam a possibilidade de, respectivamente, a hipótese nula ser verdadeira ou falsa [42].

A estatística de teste, tal como no caso anterior, é calculada através da fórmula:

$$ET = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{N}}, \quad \text{Equação 5}$$

onde as variáveis presentes possuem o mesmo significado que no caso anterior.

Sempre que H_0 se verifica, a estatística de teste segue uma distribuição t_{N-1} [42, 43].

Os testes não paramétricos podem dividir-se em:

- Testes de qualidade de ajuste [42];
- Testes de localização, que permitem a localização de uma população e a localização relativa de duas populações (quer sejam independentes quer sejam emparelhadas) [42];
- Testes relativos à aleatoriedade das observações de uma variável [42];
- Testes de associação (permitem analisar se duas variáveis se relacionam entre si ou se, de qualquer forma, estão associadas) [42].

Os testes de qualidade de ajuste são testes não paramétricos cujo principal objectivo é verificar hipóteses para se descobrir a forma da distribuição da população, de onde provém uma qualquer amostra, ou se conhecer se as diferentes amostras são provenientes de uma única população [42, 43].

Nesta subsecção serão explicados os testes de qualidade de ajuste, mais especificamente, o teste de Kolmogorov-Smirnov pois, como se verá adiante, os dados recolhidos cumprem as premissas deste teste [42].

4.3.1 Testes de qualidade de ajuste

Os testes de qualidade de ajuste têm como principal objectivo averiguar se uma amostra pode ou não ser proveniente de uma determinada distribuição.

Estes testes podem ser realizados a [42]:

(a) Uma amostra	▪ Teste do Qui-quadrado	▪ População qualquer. ▪ Frequências observadas.
	▪ Teste K-S	▪ População contínua conhecida. ▪ Observações quantitativas.
	▪ Teste K-S Lilliefors	▪ População Normal. ▪ Observações quantitativas.
(b) Duas amostras independentes	▪ Teste não-paramétrico	▪ População qualquer. ▪ Frequências observadas.
	▪ Teste K-S	▪ População contínua. ▪ Observações quantitativas.

4.3.1.1 Teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S)

A função estatística do teste é definida rigorosamente sempre que a distribuição populacional é contínua e se conhecem a forma e os parâmetros da função densidade de probabilidade. Deste modo, o teste K-S é usado sempre que as distribuições populacionais sejam contínuas e bem especificadas [42, 43].

Para se verificar a normalidade de uma população, recorrendo ao teste de K-S, é necessário realizar-se:

- A formulação das hipóteses:
 - Hipótese nula (H_0) é verdadeira: $F(x) = F_0(x)$ para todos os valores de X . Esta expressão quer dizer que a função de distribuição da população da qual provém a amostra é idêntica a uma função de distribuição conhecida [42].

Legenda:

X_n – valor

μ – média

σ – desvio padrão

$$P[Z \geq z(\alpha)] = \alpha_1;$$

$$z(\alpha) = \frac{(X_n - \mu)}{\sigma}$$

Equação 6

Para uma distribuição $N(0, 1)$, $F[z(\alpha)] = F(x)$.

- Hipótese nula (H_0) é falsa: $F(x) \neq F_0(x)$, para algum valor de X [42, 43].

- Definir o nível de significância do teste $-\alpha$. Geralmente usa-se o valor pré-definido de 0,05 [42, 43].
- Função de distribuição empírica, $S(x)$, que é uma função cumulativa e pode ser calculada de acordo com

$$S(x) = \frac{f_i}{N} + S(x-1), \quad \text{Equação 7}$$

sendo f_i a frequência absoluta e N o número de dados da população [43].

- Cálculo do valor $|S(x) - F_0(x)|$, tanto à esquerda como à direita de cada x_n . O supremo desta diferença (o maior valor) é designado D . Este valor deve ser procurado na vizinhança (direita ou esquerda) de cada valor observado pois $F_0(x)$ é uma função contínua e $S(x)$ é uma função em escada [42, 43].
- Comparar o valor D com o respectivo valor crítico (Anexo 1) encontrado para o nível de significância escolhido. Através da comparação dos resultados, a hipótese nula, H_0 , é ou não rejeitada. Como a estatística de teste foi calculada através do módulo de uma diferença, os valores críticos de D devem ser calculados na vizinhança positiva (direita) da distribuição [42, 43].

4.4 Metodologia

Nesta secção será apresentada uma explicação geral da metodologia usada para obter os resultados que irão ser apresentados.

O estudo no SR deste PCS privado proporcionou a obtenção dos dados relativos a cada tarefa mapeada, tendo sido adquiridos o momento de ocorrência de pontos de controlo do processo. A aquisição destes tempos decorreu com o auxílio de um cronómetro e, sempre que possível, o doente foi acompanhado desde a sua entrada (após a chamada do assistente de radiologia) até à sua saída (até à altura em que o doente pagava o exame) no SR.

O estudo realizado neste PCS Privado possibilitou a aquisição de dados referentes a 281 exames radiográficos. Foram adquiridos os tempos do maior número possível de tarefas em cada processo radiográfico, o que possibilitou, posteriormente, a respectiva segmentação, tratamento estatístico e obtenção de resultados.

A segmentação dos dados foi realizada tendo em conta a faixa etária dos doentes (crianças, adultos, idosos) e o tipo de radiografias realizadas, pois é frequente a duração das tarefas dependa das restrições enumeradas. Dependendo da tarefa que se pretende analisar, a segmentação pode ser do tipo "idades" e/ou "tipo de exame", sendo que todas as tarefas foram alvo desta metodologia.

Foram analisadas todas as tarefas mapeadas excepto aquelas que incluam deslocções, uma vez que, dada a dimensão do PCS estudado são tarefas rápidas não interferindo no normal funcionamento do SR.

Tarefas como,

T001 – Chamada do doente

T002 – Informação ao doente

T003 – Mudança de roupa

T004 – Entrega da ficha do doente na sala de controlo

T005 – Posicionamento do doente

T006 – Exame

T007 – Retirada do doente do equipamento

T008 – Fotografia

sofreram uma ou mais segmentações, dependendo da sua natureza, com excepção para a tarefa T004, que não sofreu qualquer tipo de segmentação. A tarefa T001 foi a única que sofreu, apenas, uma segmentação por idades, enquanto que as tarefas T002, T003, T006 e T008 sofreram somente segmentações por tipo de exame. As restantes duas tarefas, T005 e T007, sofreram inicialmente uma segmentação por tipo de exame e, para aquelas em que os resultados não foram conclusivos, sofreram uma nova segmentação por idade. Por exemplo, se depois de uma primeira segmentação da tarefa T005, por tipo de exame, não se obtiverem resultados conclusivos para o exame ao tórax é necessário, para esta tarefa, realizar-se uma nova segmentação por faixa etária. Deste modo pretendem-se obter distribuições normais dos dados que permitam

a utilização do escalonador possível realizar propostas de optimização recorrendo a um software adequado.

4.5 Principais Resultados

Nesta secção serão apresentados os resultados de uma das tarefas alvo de estudo. A tarefa seleccionada é a tarefa T006 (Exame) visto ser uma tarefa extremamente importante em todo o processo e que depende dela parte da satisfação que o SR consegue proporcionar ao doente. Esta tarefa foi segmentada por tipo de exame pois a duração da sua execução depende, maioritariamente, do exame que se vai realizar. A tarefa exame tipo tórax foi seleccionada visto ser o tipo de exame com maior volume assistencial deste Serviço (Figura 4.2 e Figura 4.3).

Na Tabela 4.4 é apresentada a análise do PCS Privado (média, desvio padrão, máximo, mínimo e número de dados recolhidos) e o número de amostras recolhidas na referida tarefa.

De forma a determinar o tipo de distribuição probabilística é necessário recorrer a testes específicos. Estes testes estão divididos em testes paramétricos e testes não paramétricos.

Tal como foi explicado na secção 4.3 e, de acordo com os dados apresentados na tabela presente no Anexo 2, serão utilizados testes não paramétricos pois pelo menos uma das duas premissas para a realização de um teste paramétrico não é satisfeita. Para se poder utilizar este teste, teria de haver uma forma esperada para a curva da distribuição populacional envolvida. Tal não acontece pois estão a ser utilizados dados reais, dependentes de diferentes recursos, cujas tarefas mapeadas têm uma sequência. Deste modo não se pode prever que esta curva irá ter características normais ou, se pelo contrário, será uma curva de Poisson.

Depois de identificado o tipo de testes que podia ser usado, foi necessário conhecer a possibilidade de esta amostra, representada pela função de distribuição da população da qual provém a amostra, $F(x)$, ser ou não proveniente de uma função de distribuição conhecida, $F_0(x)$. Para este efeito, o teste de Kolmogorov-Smirnov foi aquele que mais se adequou pois as duas premissas do teste (amostra proveniente de uma distribuição contínua e, os parâmetros associados a esta distribuição serem bem especificados, sem necessidade de se recorrer a valores estimados a partir da amostra) são cumpridas.

Depois dos dados recolhidos foi necessário realizar-se uma primeira abordagem dos dados recolhidos, Tabela 4.4, quer ao nível da média (μ), desvio padrão (σ) e tamanho da amostragem (N), quer ao nível dos seus extremos (máximo e mínimo), que são importantes para uma análise preliminar e também para facilitar a sua utilização durante a aplicação do teste K-S.

Tabela 4.4 Análise estatística da amostra recolhida

Mínimo (s)	Máximo (s)	N	Média (s)	Desvio Padrão (s)
8,00	354,00	93	62,33	45,95

Os dados da amostragem, apresentados no Anexo 3, foram recolhidos ao segundo e distribuídos por classes (com um intervalo de um segundo). Posteriormente foi calculado a frequência absoluta (f_i) dos dados da amostragem em cada classe (C).

Para se verificar se, segundo o teste K-S, a hipótese nula, H_0 , é verdadeira, é necessário definir-se o nível de significância do teste (α). O valor usado foi 5% visto que é um valor standard neste tipo de testes. Depois de se definir α procedeu-se à determinação do valor supremo deste teste, de acordo com a Equação 8.

$$D = \max |S(x) - F_0(x)|, \quad \text{Equação 9}$$

onde $F_0(x)$ representa a função, contínua, de distribuição normal da amostragem enquanto $S(x)$ representa a função cumulativa de distribuição empírica definida segundo a Equação 10.

$$S(x) = \frac{f_i}{N} + S(x-1), \quad \text{Equação 11}$$

Depois de calculada $S(x)$ para cada classe é necessário proceder-se ao calculo da diferença entre esta e $F_0(x)$, à direita de x_n , $|S(x) - F_0(x)|^+$, e à esquerda de x_n , $|S(x_{n-1}) - F_0(x)|^-$. Como o desvio (D) é calculado em módulo, devem ser considerados os valores obtidos à direita de x_n . Este valor é posteriormente comparado com o valor crítico tabelado consoante o nível de significância considerado, ver tabela no Anexo 1. Como o tamanho da amostra recolhida era superior a 40, o valor de D_{crit} foi calculado

tendo por base a fórmula, $D_{crit} = \frac{1,36}{\sqrt{N}}$. Para a amostra recolhida, D_{crit} toma assim o

valor de 0,1410. Para este caso, o máximo à direita de x_n correspondia à classe, $C = 68$, para a qual D toma o valor de 0,1606. Assim, sendo $D > D_{crit}$, a H_0 não se verificava e, deste modo não estamos perante uma distribuição normal [42].

Como não se consegue verificar a normalidade da distribuição empírica foram analisados os valores da amostra recolhida, recorrendo ao software "SPSS Statistics 17.0", e chegou-se à conclusão que havia um valor desta amostra que estava fora dos da barreira de *outliers* definida através de $\mu \pm 3 \times \sigma$, denominado *outlier*, tal como se pode observar na Figura 4.5. Este valor corresponde a 354 segundos, representado na Figura 4.5 com o símbolo estrela, claramente fora do limite, [0; 162]s, especificado, ver Anexo 4. Estes não devem ser tidos em conta quando se pretende analisar um fluxo de trabalho normal.

Nesta tarefa as razões mais frequentes de alguns exames terem sido mais morosos que os restantes deveram-se ao facto do técnico realizar tarefas transversais ao normal funcionamento do Serviço, entre elas, atender o telefone antes ou após o reposicionamento do doente, entre as incidências do exame, o doente sair da posição correcta após o seu posicionamento e, deste modo, o técnico ter de regressar à sala de exame para reajustar a sua posição, a entrada (na sala de controlo) de assistentes e administrativos com dúvidas acerca da entrada de doentes, gravação de CDs com os resultados dos exames e marcações de exames, respectivamente, e o diálogo entre técnicos, quando algum outro técnico entrava na sala de controlo.

Para suprir a não normalidade dos dados encontrados foi necessário retirar este dado pois, tal como se pode ver na Figura 4.5 é um valor que está muito acima da média (superior a 3σ).

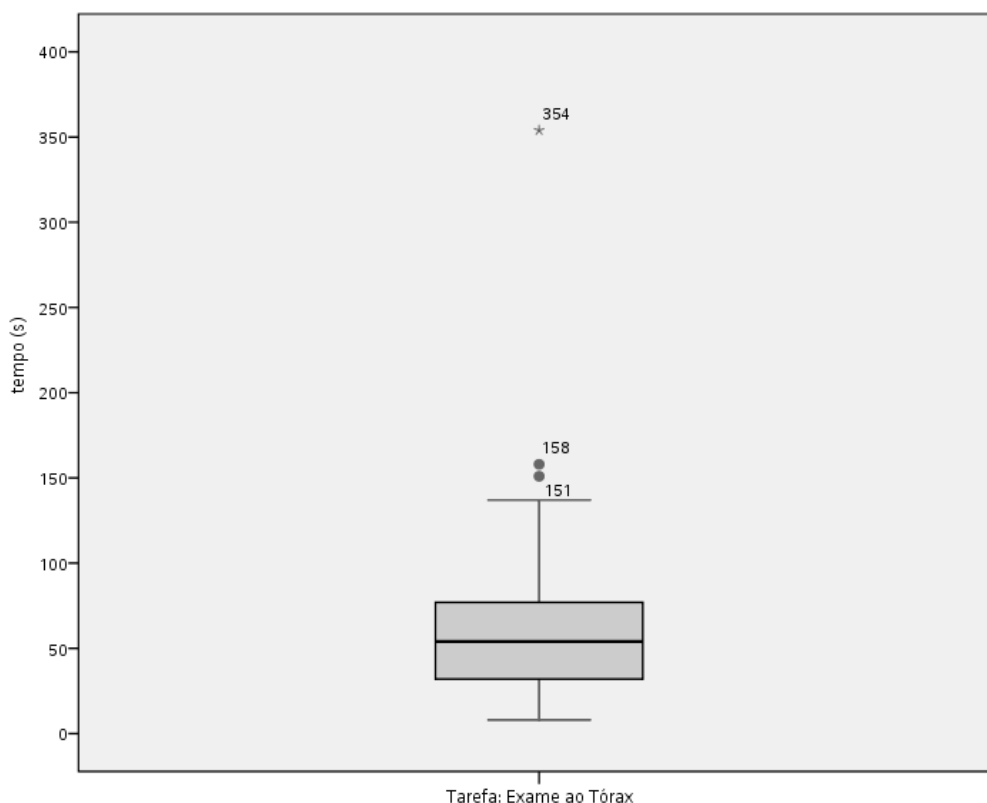


Figura 4.5 Determinação dos outliers da amostra recolhida

Retirando este valor da amostragem obtém-se a amostra filtrada. Esta amostra foi alvo de uma análise, ao nível da média (μ), desvio padrão (σ), tamanho da amostragem (N) e dos seus extremos (máximo e mínimo), Tabela 4.5.

Tabela 4.5 Análise probabilística da amostra filtrada

Mínimo	Máximo	N	Média	Desvio Padrão
8,00	158,00	92	59,16	34,49

Tendo por base a amostra filtrada, ver Anexo 4, recalcularam-se os valores de $|S(x) - F_0(x)|^+$ e $|S(x_{n-1}) - F_0(x)|^-$ e determinou-se o valor de D ($D = 0,1163$), para $C = 68$, visto ser este o valor a que equivale o maior desvio (D). O valor de D_{crit} também sofreu alterações pois o tamanho da amostragem reduziu de 93 para 92. Assim, por consulta da tabela apresentada no Anexo 1, $D_{crit} = \frac{1,36}{\sqrt{92}} = 0,1418$.

Como se pode verificar $D < D_{crit}$ e, conseqüentemente, a H_0 não é rejeitada. Deste modo pode verificar-se esta conclusão por observação da Figura 4.6, da diferença existente entre função de distribuição normal da amostragem $F_0(x)$ para $N(0; 1)$ e a função de distribuição empírica $S(x)$. D é representado pela linha a tracejado.

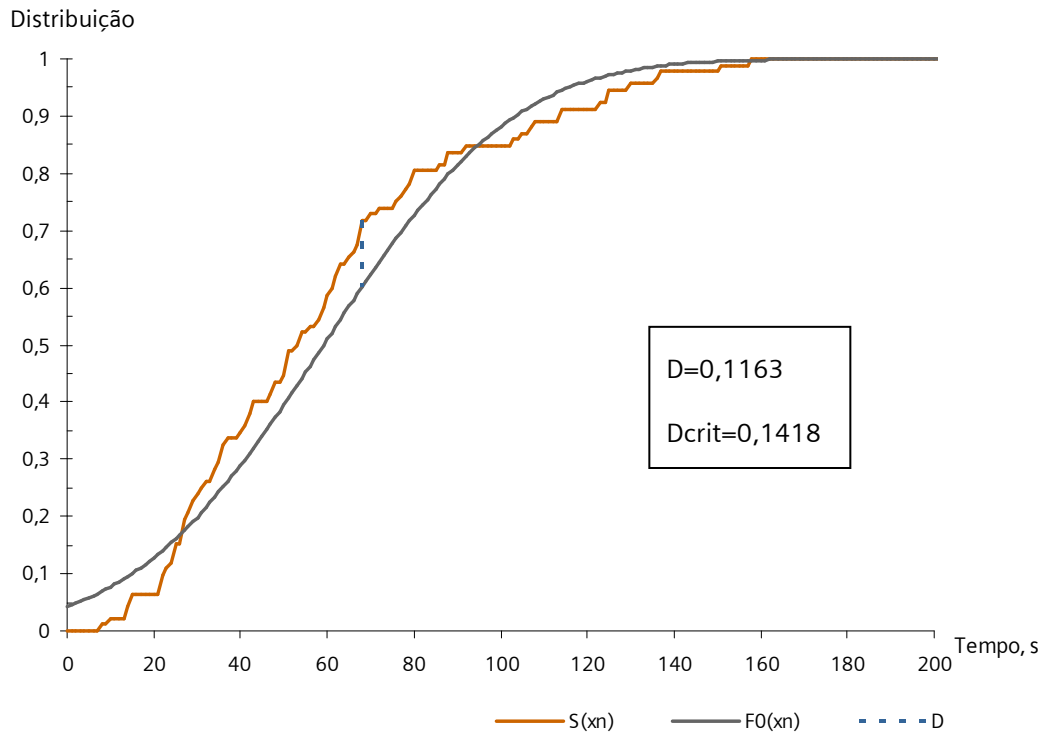


Figura 4.6 Representação esquemática das funções de distribuição normal ($F_0(x)$) e empírica ($S(x)$) da amostra e do valor supremo calculado entre ambas

A análise dos dados recolhidos e, posteriormente filtrados, pode ser realizada com o recurso à Figura 4.7, onde está representada a função distribuição normal (a cinzento), tendo por base a amostra filtrada $N(59,16; 34,49)$, e a frequência normalizada.

A frequência normalizada foi obtida a partir da fórmula $F_N = \frac{C_r}{N \times I}$, em que C_r é o valor de cada classe, N é o tamanho total da amostra e I é o respectivo valor do intervalo de amostragem.

Para o cálculo da função distribuição normal, foram considerados a média, o desvio padrão e cada uma das classes (C_r).

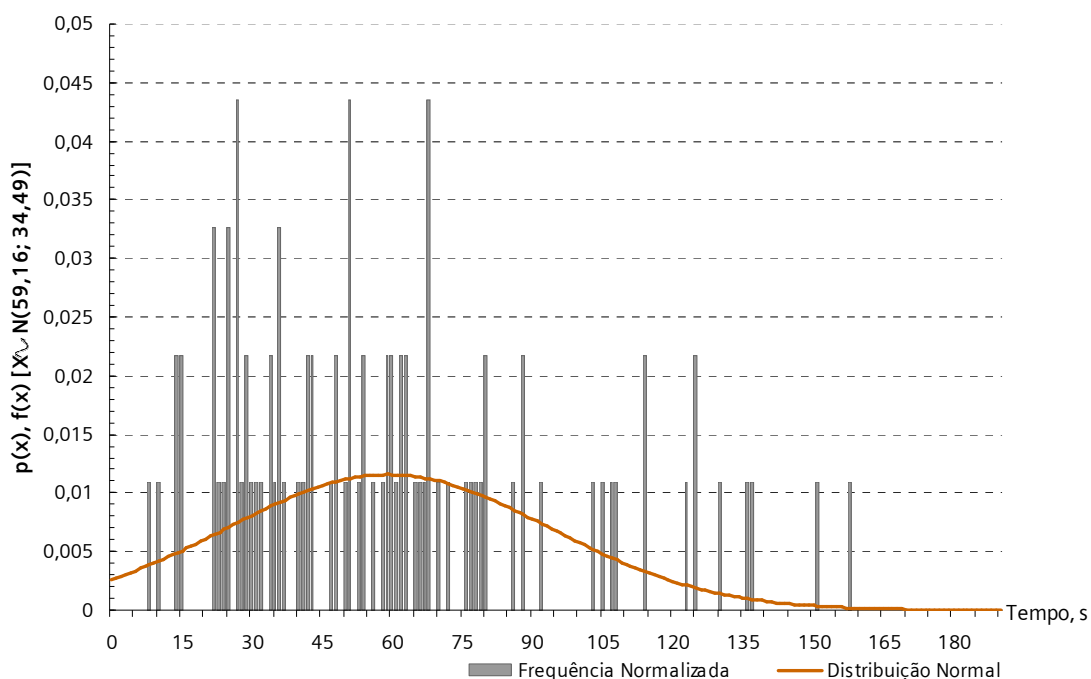


Figura 4.7 Frequência normalizada e distribuição normal da amostra filtrada

Tal como se pode observar na Figura 4.7, a frequência normalizada possui uma forma idêntica à distribuição normal. Esta análise visual não é conclusiva mas permite perceber o resultado do teste K-S, que comprova o que foi calculado analiticamente, isto é, comprova a distribuição normal da amostragem.

Os resultados das oito tarefas mapeadas, para as quais foram adquiridos os acontecimentos de início e fim, são apresentados na Tabela 4.6, onde é demonstrada a distribuição normal de todos os parâmetros estudados.

Tabela 4.6 Resultado das tarefas que permitem avaliar a normalidade da distribuição

Tarefa	Segmentação Tipo de Exame	Mínimo (s)	Máximo (s)	D	D _{crit} (0,05)	Distribuição
Chamada do doente	Crianças	4	38	0,3037	0,3490	Normal
	Adultos	2	16	0,1074	0,1145	Normal
	Idosos	7	16	0,2515	0,3610	Normal
Informação	Tórax	2	10	0,1607	0,2050	Normal
	Joelho	3	34	0,2124	0,3270	Normal
	Coluna lombar	3	36	0,2431	0,3910	Normal
	Coluna Cervical	3	20	0,2059	0,4090	Normal
	Pé	2	10	0,1730	0,5190	Normal

	Extralongo	4	67	0,3686	0,3910	Normal
	Bacia	4	21	0,2927	0,4090	Normal
	Ombro	3	15	0,2947	0,5190	Normal
	Punho	4	10	0,2530	0,7080	Normal
	Anca	3	17	0,2602	0,8420	Normal
	Tornozelo	9	302	0,2422	0,5630	Normal
	Coluna dorsal	42	76	0,2602	0,8420	Normal
Troca de vestuário	Tórax	22	536	0,1396	0,1700	Normal
	Joelho	15	805	0,2215	0,3090	Normal
	Coluna lombar	48	440	0,2913	0,3910	Normal
	Coluna Cervical	84	506	0,3428	0,4090	Normal
	Pé	9	564	0,3391	0,4540	Normal
	Extralongo	86	459	0,1537	0,4300	Normal
	Bacia	70	1274	0,2357	0,4090	Normal
	Ombro	25	284	0,1812	0,5190	Normal
	Tornozelo	69	996	0,4179	0,5630	Normal
Transporte da Ficha		3	48	0,1511	0,1614	Normal
Posicionamento	Tórax	0	56	0,1397	0,1868	Normal
	Joelho	13	102	0,1640	0,2750	Normal
	Coluna lombar	10	117	0,1552	0,3270	Normal
	Coluna Cervical	19	72	0,1432	0,3490	Normal
	Pé	16	96	0,1557	0,3910	Normal
	Extralongo	3	165	0,1765	0,3910	Normal
	Punho	5	81	0,1434	0,4830	Normal
	Mão	4	102	0,2739	0,5630	Normal
	Bacia	21	121	0,1896	0,3610	Normal
	Ombro	5	78	0,1841	0,4540	Normal
	Tornozelo	25	204	0,2691	0,4540	Normal
Exame	Tórax	8	158	0,1163	0,1418	Normal
	Joelho	3	175	0,1964	0,2124	Normal
	Coluna lombar	11	370	0,1802	0,2690	Normal
	Coluna Cervical	35	324	0,1457	0,3180	Normal
	Pé	6	278	0,1801	0,2940	Normal
	Extralongo	47	646	0,2326	0,3180	Normal
	Punho	37	157	0,1411	0,4540	Normal
	Mão	12	262	0,2398	0,4300	Normal
	Bacia	16	149	0,2926	0,3490	Normal
	Ombro	42	84	0,1546	0,4830	Normal
	Anca	32	238	0,2691	0,4090	Normal
	Tornozelo	22	586	0,2405	0,3270	Normal
	Rótulas	41	175	0,2510	0,5190	Normal
	Coluna Dorsal	18	96	0,2134	0,6240	Normal

Retirada do equipamento	Tórax Criança	3	103	0,3622	0,519	Normal
	Tórax Adulto	1	13	0,1598	0,1603	Normal
	Tórax Idoso	3	30	0,3167	0,454	Normal
	Joelho	2	19	0,2172	0,3180	Normal
	Coluna lombar	3	14	0,2106	0,3180	Normal
	Coluna Cervical	2	45	0,3146	0,3490	Normal
	Pé	5	41	0,3278	0,3610	Normal
	Extralongo	3	26	0,1974	0,3750	Normal
	Punho	1	3	0,2963	0,4830	Normal
	Mão	1	63	0,2530	0,4300	Normal
	Bacia	3	55	0,2897	0,4830	Normal
	Ombro	2	9	0,2033	0,4830	Normal
	Anca	3	126	0,3734	0,4300	Normal
	Tornozelo	5	19	0,2213	0,4830	Normal
	Rótulas	7	13	0,2879	0,6240	Normal

Deste modo verificar-se que, após a aplicação do teste de qualidade de ajuste K-S e, para alguns casos, após a determinação dos *outliers*, as tarefas mapeadas e segmentadas seguem uma distribuição probabilística normal. Este tipo de distribuição foi confirmado para a totalidade das tarefas mapeadas de forma idêntica ao que se explicou detalhadamente ao longo desta secção, para a tarefa exame, tipo tórax.

O facto de se trabalhar com distribuições normais possibilita a simulação do sistema, de acordo com os alguns cenários que possam otimizar o funcionamento do SR.

4.6 Simulação

Os resultados da simulação que serão apresentados são obtidos com base num *software* adequado que permite analisar a realidade de um qualquer Serviço, tendo por base os cenários e os dados que se pretendem estudar.

Os cenários estudados são baseados no dia que, em média, possui maior volume assistencial, de acordo com a Tabela 4.3, pois, deste modo, se o SR conseguir dar uma resposta eficiente às necessidades deste dia, então consegue fazê-lo para todos os outros dias, visto que o volume assistencial é inferior. No caso do PCS estudado, tal como foi referido na secção 4.2.2, o dia de maior volume assistencial médio é a segunda-feira, com 39 radiografias realizadas.

O primeiro cenário a estudar corresponde a um dia de trabalho normal, em que os exames são marcados aleatoriamente.

Deste modo, a marcação de exames não considera, nem o tipo de exame, nem a idade do doente. Este é marcado de acordo com a disponibilidade, quer do doente, quer do SR. O sistema simulado é referente a um cenário que possui todos os recursos humanos exclusivos para o exame radiográfico, sendo que, deste modo, a disponibilidade destes não pode ser considerada um *bottleneck* do sistema (de acordo com as condições do cenário 1).

Para a análise de um dia de trabalho, em que recorram a este serviço 39 doentes, são simulados casos para os quais, a marcação de doentes é realizada de 0 em 0 minutos (os doentes são marcados todos para a mesma hora, $N=0$), de 1 em 1 minutos (os doentes são marcados com o intervalo de tempo de 1 minuto entre cada um, $N=1$), de 2 em 2 minutos (os doentes são marcados com o intervalo de tempo de 2 minutos entre cada um, $N=2$), até um máximo de 20 minutos de intervalo ($N=20$).

Na Figura 4.8 pode verificar-se que a duração total de realização de todos os exames e o tempo total de espera de todos os doentes evoluem de modo diferente à medida que o intervalo entre os doentes aumenta. Durante o intervalo [0; 5] minutos, o tempo total em que os 39 exames são realizados é, em média, 3 horas e 36 minutos. A partir desta fase a duração total dos exames realizados aumenta, atingindo o seu máximo quando o intervalo entre a marcação de doentes se localiza nos 20 minutos. Para este tempo de intervalo entre marcações, a duração de todos os exames atinge as 12 horas e 55 minutos (valor máximo). Este valor é resultado da requisição feita ao simulador para a qual, o SR teria de realizar 39 exames. Com 20 minutos de intervalo entre cada exame, o Serviço está, muitas vezes, vazio, à espera que o doente chegue sendo, deste modo, pouco benéfico para os intervenientes no processo radiográfico. Assim, o doente passa a estar sujeito simplesmente à espera técnica, sendo atendido assim que o assistente de radiologia receba a sua ficha. Quanto menor é o intervalo entre os exames, maior é o tempo de espera que o doente está sujeito para a realização da sua radiografia, tal como se pode observar na Figura 4.8 e, principalmente, nos primeiros 6 minutos (isto porque a duração média da tarefa exame é, aproximadamente, 6 minutos). O tempo de espera a que os doentes estão sujeitos, dependente do intervalo existente entre cada marcação, decresce exponencialmente até aos 6 minutos. A partir deste ponto esta variável estabiliza num valor positivo que permanece constante, apesar do intervalo entre cada exame aumentar. Este valor é considerado uma espera técnica que resulta do tempo necessário para o administrativo realizar a admissão do doente, entregar a

sua ficha no balcão administrativo interior, o assistente de radiologia recebê-la para, posteriormente, realizar a chamada do doente, entre outras tarefas, durante as quais o doente tem, inevitavelmente de esperar.

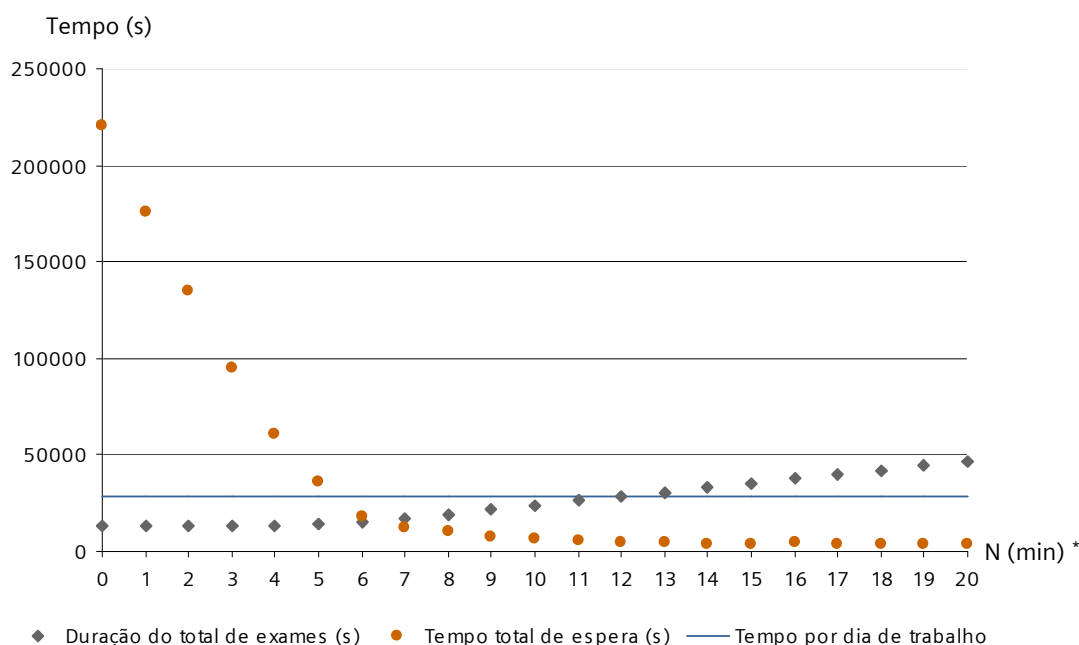


Figura 4.8 Tempo de simulação vs intervalo de tempo entre doentes para o cenário 1*

O dia de trabalho neste serviço é constituído por 8 horas (o que equivale a 28800 segundos), sendo este o tempo máximo que se pode dedicar para a realização de exames radiográficos.

É comumente considerado, para estudos deste género, que o tempo de espera que o doente está sujeito para a realização de um exame seja igual à duração do respectivo exame. Deste modo, e através da observação da Figura 4.8, pode verificar-se que este ponto se situa no intervalo [6; 7] minutos.

A realização do segundo cenário estudado implica uma alteração ao fluxo de trabalho do SR. Neste cenário as tarefas que o assistente de radiologia executa, relacionadas com o transporte da ficha para a sala de controlo, a chamada e a informação prestadas ao doente acerca do exame, passam a ser executadas pelo técnico de radiologia. No entanto, os exames são distribuídos, tal como no cenário 1, de forma aleatória (tal como acontece no SR).

* N – Tempo entre a chegada de doentes

A evolução da duração total de todos os exames realizados e do tempo total de espera ocorrem de forma diferente. Para um conjunto de intervalos de tempo de [0; 20] minutos, é simulado, 21 vezes (tantas vezes quantas o número de intervalos que se pretendem estudar), um dia de trabalho (com 39 doentes). A duração total de realização dos exames aumenta gradualmente à medida que o intervalo de tempo entre a marcação de cada exame aumenta, sendo que este aumento se torna mais significativo a partir do sexto minuto, tal como se pode observar na Figura 4.9, onde esse aumento da duração atinge as 12 horas e 30 minutos. No intervalo [0; 6] minutos, apesar do aumento do intervalo de tempo entre os exames, a duração total dos exames mantém-se em valores baixos. A duração total de exames aumenta à medida que aumenta o intervalo e a partir do momento em que esta duração total dos exames ultrapassa o tempo de espera, o exame radiográfico ganha momentos de paragem isto porque não há nenhum doente para a realização do exame. Pelo contrário do que ocorre com a duração total dos exames, pois o tempo de espera total tem uma diminuição exponencial à medida que o intervalo entre os exames aumenta. Esta variável tende para um valor constante positivo e, por mais que o intervalo entre exames aumente, essa variável não reduz abaixo desse patamar. Deste modo, este valor é considerado uma espera técnica.

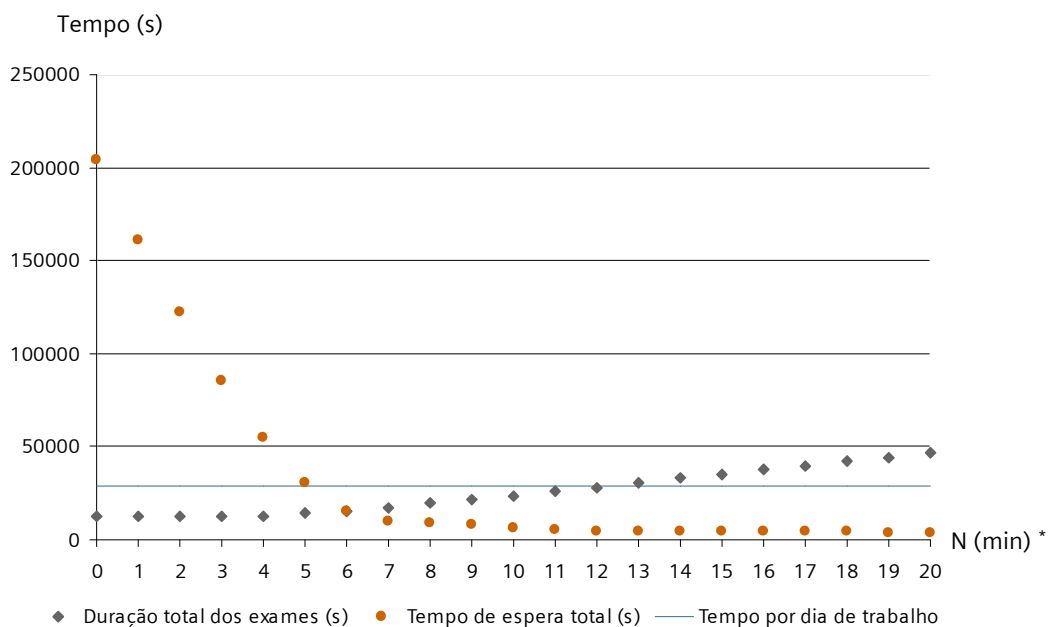


Figura 4.9 Tempo de simulação vs intervalo de tempo entre doentes para o cenário 2*

* N – Tempo entre a chegada de doentes

O dia de trabalho neste serviço é constituído por 8 horas (o que equivale a 28800 segundos), sendo este o tempo máximo que se pode dedicar para a realização de exames radiográficos.

Tal como para o cenário 1, é considerado como aceitável, que o tempo de espera a que o doente está sujeito para a realização de um exame seja igual à duração do respectivo exame. Deste modo, e através da observação da Figura 4.9, pode verificar-se que esta condição se verifica aquando do cruzamento das duas variáveis consideradas e está localizado no intervalo [6; 7] minutos.

O terceiro cenário estudado, tem por base os exames realizados num dia de trabalho e sendo segmentados pelos diferentes tipos. Os exames de cada tipo foram realizados todos juntos (o número de exames de cada tipo está relacionado com o volume assistencial que esse tipo de exames tem num dia de trabalho) e os resultados obtidos estão apresentados na Figura 4.10.

Tal como nos cenários anteriores, apenas interessa analisar a realização de exames, cujo tempo máximo (do total) seja igual, ou aproximadamente igual, ao tempo útil de trabalho diário (8 horas ou 28800 segundos). São considerados, tal como no cenário 1, todos os recursos humanos que intervêm no fluxo de trabalho inicialmente elaborado, Figura 4.1.

Na Figura 4.10 pode observar-se que, tal como nos cenários anteriores, a duração total dos exames realizados e o tempo de espera total a que os doentes estão sujeitos evolui, à medida que o intervalo de marcação entre cada doente aumenta, de forma inversa.

Tal como definido anteriormente, considera-se aceitável um tempo de espera igual, ou aproximadamente igual, à duração do exame. Deste modo verifica-se que esta situação ocorre no intervalo [6; 7] minutos. O comportamento da duração total dos exames possui valores idênticos ao dos cenários anteriores (com 20 minutos de intervalo o Serviço fica temporariamente parado visto não haver doentes para a realização de exames radiográficos).

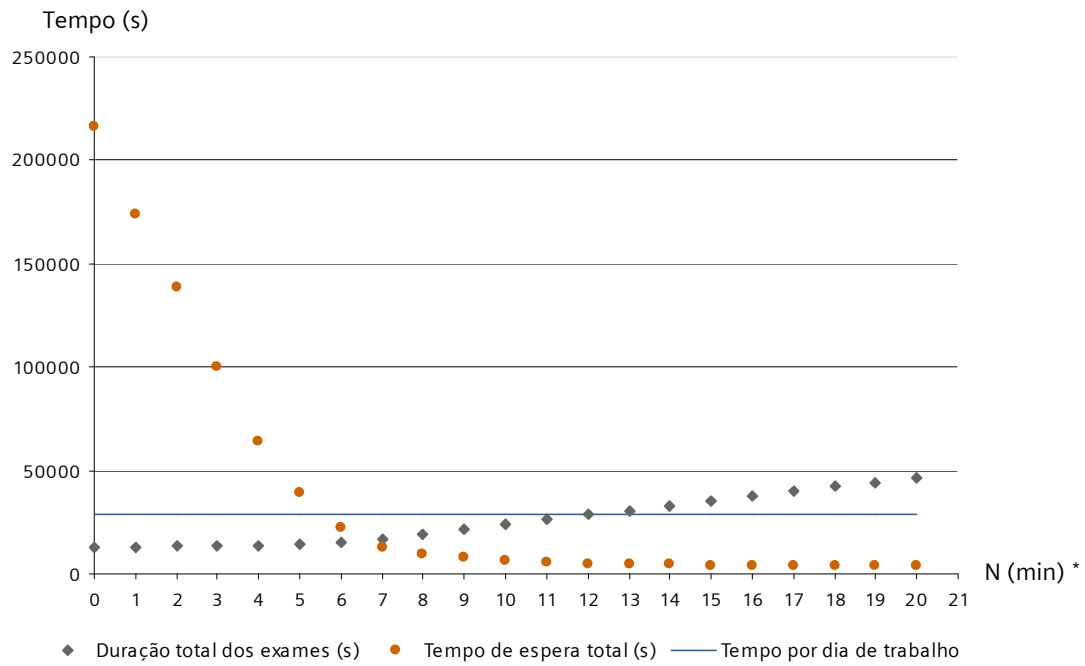


Figura 4.10 Tempo de simulação vs intervalo de tempo entre doentes para o cenário 3*

* N – Tempo entre a chegada de doentes

5 Discussão e Conclusão

O SR alvo de estudo pertence a um PCS privado que prima pelas excelentes condições, quer nos espaços físicos quer nos recursos humanos e tecnológicos existentes. A radiografia é um ECDT que evidencia um volume assistencial considerável sendo necessário a análise, caracterização, modelação e escalonamento do seu fluxo de trabalho. Este serviço torna-se, deste modo, um apetecível alvo de optimização, que requer um elevado patamar de análise devido às excelentes condições de prestação de cuidados de saúde evidenciadas.

Para melhorar a eficiência de um SR é necessário proceder a uma gestão adequada dos recursos envolvidos no fluxo de trabalho. Pretendem-se obter melhorias que promovam a satisfação dos intervenientes neste fluxo de trabalho e a rentabilização do serviço. Os SR em Portugal têm vindo a aumentar o seu volume assistencial e, deste modo, torna-se muito importante melhorar a eficiência com que estes funcionam. Os custos associados aos cuidados de saúde, o envelhecimento da população e o aparecimento de novas e avançadas tecnologias têm promovido a melhoria da eficiência mas não são suficientes. É necessário uma abordagem aprofundada a esta situação que vise a optimização das metodologias e recursos utilizados e, conseqüentemente, dos seus fluxos de trabalho.

O escalonamento e posterior modelação dos fluxos de trabalho possibilitam a optimização de um SR e requerem uma caracterização e mapeamento adequados do SR, uma estimativa verídica dos tempos associados a cada tarefa, uma identificação das principais variáveis passíveis de alterar o respectivo fluxo de trabalho e das tecnologias envolvidas neste processo.

O estudo de um PCS privado proporcionou um contacto próximo com a realidade existente no sector privado que, por ser um PCS de referência, proporcionou um estudo exaustivo da situação bem como uma definição de metodologias que satisfaçam os objectivos propostos.

Os ECDT que partilhem recursos devem possuir uma boa interacção que permita a conjugação de esforços que suportem os momentos de ausência de alguns intervenientes. A optimização deste tipo de processos facilita toda a coordenação necessária para uma gestão eficiente dos recursos e dos correspondentes intervalos de tempo de ausência.

A identificação das variáveis passíveis de alterar o fluxo de trabalho constitui uma parte essencial do presente estudo. Existem variáveis designadas globais e imutáveis que devem ser consideradas quando são comparados diferentes PCS pois afectam a globalidade das tarefas do fluxo de trabalho. As variáveis locais são aquelas que afectam localmente um fluxo de trabalho, o que não quer dizer que afectem a generalidade dos fluxos de trabalho.

Durante o estudo realizado no SR do PCS, o tipo de exame, a idade dos doentes e o número de recursos humanos intervenientes foram as principais variáveis locais deste serviço. As duas primeiras variáveis locais afectam directamente a duração das tarefas desempenhadas pelos doentes enquanto que a terceira demonstra que caso exista cooperação entre os diferentes recursos e caso cada um desempenhe as tarefas que lhes estão associadas, há uma maior produtividade do SR. Deste modo pode-se concluir que a existência de um fluxo de trabalho bem definido influencia a produtividade e, consequentemente, a rentabilidade do serviço sendo que o desempenho deste também depende, tal como se verifica através do tratamento efectuado aos dados recolhidos, do tipo de radiografia e da idade dos doentes. A duração das tarefas é a variável global do serviço sendo directamente afectada pelas variáveis locais.

No conjunto das variáveis locais podem também incluir-se os recursos humanos que executam cada tarefa, o grau de mobilidade do doente assim como o seu estado de espírito, entre outras.

A abordagem teórica feita a este tema (Capítulo 1) permitiu caracterizar o SR e elaborar um fluxo de trabalho baseado em directrizes e orientações nacionais e internacionais que visam o estabelecimento de um padrão na realização dos referidos ECDT.

A análise comparativa dos volumes assistenciais existentes em Portugal, em alguns outros países Europeus (Alemanha, -82.431.390 habitantes em 2004-, França, -60.656.178 habitantes em 2004-, e Reino Unido, -60.441.457 habitantes em 2004-), países de referência e com um número de habitantes consideravelmente superior ao português; Noruega, com um número de habitantes que é, aproximadamente, metade do português (4.574.560 habitantes em 2004) e Luxemburgo com um número de habitantes 22 vezes inferior ao português (468.571 habitantes em 2004)), Figura 3.4, e nos EUA, -295.734.134 habitantes em 2004-, Figura 3.6, permitiu a obtenção de valores claramente indicativos que Portugal (10.566.212 habitantes em 2004) é o país, de entre o conjunto analisado, onde se realiza um maior número de radiografias por 1000 habitantes possuindo uma taxa de produtividade 22% superior à média dos países europeus analisados (incluindo Portugal). Deste modo, e sabendo que em muitos países europeus (por exemplo, Grã-Bretanha, Alemanha e França) já estão implementados fluxos de trabalho na área da radiologia (e mais precisamente, da radiografia), torna-se evidente a necessidade de uma implementação semelhante em Portugal associada ao facto do elevado volume assistencial existente e do crescente afluxo de doentes por este tipo de modalidade imagiológica, para a qual os PCS têm dificuldade em responder [44].

Para cada uma das tarefas mapeadas foram cronometrados os respectivos acontecimentos de início e fim sendo posteriormente tratados os dados encontrados. Para tal foi utilizado um teste de qualidade de ajuste que permitiu concluir se os dados recolhidos, depois de segmentados quer por idades quer por tipo de exames, estavam de acordo com uma distribuição normal. Esta verificação nem sempre foi possível visto que haviam alguns *outliers* que a prejudicavam. Assim foi utilizado o software "SPSS Statistics" e foram determinados os valores que estavam afastados da média $\pm 3 \times \sigma$. Esses valores acabaram por ser eliminados pois correspondem a excepções que influenciavam decisivamente os resultados dos testes.

Para as diferentes segmentações realizadas com estes dados foi testada e aprovada a sua normalidade.

A normalidade dos dados recolhidos permite utilizá-los para simulação de diferentes cenários descritos em 4.6. Esta simulação utiliza uma ferramenta adequada e tem como

principal finalidade a simular computacionalmente cenários reais identificados durante o estudo no PCS privado.

Ao longo deste estudo foram observados alguns pontos que atrasam o fluxo de trabalho no SR e que foram alvo de propostas de optimização. Algumas destas propostas puderam ser simuladas sendo obtidos alguns resultados.

Depois de realizado o estudo no PCS privado podem ser constatados os seguintes factos, sendo que alguns deles constituem propostas de optimização:

- A marcação dos exames é realizada com intervalos de 10 minutos, o que quer dizer que, teoricamente, cada exame só pode demorar, no máximo, 10 minutos. Na realidade verifica-se que esta premissa não é verdadeira pois há exames que demoram até 10 minutos mas, há outros que demoram mais do que os 10 minutos (ex: cólon, trânsito intestinal, urografia). Deste modo e, de acordo com a análise realizada pode concluir-se que a marcação deve obedecer à média de cada tipo de exame e não a um tempo fixo. Todos os exames realizados depois de um exame que demore mais do que está programado (10 minutos) vão, obrigatoriamente, começar com atraso;
- Quando um doente entra para um vestiário, o Técnico, que está do lado de dentro (na sala de controlo ou na de exame), não sabe em qual dos três vestiários está o doente para o exame seguinte. Deste modo devia existir uma gaveta em cada uma das três portas dos vestiários que permitisse ao assistente de radiologia a colocação da ficha do respectivo doente. O facto do Técnico abrir a porta de um dos vestiários em que está um outro doente torna-se incómodo, principalmente para o doente visto que, por exemplo, este pode estar despido ou a trocar o seu vestuário;
- O facto do Técnico realizar 3 exames diferentes (Radiografia, Ortopantomografia e Densitometria) retira-lhe tempo para a realização de tarefas relacionadas com o exame radiográfico e faz com que as radiografias estejam concentradas em determinados períodos da manhã/tarde para o libertar para a realização dos outros exames;
- A realização da radiografia convencional, Ortopantomografia e da Densitometria pelo mesmo técnico provoca um atraso na Radiografia;
- Deveria existir um contacto interno, na sala de controlo, para a sala de relatórios visto que, quando é necessário entregar um exame para o Médico relatar, tem

de se atravessar a sala de exame (esta sim possui uma passagem para a sala de relatórios);

- Os vestiários não possuem dimensões suficientes para a troca de roupa de um doente que utilize uma cadeira de rodas nem para doentes obesos.

Algumas destas propostas requerem uma reestruturação do serviço, em particular no que respeita ao tamanho dos vestiários e à disponibilidade dos recursos humanos partilhados com outras modalidades imagiológicas. Para se maximizar a utilização deste SR teria de existir uma reestruturação ao nível, principalmente, do técnico de radiologia que teria de passar a estar associado a apenas esta modalidade. No entanto esta maximização da utilização do SR poderia levar à diminuição da qualidade da prestação de cuidados de saúde efectuada até então. Assim, uma nova proposta poderia ser entendida como ideal para este serviço e consistia em manter, aproximadamente, o número de exames radiográficos que são realizados neste SR e minimizar o tempo de espera a que os doentes estão sujeitos, o que aumentaria o grau de satisfação destes para com a instituição. Esta optimização poderia ser alcançada caso fosse reorganizado e modelizado o fluxo de trabalho existente neste serviço, através de uma distribuição criteriosa de tarefas pelos recursos humanos que as podem executar, assim como pela marcação de exames de acordo com a duração média de cada tipo e não de acordo com uma duração fixa.

Antes da sua aplicação é necessário comprovar a aplicabilidade das propostas identificadas, através da utilização de uma ferramenta adequada que permite simular alguns dos cenários descritos anteriormente.

Qualquer um dos três cenários simulados permite a identificação de um intervalo entre as marcações de doentes inferior ao que realmente ocorre neste SR. Deste modo, o intervalo entre cada exame aproxima-se dos 8 minutos, e não dos 10 como está a ser realizada. Esta duração foi determinada considerando quer o tipo de exame realizado quer a idade do doente em questão. Estes dois factores são extremamente importantes no decorrer do processo pois interferem na sua real duração.

Ambos os cenários são formulados para o dia, que em média, possui maior volume assistencial (segunda-feira com 39 radiografias). A simulação deste dia soluciona, de igual modo, todos os outros dias cuja produção do serviço é inferior.

O cenário 1 está descrito como possuindo um assistente e um técnico de radiologia específicos para este exame. Deste modo, e ao contrário do que acontece na realidade

(visto que no PCS estudado estes recursos humanos são partilhados), estes recursos conseguem promover uma maior fluidez em todo o processo radiográfico, como se pode observar através da análise dos resultados obtidos para este cenário, Figura 4.8. Depois de se considerar aceitável o facto de o doente estar sujeito a um tempo de espera igual (ou inferior, se possível) ao tempo de realização do respectivo exame pode observar-se que esta situação se verifica no ponto que corresponde à intersecção das duas variáveis consideradas (duração total dos exames e tempo total de espera). O principal objectivo desta adopção é aumentar a eficiência deste SR de tal modo que quer o Serviço quer os doentes sejam beneficiados. Tendo por base o intervalo registado, [6;7] minutos de intervalo entre cada doente, o tempo necessário à realização dos 39 exames considerados situa-se entre [4:19; 4:51] horas, o que resulta num intervalo de [06:39; 07:27] minutos por doente. Este tempo resulta do facto de o técnico de radiologia ser um recurso humano partilhado pela Radiografia, Densitometria e Ortopantomografia e, deste modo, o restante tempo que perfaz o dia útil (8 horas) é dedicado às outras modalidades imagiológicas. Por outro lado cada doente está sujeito a uma espera para a realização do seu exame de, aproximadamente, [05:13; 07:49] minutos. Estes valores encontrados constituem intervalos onde se deve trabalhar, no sentido de otimizar o Serviço. No entanto, e para se trabalhar com confiança, deve-se adoptar um valor unitário. Este valor deve considerar uma folga em relação ao intervalo de valores encontrado, [06:39; 07:27] minutos por doente. Esta folga resulta do arredondamento por excesso do valor máximo encontrado para a duração de cada exame. Assim, devem adoptar-se 8 minutos de intervalo entre cada marcação de exame.

O cenário 2 é definido de modo a que o técnico de radiologia realize as tarefas que estavam destinadas ao assistente de radiologia, de recolha da ficha do doente do balcão administrativo interior, chamada do doente, o seu encaminhamento (e o da respectiva ficha) até ao vestiário (o doente) onde lhe fornece algumas indicações sobre o exame que irá realizar e sobre as peças de vestuário que terá de trocar, e a ficha até à sala de controlo, onde pode preparar o equipamento. A assistente de radiologia fica, assim, disponível para a realização de outras tarefas de outras modalidades de imagiologia para as quais a sua presença é indispensável (tal como a ultra-sonografia). Deste modo, e ao contrário do que acontece na realidade, este cenário consegue, tal como se pode observar através da análise dos resultados obtidos, promover uma maior fluidez a todo o processo radiográfico. Analisando, da mesma forma que foi analisado o cenário 1,

verifica-se que o intervalo entre doentes que melhor traduz as necessidades quer do Serviço quer do doente, localiza-se no intervalo [6; 7] minutos. Este concilia tanto a duração total de todos os exames realizados como o tempo de espera total de todos os doentes e possibilita a realização dos exames com uma duração total e um tempo de espera total que aumentem a eficiência deste SR de tal modo que quer o serviço quer os doentes fiquem agradados com a prestação de cuidados de saúde. Por outro lado todos os doentes estão sujeitos a uma espera pela realização do seu exame de [4:15; 4:31] horas, o que corresponde a [06:32; 07:24] minutos por doente. Este tempo resulta do facto de o técnico de radiologia ser um recurso humano partilhado por diferentes exames imagiológicos e, deste modo, o restante tempo que perfaz o dia útil (8 horas) de trabalho é dedicado às essas modalidades imagiológicas. A esta duração do tempo de cada exame corresponde uma espera, por doente, de cerca de [04:24; 06:39] minutos. Estes são os valores aceitáveis que, de acordo com os requisitos deste cenário, se conseguem encontrar, parecendo, contudo, que são valores muito bons atendendo à realidade do SR em estudo.

Tal como no cenário 1 é interessante trabalhar com uma gama de pontos onde aquele que melhor traduz a análise efectuada esteja incluído. Mas estando a trabalhar com durações de tarefas efectuadas por diferentes profissionais, é conveniente, quando se decidir adoptar uma duração fixa para o intervalo de marcações de exames, que esse valor possua uma folga isto é, como o intervalo entre a marcação de doentes está se localiza em [06:32; 07:24] minutos, é conveniente adoptar, no mínimo, 8 minutos como tempo de referência para a realização de exames radiográficos.

O terceiro cenário estudado corresponde a um dia típico de exames, respeitando o fluxo de trabalho elaborado para o PCS alvo de estudo, Figura 4.1. A particularidade deste cenário reside no facto de os exames estarem agrupados pelos diferentes tipos, isto é, durante o dia de trabalho os exames de cada tipo são realizados todos juntos.

Deste modo pode concluir-se que, tal como para os cenários 1 e 2, à medida que se aumenta o tempo de intervalo entre cada exame, o tempo total de espera de todos os exames aumenta de forma, aproximadamente, linear, enquanto que a duração total dos exames realizados tem um decréscimo significativo, tal como se pode observar na Figura 4.10. Pode ainda concluir-se que o ponto considerado aceitável para a marcação de exames radiográficos, independentemente do tipo de exame que se vai realizar, localiza-se no intervalo [6; 7] minutos, tal como para os cenários anteriores. O ponto para o qual, de acordo com o cenário elaborado, se atinge um melhor desempenho do Serviço, quer do ponto de vista do doente quer do ponto de vista do próprio Serviço, é

aquele cuja duração de cada exame se situa no intervalo [06:37; 07:22] minutos e o tempo total de espera [05:39; 09:34] minutos. Este tempo resulta do facto de o técnico de radiologia ser um recurso partilhado pela Radiografia, Densitometria e Ortopantomografia, e, deste modo, o restante tempo que perfaz o dia útil (8 horas) é dedicado às outras modalidades imagiológicas. Deste modo podemos cruzar as duas variáveis consideradas visto ser aceitável que o tempo de espera e a duração do exame sejam, aproximadamente, iguais, o que resulta num intervalo global igual ao adquirido para a duração de cada exame, [06:37; 07:22] minutos. É conveniente estabelecer um intervalo, quando se pretende definir um valor temporal fixo para a marcação de exames. Deste modo, o máximo valor do intervalo determinado deve ser arredondado por excesso, à unidade, sendo, assim, adquirido o valor de 8 minutos.

Todos os cenários apresentados foram elaborados de forma a responderem ao pico médio semanal de volume assistencial e o número de exames realizados por dia, para efeitos de simulação, foi calculado tendo por base a percentagem do tipo de exames existente no volume assistencial, Tabela 4.1, retirado da base de dados fornecida pelo SR (29 meses).

Nos três cenários apresentados é possível verificar, através da Figura 4.8, Figura 4.9 e Figura 4.10, que um dia de trabalho é constituído por 8 horas, o que equivale a 28800 segundos. Para qualquer um dos cenários os 12 minutos de intervalo entre doentes atingem o tempo útil possível para o dia de trabalho. Considerando os cenários 1 e 2, que são cenários em que o fluxo de trabalho elaborado no Serviço é respeitado (não há alterações nos recursos que desempenham as tarefas), tem de se considerar que muitas das tarefas desempenhadas ao longo do módulo analisado (módulo "Exame") podem ser realizadas simultaneamente por doentes diferentes (por exemplo, enquanto um doente está na sala de exame a realizar o exame radiográfico, outro pode estar a ser encaminhado para os vestiários, sendo-lhe fornecida a informação necessária para a troca de roupa). Estas tarefas entram para a duração total de cada exame mas, são simultâneas com outras de outros doentes. Deste modo o ponto $N=12$ pode ser ultrapassado caso estes indicadores sejam tidos em atenção.

Para o cenário 2, como é o técnico a desempenhar as tarefas do assistente de radiologia tanto a tarefa admissão como as de chamada, encaminhamento e informações do doente podem ser realizadas em simultâneo com outras tarefas que estejam a ser desempenhadas no Serviço. Mas, caso os exames sejam realizados de acordo com a hora de marcação e caso os doentes cheguem ao Serviço à hora prevista nenhuma das

tarefas analisadas, respeitantes ao módulo "Exame" (módulo este que foi estudado durante este projecto), pode ser realizada simultaneamente com outra, o que quer dizer que a Figura 4.9 só pode ser analisada até ao ponto N=12, tempo, a partir do qual, termina o dia de trabalho.

Sendo este estudo baseado nos exames mais realizados (aproximadamente 83% do volume assistencial deste SR) e como estes exames possuem durações aproximadamente baixas e semelhantes não foram incluídos aqueles que têm uma duração superior (histerossalpingografia, urografia, uretrografia), que são exames que têm uma duração média superior a 20 minutos (considerando apenas a tarefa exame). Considerando um dia de trabalho de 8 horas (480 minutos) verifica-se que, caso sejam considerados os 8 minutos para a realização dos exames radiográficos e caso fosse respeitado um fluxo de trabalho implementado no SR, o Serviço poderia realizar, no máximo, 60 radiografias por dia o que equivale a um acréscimo de, aproximadamente, 53% em relação ao volume assistencial que actualmente se verifica.

Pela discussão efectuada podem ser tomadas algumas medidas:

- Generaliza-se o valor encontrado e os exames são marcados com 8 minutos de intervalo;
- Analisam-se as médias de cada tipo de exame e a marcação dos exames é efectuada de acordo com essa média;
- Toma-se em atenção as duas opções anteriores e a todos os exames passíveis de marcação, que estejam incluídos nos 83% do volume assistencial analisado, é-lhes atribuído um intervalo fixo de 8 minutos, enquanto aos restantes, que correspondem a um número reduzido, é-lhes atribuído um intervalo para a marcação do exame seguinte igual à duração média de cada tipo;
- A idade dos doentes é outro factor que afecta a duração dos exames. Depois de se adoptar uma das medidas anteriores poder-se-ia conceder um tempo de folga de acordo com o escalão etário do doente que realiza a marcação (crianças - < 16 anos - e idosos - > 75 anos) pois, tanto crianças como idosos demoram mais tempo a desempenhar algumas tarefas que um adulto, entre as quais a troca de roupa;
- Caso estejamos perante um doente com deficiência deveria ser dada uma folga pois, geralmente, têm maiores dificuldades motoras e precisam de ser acompanhados;

- A implementação de um fluxo de trabalho rigoroso permitiria um aumento de produção do Serviço de, aproximadamente, 53%.

Os cenários estudados requerem a alteração do modelo de prestação de cuidados de saúde em vigor mas, qualquer um deles otimiza a eficiência deste SR, permitindo ultrapassar alguns dos pontos críticos do Serviço.

5.1 Objectivos realizados

No projecto desenvolvido na Siemens S.A. foram atingidos diferentes objectivos quer a nível pessoal quer profissional. A nível pessoal a experiência adquirida num meio empresarial proporcionou o contacto com profissionais de elevada qualidade, que me transmitiram os conhecimentos mais variados, principalmente na área de radiologia, consultoria e fluxos de trabalho. A nível profissional os objectivos a que me propus no início do trabalho foram alcançados com sucesso. Foram obtidos dados teóricos, baseados em directrizes e orientações nacionais e internacionais que visam a caracterização dos espaços físicos e recursos humanos e tecnológicos de um SR, o mapeamento de um fluxo de trabalho óptimo e foram adquiridos os dados relativos aos volumes assistenciais quer nacionais quer internacionais para uma comparação e enquadramento do panorama nacional na conjuntura internacional no que diz respeito ao exame radiográfico. Foi seleccionado um PCS privado, do qual foi feito um estudo idêntico ao teórico, através da observação dia-a-dia do funcionamento do SR.

Deste modo, foram encontradas propostas de optimização para o Serviço estudado que visam a diminuição do tempo de espera dos doentes (e a sua conseqüente satisfação), a redução ou no mínimo a manutenção dos custos associados ao processo e o aumento da produção do Serviço. Os dados adquiridos foram, posteriormente, simulados tendo sido obtidas melhorias significativas.

5.2 Outros trabalhos realizados

Durante os nove meses de trabalho neste projecto foram realizadas três formações e-learning, uma apresentação intercalar e um poster.

Formações e-learning:

- Clinical Use Cases (Part I).

- The World of in Vitro Diagnostics.
- Sensibilização Ambiental.

Apresentação Intercalar e Poster:

- Optimização de Fluxos de Trabalho em Saúde, na FCTUC.

5.3 Limitações & trabalho futuro

As principais limitações deste estudo prenderam-se com a dificuldade em assistir ao processo completo (admissão, exame e pagamento), apesar do módulo “Exame” ser aquele que interfere decisivamente para a duração total do processo.

Durante os catorze dias do estudo, o facto de alguns profissionais de saúde terem encarado a minha presença, não como de alguém que estava no PCS a realizar um estudo, mas sim como uma pessoa que os estava a controlar representou igualmente uma dificuldade na realização deste estudo.

A duração das tarefas foi adquirida por intermédio de um cronómetro, o que, associado ao grau de incerteza e imprecisão funcionou como uma limitação visto que, para além desta limitação, algumas tarefas eram realizadas de modo alternado e não sequencial, como por exemplo a tarefa de pós-processamento que é muitas vezes realizada fora da sequência de tarefas delineadas no fluxo de trabalho.

A aquisição das durações das tarefas, para certos tipos de exames foi reduzida visto que são exames que não são frequentemente marcados e, deste modo, não possuem uma representação estatística tão relevante como para exames ao tórax e joelhos, por exemplo.

Para trabalho futuro seria muito interessante realizar-se o mesmo tipo de estudo para um PCS público e comparar os resultados obtidos com os obtidos para o privado e, daí, tirar ilações acerca das diferenças existentes entre ambos quer a nível de volume assistencial quer a nível do próprio fluxo de trabalho, bem como das competências associadas a cada recurso interveniente. Um outro trabalho que seria extremamente útil e interessante estaria relacionado com as protecções radiológicas existentes nos diferentes PCS (públicos e privados) quer a nível de protecções para o doente, técnico e afins quer a nível de protecção que o equipamento possui contra sobredosagens de radiação. Todos estes valores poderiam ser comparados com valores legislados, tanto em Portugal como noutra países e, daí, poder-se-iam tirar óptimas conclusões acerca do estado da arte deste tipo de ferramentas. Seria também interessante realizar-se um

estudo que permitisse calcular a razão custo/benefício da contratação de um técnico e um assistente de radiologia, considerando que o aumento de volume assistencial seria de, aproximadamente, 53%. Associado a estes estudos, seria interessante quantificar a influência que os factores qualitativos (entre os quais os que dizem respeito ao estado de espírito e motivos) têm na duração das tarefas que constituem o processo radiográfico.

5.4 Apreciação final

A execução deste projecto proporcionou uma experiência bastante enriquecedora a todos os níveis mas, principalmente, a nível pessoal e profissional devido ao contacto com profissionais de elevada qualidade. Esta experiência proporcionou-me o contacto com o meio empresarial conferindo responsabilidade, respeito e capacidade para ultrapassar os obstáculos que se colocaram no caminho sempre de forma autónoma mas, quando necessário, recorrendo a pessoas que se mostraram disponíveis e capazes para ajudar. Esta experiência tornou-se única e servirá de modelo para o meu crescimento pessoal e profissional.

Bibliografia

1. *Physics 1901-1921*. 1967 [cited 2009 10 de Junho]; Available from: http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1901/roentgen-bio.html.
2. *Biografia de Wilhelm Röntgen*. 2009 [cited 2009 9 de Junho]; Available from: <http://www.knoow.net/cienciasexactas/fisica/roentgenw.htm>.
3. Nestlehner, W. *Raio - X*. [cited 2009 10 de Junho]; Available from: <http://www.geocities.com/capecanaveral/7754/raio-x.htm>.
4. *História dos Raios-X*. 2006 20 de Março de 2007 [cited; Available from: http://davinci.if.ufrgs.br/wiki/index.php?title=Hist%C3%B3ria_dos_Raios-X&oldid=2877.
5. *O Poder do Raio X*. 1896 [cited 2009 10 de Junho]; Available from: <http://veja.abril.com.br/historia/olimpiada-1896/ciencia-raio-x-wilhelm-roentgen.shtml>.
6. [cited 2009 10 de Junho]; Available from: http://www.cefetsc.edu.br/~radiologia/images/primeira_radiografia_mao_1.jpg.
7. Erlich, F. *Efeitos Biológicos da Radiação*. 2006 [cited 2009 9 de Maio]; Available from: http://www.inca.gov.br/pqrt/download/trab/minicurso_radioprotecao_aula3.pdf.
8. Escartí, P. *FÍSICA Y QUÍMICA 4 °*. 2004 [cited 2009 28 de Junho]; Available from: <http://paco-escarti.es/quart/fiq4/fiq4.html>.
9. Pisco, J.M. and L.A. Sousa, *Noções de fundamentos de imagiologia*. 2003, Lisboa, Porto, Coimbra: Lidel, edições técnicas, Lda. 812
10. Agostinho, A.G. and e. all, *Imagiologia Clínica, Princípios e Técnicas*, ed. F.d.M. Gaivão, Coimbra: ROVI, S.A.
11. UNIVERSITY, I.S. and e. all. *X-Radiation*. [cited 2009 10 de Junho]; Available from: <http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/Physics/xrays.htm>.
12. *Slides_Capítulo5_Física_Radiações*.
13. Fícel, M.O. *Física dos raios X*. 2006 [cited 2009 10 de Junho]; Available from: http://www.tecnologiaradiologica.com/materia_fisica_rx.htm.
14. Friedman, M. and G. Friedland, *As Dez Maiores Descobertas da Medicina*. 2000, São Paulo: Companhia das Letras. 170-194.
15. Curry, T., J. Dowtey, and R. Murry, *Christensen`s Physics of Diagnostic radiology*. 4a ed. 1990, Filadélfia: Lea & Febiger.
16. Paul, L. and J. Juhl, *Interpretação Radiológica* 6a ed. 1996, Rio de Janeiro: Editora Guanabara.
17. University, O. *Components of an X-ray unit*. 2005 [cited 2009 10 de Junho]; Available from: http://labspace.open.ac.uk/file.php/3393/S809_1_004i.jpg.
18. UNIVERSITY, I.S. and e. all. *Interaction Between Penetrating Radiation and Matter*. [cited 2009 11 de Junho]; Available from: <http://www.ndt->

- ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/Physics/radmatinter
action.htm.
19. UNIVERSITY, I.S. and e. all. *Sources of Attenuation*. [cited 2009 11 de Junho]; Available from: <http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/Physics/attenuation.htm>.
 20. Wolbarst, A., *How X-Ray, CT, MRI, Ultrasound, and Other Medical Images Are Created*. 1999, Berkeley: University of California Press.
 21. Deus, C.S.J.d. *Radiologia Convencional*. [cited; Available from: <http://www.saojoaodedeus.pt/detalhe.php?idCategoria=5078>.
 22. SCHMITD, L.B., et al. (2008) *Comparison of radiographic measurements obtained with conventional an indirect digital imaging during endontic treatment*. Volume, 167-170
 23. Almir, I.d.N., *Radiologia Digital*. 2002. 72.
 24. Agostinho, J., *Radiologia Digital*. 2008: Coimbra. p. 40.
 25. Ferreira, F.A.G., *Sistemas de cuidados de saúde no Mundo*, in *Sistemas de Saúde e seu funcionamento*. 1986, Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa.
 26. Keith, J.D., et al., *PACS A Guide to the Digital Revolution*. 2006, Springer.
 27. *Connected Imaging—Medical Image Architecture 2.0 Application Design Guide*. 4 de Fevereiro de 2009 [cited 2008 23 de Outubro]; Available from: <http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Verticals/Prfrmngd.html>.
 28. Larson, P.A., et al., *GENERAL RADIOGRAPHY*, American College of Radiology. p. 5.
 29. Applegate, K., et al., *DIGITAL RADIOGRAPHY*, American College of Radiology. p. 34.
 30. ACSS, *Portaria - Unidades Radiologia*. 2009. p. 10.
 31. *Decreto-Lei n° 180/2002, de 8 de Agosto*. 2002, Ministério da Saúde. p. 38.
 32. *ACR ASRT Joint Policy Statement - Radiologist Assistant: Roles and Responsibilities*. 2003 [cited 2009 18 de Junho]; Available from: http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/RadiologistAssistant/ACRASRTJointPolicyStatementRadiologistAssistantRolesandResponsibilitiesDoc6.aspx.
 33. *Estatísticas Radiológicas*. [cited 2009 7 de Janeiro]; Dados fornecidos via email].
 34. COMMISSION, E., *European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures*. 2008: p. 96.
 35. ACSS, *Estatísticas do Movimento Assistencial*.
 36. Statistics, N.C.o.H., *Health, United States, 2007, With Chartbook on Trends in the Health of Americans*. 2007.
 37. Aktas, E., F. Ulengin, and S.O. Sahin, *A decision support system to improve the efficiency of resource allocation in healthcare management*. 2005, Socio-Economic Planning Sciences.
 38. Saúde, M.d., *Decreto-Lei n.° 348/89*. 1989, Diário da República. p. 4447 a 4450.

39. *Isolamento de estruturas de Raios - X*, in *Isolamento Total de Radiação*, Wardray Premise.
40. *Protecção Radiológica*. [cited 2009 21 de Junho]; Available from: http://www.cefetsc.edu.br/~radiologia/downloads/acessorios_protecao_radiologica.pdf.
41. Associação Portuguesa dos Técnicos de Radiologia, R.e.M.N., *Código Deontológico*.
42. Guimarães, R.C. and J.A.S. Cabral, *Estatística*. Segunda ed. 2007, Madrid: Mc Graw Hill.
43. Ross, S.M., *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Third ed. 2004, California: Elsevier Academic Press.
44. Barrientos, M. *IndexMundi - Country Facts*. [cited 2009 10 de Janeiro]; Available from: <http://www.indexmundi.com/>.

Anexo 1 Valores Críticos da Distribuição da Estatística D_n (Kolmogorov-Smirnov)

Os valores tabelados correspondem aos pontos $D_{n,\alpha}$ tais que: $P(D_n \geq D_{n,\alpha}) = \alpha$ [42].

n	α				
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.900	0.95	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.410	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.358	0.410	0.454	0.407	0.542
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.489
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.296	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
16	0.258	0.295	0.327	0.366	0.392
17	0.250	0.286	0.318	0.355	0.381
18	0.244	0.279	0.309	0.346	0.371
19	0.237	0.271	0.301	0.337	0.361
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
21	0.226	0.259	0.287	0.321	0.344
22	0.221	0.253	0.281	0.314	0.337
23	0.216	0.247	0.275	0.307	0.330
24	0.212	0.242	0.269	0.301	0.323
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
26	0.204	0.233	0.259	0.290	0.311
27	0.200	0.229	0.254	0.284	0.305
28	0.197	0.225	0.250	0.279	0.300
29	0.193	0.221	0.246	0.275	0.295
30	0.190	0.218	0.242	0.270	0.290
31	0.187	0.214	0.238	0.266	0.285
32	0.184	0.211	0.234	0.262	0.181
33	0.182	0.208	0.231	0.258	0.277
34	0.179	0.205	0.227	0.254	0.273
35	0.177	0.202	0.224	0.251	0.269
36	0.174	0.199	0.221	0.247	0.265

37	0.172	0.196	0.218	0.244	0.262
38	0.170	0.194	0.215	0.241	0.258
39	0.168	0.191	0.213	0.238	0.255
40	0.165	0.189	0.210	0.235	0.252

Para $n > 40$, os valores críticos de D_n podem ser aproximados pelas seguintes expressões [42]:

α				
0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,52}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Anexo 2 Análise da amostra recolhida no Prestador de Cuidados de Saúde Privado

Amostra recolhida	Duração, s	Amostra recolhida	Duração, s	Amostra recolhida	Duração, s
P1	8	P20	29	P39	48
P2	10	P21	29	P40	48
P3	14	P22	30	P41	50
P4	14	P23	31	P42	51
P5	15	P24	32	P43	51
P6	15	P25	34	P44	51
P7	22	P26	34	P45	51
P8	22	P27	35	P46	53
P9	22	P28	36	P47	54
P10	23	P29	36	P48	54
P11	24	P30	36	P49	56
P12	25	P31	37	P50	58
P13	25	P32	40	P51	59
P14	25	P33	41	P52	59
P15	27	P34	42	P53	60
P16	27	P35	42	P54	60
P17	27	P36	43	P55	61
P18	27	P37	43	P56	62
P19	28	P38	47	P57	62
P58	63	P71	78	P84	114
P59	63	P72	79	P85	123
P60	65	P73	80	P86	125
P61	66	P74	80	P87	125
P62	67	P75	86	P88	130
P63	68	P76	88	P89	136
P64	68	P77	88	P90	137
P65	68	P78	92	P91	151
P66	68	P79	103	P92	158
P67	70	P80	105	P93	354
P68	72	P81	107		
P69	76	P82	108		
P70	77	P83	114		

Anexo 3 Aplicabilidade do teste Kolmogorov-Smirnov

Classe	Frequência x_n	$z(\alpha)$	$S(x_n)$	$F_0(x_n)$	$ S(x_n)-F_0(x_n) ^+$	$ S(x_n)-F_0(x_n) ^-$
0,00	0	-1,3566	0,0000	0,0874	0,0874	0,0874
1,00	0	-1,3349	0,0000	0,0910	0,0910	0,0910
2,00	0	-1,3131	0,0000	0,0946	0,0946	0,0946
3,00	0	-1,2913	0,0000	0,0983	0,0983	0,0983
4,00	0	-1,2696	0,0000	0,1021	0,1021	0,1021
5,00	0	-1,2478	0,0000	0,1060	0,1060	0,1060
6,00	0	-1,2261	0,0000	0,1101	0,1101	0,1101
7,00	0	-1,2043	0,0000	0,1142	0,1142	0,1142
8,00	1	-1,1825	0,0108	0,1185	0,1077	0,1185
9,00	0	-1,1608	0,0108	0,1229	0,1121	0,1121
10,00	1	-1,1390	0,0215	0,1274	0,1058	0,1166
11,00	0	-1,1172	0,0215	0,1319	0,1104	0,1104
12,00	0	-1,0955	0,0215	0,1367	0,1152	0,1152
13,00	0	-1,0737	0,0215	0,1415	0,1200	0,1200
14,00	2	-1,0519	0,0430	0,1464	0,1034	0,1249
15,00	2	-1,0302	0,0645	0,1515	0,0869	0,1085
16,00	0	-1,0084	0,0645	0,1566	0,0921	0,0921
17,00	0	-0,9866	0,0645	0,1619	0,0974	0,0974
18,00	0	-0,9649	0,0645	0,1673	0,1028	0,1028
19,00	0	-0,9431	0,0645	0,1728	0,1083	0,1083
20,00	0	-0,9214	0,0645	0,1784	0,1139	0,1139
21,00	0	-0,8996	0,0645	0,1842	0,1197	0,1197
22,00	3	-0,8778	0,0968	0,1900	0,0932	0,1255
23,00	1	-0,8561	0,1075	0,1960	0,0885	0,0992
24,00	1	-0,8343	0,1183	0,2021	0,0838	0,0945
25,00	3	-0,8125	0,1505	0,2082	0,0577	0,0900
26,00	0	-0,7908	0,1505	0,2145	0,0640	0,0640
27,00	4	-0,7690	0,1935	0,2209	0,0274	0,0704
28,00	1	-0,7472	0,2043	0,2275	0,0232	0,0339
29,00	2	-0,7255	0,2258	0,2341	0,0083	0,0298
30,00	1	-0,7037	0,2366	0,2408	0,0042	0,0150
31,00	1	-0,6819	0,2473	0,2476	0,0003	0,0111
32,00	1	-0,6602	0,2581	0,2546	0,0035	0,0073
33,00	0	-0,6384	0,2581	0,2616	0,0035	0,0035

34,00	2	-0,6167	0,2796	0,2687	0,0108	0,0107
35,00	1	-0,5949	0,2903	0,2760	0,0144	0,0036
36,00	3	-0,5731	0,3226	0,2833	0,0393	0,0070
37,00	1	-0,5514	0,3333	0,2907	0,0426	0,0319
38,00	0	-0,5296	0,3333	0,2982	0,0351	0,0351
39,00	0	-0,5078	0,3333	0,3058	0,0275	0,0275
40,00	1	-0,4861	0,3441	0,3135	0,0306	0,0199
41,00	1	-0,4643	0,3548	0,3212	0,0336	0,0229
42,00	2	-0,4425	0,3763	0,3290	0,0473	0,0258
43,00	2	-0,4208	0,3978	0,3370	0,0609	0,0394
44,00	0	-0,3990	0,3978	0,3449	0,0529	0,0529
45,00	0	-0,3772	0,3978	0,3530	0,0449	0,0449
46,00	0	-0,3555	0,3978	0,3611	0,0367	0,0367
47,00	1	-0,3337	0,4086	0,3693	0,0393	0,0286
48,00	2	-0,3120	0,4301	0,3775	0,0526	0,0311
49,00	0	-0,2902	0,4301	0,3858	0,0443	0,0443
50,00	1	-0,2684	0,4409	0,3942	0,0467	0,0359
51,00	4	-0,2467	0,4839	0,4026	0,0813	0,0383
52,00	0	-0,2249	0,4839	0,4110	0,0728	0,0728
53,00	1	-0,2031	0,4946	0,4195	0,0751	0,0644
54,00	2	-0,1814	0,5161	0,4280	0,0881	0,0666
55,00	0	-0,1596	0,5161	0,4366	0,0795	0,0795
56,00	1	-0,1378	0,5269	0,4452	0,0817	0,0709
57,00	0	-0,1161	0,5269	0,4538	0,0731	0,0731
58,00	1	-0,0943	0,5376	0,4624	0,0752	0,0645
59,00	2	-0,0725	0,5591	0,4711	0,0881	0,0666
60,00	2	-0,0508	0,5806	0,4797	0,1009	0,0794
61,00	1	-0,0290	0,5914	0,4884	0,1030	0,0922
62,00	2	-0,0073	0,6129	0,4971	0,1158	0,0943
63,00	2	0,0145	0,6344	0,5058	0,1286	0,1071
64,00	0	0,0363	0,6344	0,5145	0,1199	0,1199
65,00	1	0,0580	0,6452	0,5231	0,1220	0,1113
66,00	1	0,0798	0,6559	0,5318	0,1241	0,1134
67,00	1	0,1016	0,6667	0,5404	0,1262	0,1155
68,00	4	0,1233	0,7097	0,5491	0,1606	0,1176
69,00	0	0,1451	0,7097	0,5577	0,1520	0,1520
70,00	1	0,1669	0,7204	0,5663	0,1542	0,1434
71,00	0	0,1886	0,7204	0,5748	0,1456	0,1456
72,00	1	0,2104	0,7312	0,5833	0,1479	0,1371
73,00	0	0,2322	0,7312	0,5918	0,1394	0,1394
74,00	0	0,2539	0,7312	0,6002	0,1310	0,1310
75,00	0	0,2757	0,7312	0,6086	0,1226	0,1226
76,00	1	0,2974	0,7419	0,6169	0,1250	0,1142
77,00	1	0,3192	0,7527	0,6252	0,1275	0,1167
78,00	1	0,3410	0,7634	0,6334	0,1300	0,1192

79,00	1	0,3627	0,7742	0,6416	0,1326	0,1218
80,00	2	0,3845	0,7957	0,6497	0,1460	0,1245
81,00	0	0,4063	0,7957	0,6577	0,1380	0,1380
82,00	0	0,4280	0,7957	0,6657	0,1300	0,1300
83,00	0	0,4498	0,7957	0,6736	0,1221	0,1221
84,00	0	0,4716	0,7957	0,6814	0,1143	0,1143
85,00	0	0,4933	0,7957	0,6891	0,1066	0,1066
86,00	1	0,5151	0,8065	0,6968	0,1097	0,0989
87,00	0	0,5369	0,8065	0,7043	0,1021	0,1021
88,00	2	0,5586	0,8280	0,7118	0,1162	0,0947
89,00	0	0,5804	0,8280	0,7192	0,1088	0,1088
90,00	0	0,6021	0,8280	0,7265	0,1015	0,1015
91,00	0	0,6239	0,8280	0,7337	0,0943	0,0943
92,00	1	0,6457	0,8387	0,7408	0,0980	0,0872
93,00	0	0,6674	0,8387	0,7478	0,0910	0,0910
94,00	0	0,6892	0,8387	0,7547	0,0841	0,0841
95,00	0	0,7110	0,8387	0,7614	0,0773	0,0773
96,00	0	0,7327	0,8387	0,7681	0,0706	0,0706
97,00	0	0,7545	0,8387	0,7747	0,0640	0,0640
98,00	0	0,7763	0,8387	0,7812	0,0575	0,0575
99,00	0	0,7980	0,8387	0,7876	0,0511	0,0511
100,00	0	0,8198	0,8387	0,7938	0,0449	0,0449
101,00	0	0,8416	0,8387	0,8000	0,0387	0,0387
102,00	0	0,8633	0,8387	0,8060	0,0327	0,0327
103,00	1	0,8851	0,8495	0,8119	0,0375	0,0268
104,00	0	0,9068	0,8495	0,8178	0,0317	0,0317
105,00	1	0,9286	0,8602	0,8235	0,0368	0,0260
106,00	0	0,9504	0,8602	0,8290	0,0312	0,0312
107,00	1	0,9721	0,8710	0,8345	0,0365	0,0257
108,00	1	0,9939	0,8817	0,8399	0,0419	0,0311
109,00	0	1,0157	0,8817	0,8451	0,0366	0,0366
110,00	0	1,0374	0,8817	0,8502	0,0315	0,0315
111,00	0	1,0592	0,8817	0,8552	0,0265	0,0265
112,00	0	1,0810	0,8817	0,8601	0,0216	0,0216
113,00	0	1,1027	0,8817	0,8649	0,0168	0,0168
114,00	2	1,1245	0,9032	0,8696	0,0336	0,0121
115,00	0	1,1463	0,9032	0,8742	0,0291	0,0291
116,00	0	1,1680	0,9032	0,8786	0,0246	0,0246
117,00	0	1,1898	0,9032	0,8829	0,0203	0,0203
118,00	0	1,2115	0,9032	0,8872	0,0161	0,0161
119,00	0	1,2333	0,9032	0,8913	0,0120	0,0120
120,00	0	1,2551	0,9032	0,8953	0,0080	0,0080
121,00	0	1,2768	0,9032	0,8992	0,0041	0,0041
122,00	0	1,2986	0,9032	0,9030	0,0003	0,0003
123,00	1	1,3204	0,9140	0,9066	0,0073	0,0034

124,00	0	1,3421	0,9140	0,9102	0,0038	0,0038
125,00	2	1,3639	0,9355	0,9137	0,0218	0,0003
126,00	0	1,3857	0,9355	0,9171	0,0184	0,0184
127,00	0	1,4074	0,9355	0,9203	0,0151	0,0151
128,00	0	1,4292	0,9355	0,9235	0,0120	0,0120
129,00	0	1,4510	0,9355	0,9266	0,0089	0,0089
130,00	1	1,4727	0,9462	0,9296	0,0167	0,0059
131,00	0	1,4945	0,9462	0,9325	0,0138	0,0138
132,00	0	1,5162	0,9462	0,9353	0,0110	0,0110
133,00	0	1,5380	0,9462	0,9380	0,0083	0,0083
134,00	0	1,5598	0,9462	0,9406	0,0056	0,0056
135,00	0	1,5815	0,9462	0,9431	0,0031	0,0031
136,00	1	1,6033	0,9570	0,9456	0,0114	0,0007
137,00	1	1,6251	0,9677	0,9479	0,0198	0,0091
138,00	0	1,6468	0,9677	0,9502	0,0175	0,0175
139,00	0	1,6686	0,9677	0,9524	0,0153	0,0153
140,00	0	1,6904	0,9677	0,9545	0,0132	0,0132
141,00	0	1,7121	0,9677	0,9566	0,0112	0,0112
142,00	0	1,7339	0,9677	0,9585	0,0092	0,0092
143,00	0	1,7557	0,9677	0,9604	0,0073	0,0073
144,00	0	1,7774	0,9677	0,9622	0,0055	0,0055
145,00	0	1,7992	0,9677	0,9640	0,0037	0,0037
146,00	0	1,8209	0,9677	0,9657	0,0020	0,0020
147,00	0	1,8427	0,9677	0,9673	0,0004	0,0004
148,00	0	1,8645	0,9677	0,9689	0,0011	0,0011
149,00	0	1,8862	0,9677	0,9704	0,0026	0,0026
150,00	0	1,9080	0,9677	0,9718	0,0041	0,0041
151,00	1	1,9298	0,9785	0,9732	0,0053	0,0054
152,00	0	1,9515	0,9785	0,9745	0,0040	0,0040
153,00	0	1,9733	0,9785	0,9758	0,0027	0,0027
154,00	0	1,9951	0,9785	0,9770	0,0015	0,0015
155,00	0	2,0168	0,9785	0,9781	0,0004	0,0004
156,00	0	2,0386	0,9785	0,9793	0,0008	0,0008
157,00	0	2,0604	0,9785	0,9803	0,0018	0,0018
158,00	1	2,0821	0,9892	0,9813	0,0079	0,0028
159,00	0	2,1039	0,9892	0,9823	0,0069	0,0069
160,00	0	2,1256	0,9892	0,9832	0,0060	0,0060
161,00	0	2,1474	0,9892	0,9841	0,0051	0,0051
162,00	0	2,1692	0,9892	0,9850	0,0043	0,0043
163,00	0	2,1909	0,9892	0,9858	0,0035	0,0035
164,00	0	2,2127	0,9892	0,9865	0,0027	0,0027
165,00	0	2,2345	0,9892	0,9873	0,0020	0,0020
166,00	0	2,2562	0,9892	0,9880	0,0013	0,0013
167,00	0	2,2780	0,9892	0,9886	0,0006	0,0006
168,00	0	2,2998	0,9892	0,9893	0,0000	0,0000

169,00	0	2,3215	0,9892	0,9899	0,0006	0,0006
170,00	0	2,3433	0,9892	0,9904	0,0012	0,0012
171,00	0	2,3650	0,9892	0,9910	0,0017	0,0017
172,00	0	2,3868	0,9892	0,9915	0,0023	0,0023
173,00	0	2,4086	0,9892	0,9920	0,0027	0,0027
174,00	0	2,4303	0,9892	0,9925	0,0032	0,0032
175,00	0	2,4521	0,9892	0,9929	0,0037	0,0037
176,00	0	2,4739	0,9892	0,9933	0,0041	0,0041
177,00	0	2,4956	0,9892	0,9937	0,0045	0,0045
178,00	0	2,5174	0,9892	0,9941	0,0048	0,0048
179,00	0	2,5392	0,9892	0,9944	0,0052	0,0052
180,00	0	2,5609	0,9892	0,9948	0,0055	0,0055
181,00	0	2,5827	0,9892	0,9951	0,0059	0,0059
182,00	0	2,6045	0,9892	0,9954	0,0062	0,0062
183,00	0	2,6262	0,9892	0,9957	0,0064	0,0064
184,00	0	2,6480	0,9892	0,9960	0,0067	0,0067
185,00	0	2,6697	0,9892	0,9962	0,0070	0,0070
186,00	0	2,6915	0,9892	0,9964	0,0072	0,0072
187,00	0	2,7133	0,9892	0,9967	0,0074	0,0074
188,00	0	2,7350	0,9892	0,9969	0,0076	0,0076
189,00	0	2,7568	0,9892	0,9971	0,0078	0,0078
190,00	0	2,7786	0,9892	0,9973	0,0080	0,0080
191,00	0	2,8003	0,9892	0,9974	0,0082	0,0082
192,00	0	2,8221	0,9892	0,9976	0,0084	0,0084
193,00	0	2,8439	0,9892	0,9978	0,0085	0,0085
194,00	0	2,8656	0,9892	0,9979	0,0087	0,0087
195,00	0	2,8874	0,9892	0,9981	0,0088	0,0088
196,00	0	2,9092	0,9892	0,9982	0,0089	0,0089
197,00	0	2,9309	0,9892	0,9983	0,0091	0,0091
198,00	0	2,9527	0,9892	0,9984	0,0092	0,0092
199,00	0	2,9744	0,9892	0,9985	0,0093	0,0093
200,00	0	2,9962	0,9892	0,9986	0,0094	0,0094
201,00	0	3,0180	0,9892	0,9987	0,0095	0,0095
202,00	0	3,0397	0,9892	0,9988	0,0096	0,0096
203,00	0	3,0615	0,9892	0,9989	0,0097	0,0097
204,00	0	3,0833	0,9892	0,9990	0,0097	0,0097
205,00	0	3,1050	0,9892	0,9990	0,0098	0,0098
206,00	0	3,1268	0,9892	0,9991	0,0099	0,0099
207,00	0	3,1486	0,9892	0,9992	0,0099	0,0099
208,00	0	3,1703	0,9892	0,9992	0,0100	0,0100
209,00	0	3,1921	0,9892	0,9993	0,0100	0,0100
210,00	0	3,2139	0,9892	0,9993	0,0101	0,0101
211,00	0	3,2356	0,9892	0,9994	0,0101	0,0101
212,00	0	3,2574	0,9892	0,9994	0,0102	0,0102
213,00	0	3,2791	0,9892	0,9995	0,0102	0,0102

214,00	0	3,3009	0,9892	0,9995	0,0103	0,0103
215,00	0	3,3227	0,9892	0,9996	0,0103	0,0103
216,00	0	3,3444	0,9892	0,9996	0,0103	0,0103
217,00	0	3,3662	0,9892	0,9996	0,0104	0,0104
218,00	0	3,3880	0,9892	0,9996	0,0104	0,0104
219,00	0	3,4097	0,9892	0,9997	0,0104	0,0104
220,00	0	3,4315	0,9892	0,9997	0,0105	0,0105
221,00	0	3,4533	0,9892	0,9997	0,0105	0,0105
222,00	0	3,4750	0,9892	0,9997	0,0105	0,0105
223,00	0	3,4968	0,9892	0,9998	0,0105	0,0105
224,00	0	3,5186	0,9892	0,9998	0,0105	0,0105
225,00	0	3,5403	0,9892	0,9998	0,0106	0,0106
226,00	0	3,5621	0,9892	0,9998	0,0106	0,0106
227,00	0	3,5838	0,9892	0,9998	0,0106	0,0106
228,00	0	3,6056	0,9892	0,9998	0,0106	0,0106
229,00	0	3,6274	0,9892	0,9999	0,0106	0,0106
230,00	0	3,6491	0,9892	0,9999	0,0106	0,0106
231,00	0	3,6709	0,9892	0,9999	0,0106	0,0106
232,00	0	3,6927	0,9892	0,9999	0,0106	0,0106
233,00	0	3,7144	0,9892	0,9999	0,0107	0,0107
234,00	0	3,7362	0,9892	0,9999	0,0107	0,0107
235,00	0	3,7580	0,9892	0,9999	0,0107	0,0107
236,00	0	3,7797	0,9892	0,9999	0,0107	0,0107
237,00	0	3,8015	0,9892	0,9999	0,0107	0,0107
238,00	0	3,8233	0,9892	0,9999	0,0107	0,0107
239,00	0	3,8450	0,9892	0,9999	0,0107	0,0107
240,00	0	3,8668	0,9892	0,9999	0,0107	0,0107
241,00	0	3,8885	0,9892	0,9999	0,0107	0,0107
242,00	0	3,9103	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
243,00	0	3,9321	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
244,00	0	3,9538	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
245,00	0	3,9756	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
246,00	0	3,9974	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
247,00	0	4,0191	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
248,00	0	4,0409	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
249,00	0	4,0627	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
250,00	0	4,0844	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
251,00	0	4,1062	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
252,00	0	4,1280	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
253,00	0	4,1497	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
254,00	0	4,1715	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
255,00	0	4,1932	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
256,00	0	4,2150	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
257,00	0	4,2368	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
258,00	0	4,2585	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107

259,00	0	4,2803	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
260,00	0	4,3021	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
261,00	0	4,3238	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
262,00	0	4,3456	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
263,00	0	4,3674	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
264,00	0	4,3891	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
265,00	0	4,4109	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
266,00	0	4,4327	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
267,00	0	4,4544	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
268,00	0	4,4762	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
269,00	0	4,4979	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
270,00	0	4,5197	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
271,00	0	4,5415	0,9892	1,0000	0,0107	0,0107
272,00	0	4,5632	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
273,00	0	4,5850	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
274,00	0	4,6068	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
275,00	0	4,6285	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
276,00	0	4,6503	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
277,00	0	4,6721	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
278,00	0	4,6938	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
279,00	0	4,7156	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
280,00	0	4,7374	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
281,00	0	4,7591	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
282,00	0	4,7809	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
283,00	0	4,8026	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
284,00	0	4,8244	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
285,00	0	4,8462	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
286,00	0	4,8679	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
287,00	0	4,8897	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
288,00	0	4,9115	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
289,00	0	4,9332	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
290,00	0	4,9550	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
291,00	0	4,9768	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
292,00	0	4,9985	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
293,00	0	5,0203	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
294,00	0	5,0421	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
295,00	0	5,0638	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
296,00	0	5,0856	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
297,00	0	5,1073	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
298,00	0	5,1291	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
299,00	0	5,1509	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
300,00	0	5,1726	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
301,00	0	5,1944	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
302,00	0	5,2162	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
303,00	0	5,2379	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108

304,00	0	5,2597	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
305,00	0	5,2815	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
306,00	0	5,3032	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
307,00	0	5,3250	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
308,00	0	5,3468	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
309,00	0	5,3685	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
310,00	0	5,3903	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
311,00	0	5,4120	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
312,00	0	5,4338	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
313,00	0	5,4556	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
314,00	0	5,4773	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
315,00	0	5,4991	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
316,00	0	5,5209	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
317,00	0	5,5426	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
318,00	0	5,5644	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
319,00	0	5,5862	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
320,00	0	5,6079	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
321,00	0	5,6297	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
322,00	0	5,6515	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
323,00	0	5,6732	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
324,00	0	5,6950	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
325,00	0	5,7167	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
326,00	0	5,7385	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
327,00	0	5,7603	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
328,00	0	5,7820	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
329,00	0	5,8038	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
330,00	0	5,8256	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
331,00	0	5,8473	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
332,00	0	5,8691	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
333,00	0	5,8909	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
334,00	0	5,9126	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
335,00	0	5,9344	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
336,00	0	5,9562	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
337,00	0	5,9779	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
338,00	0	5,9997	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
339,00	0	6,0214	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
340,00	0	6,0432	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
341,00	0	6,0650	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
342,00	0	6,0867	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
343,00	0	6,1085	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
344,00	0	6,1303	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
345,00	0	6,1520	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
346,00	0	6,1738	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
347,00	0	6,1956	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
348,00	0	6,2173	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108

349,00	0	6,2391	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
350,00	0	6,2609	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
351,00	0	6,2826	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
352,00	0	6,3044	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
353,00	0	6,3261	0,9892	1,0000	0,0108	0,0108
354,00	1	6,3479	1,0000	1,0000	0,0000	0,0108
355,00	0	6,3697	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000
356,00	0	6,3914	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000
357,00	0	6,4132	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000
358,00	0	6,4350	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000
359,00	0	6,4567	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000
360,00	0	6,4785	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000

Anexo 4 Amostra filtrada para aplicabilidade do teste Kolmogorov-Smirnov

Classe (C)	Frequência x_n	$z(\alpha)$	$S(x_n)$	$F_0(x_n)$	$ S(x_n)-F_0(x_n) ^+$	$ S(x_n)-F_0(x_n) ^-$
0	0	-1,7155	0	0,0431	0,0431	0,0431
1	0	-1,6865	0	0,0458	0,0458	0,0458
2	0	-1,6575	0	0,0487	0,0487	0,0487
3	0	-1,6285	0	0,0517	0,0517	0,0517
4	0	-1,5996	0	0,0548	0,0548	0,0548
5	0	-1,5706	0	0,0581	0,0581	0,0581
6	0	-1,5416	0	0,0616	0,0616	0,0616
7	0	-1,5126	0	0,0652	0,0652	0,0652
8	1	-1,4836	0,0109	0,069	0,0581	0,069
9	0	-1,4546	0,0109	0,0729	0,062	0,062
10	1	-1,4256	0,0217	0,077	0,0553	0,0661
11	0	-1,3966	0,0217	0,0813	0,0595	0,0595
12	0	-1,3676	0,0217	0,0857	0,064	0,064
13	0	-1,3386	0,0217	0,0904	0,0686	0,0686
14	2	-1,3096	0,0435	0,0952	0,0517	0,0734
15	2	-1,2806	0,0652	0,1002	0,035	0,0567
16	0	-1,2516	0,0652	0,1054	0,0401	0,0401
17	0	-1,2226	0,0652	0,1107	0,0455	0,0455
18	0	-1,1936	0,0652	0,1163	0,0511	0,0511
19	0	-1,1646	0,0652	0,1221	0,0569	0,0569
20	0	-1,1356	0,0652	0,1281	0,0628	0,0628
21	0	-1,1066	0,0652	0,1342	0,069	0,069
22	3	-1,0776	0,0978	0,1406	0,0428	0,0754
23	1	-1,0486	0,1087	0,1472	0,0385	0,0494
24	1	-1,0196	0,1196	0,154	0,0344	0,0453
25	3	-0,9906	0,1522	0,1609	0,0088	0,0414
26	0	-0,9616	0,1522	0,1681	0,0159	0,0159
27	4	-0,9326	0,1957	0,1755	0,0201	0,0233
28	1	-0,9036	0,2065	0,1831	0,0234	0,0126
29	2	-0,8746	0,2283	0,1909	0,0374	0,0156
30	1	-0,8456	0,2391	0,1989	0,0403	0,0294
31	1	-0,8166	0,25	0,2071	0,0429	0,0321
32	1	-0,7876	0,2609	0,2155	0,0454	0,0345
33	0	-0,7586	0,2609	0,224	0,0368	0,0368
34	2	-0,7296	0,2826	0,2328	0,0498	0,0281

35	1	-0,7007	0,2935	0,2418	0,0517	0,0408
36	3	-0,6717	0,3261	0,2509	0,0752	0,0426
37	1	-0,6427	0,337	0,2602	0,0767	0,0659
38	0	-0,6137	0,337	0,2697	0,0672	0,0672
39	0	-0,5847	0,337	0,2794	0,0576	0,0576
40	1	-0,5557	0,3478	0,2892	0,0586	0,0477
41	1	-0,5267	0,3587	0,2992	0,0595	0,0486
42	2	-0,4977	0,3804	0,3094	0,0711	0,0493
43	2	-0,4687	0,4022	0,3197	0,0825	0,0608
44	0	-0,4397	0,4022	0,3301	0,0721	0,0721
45	0	-0,4107	0,4022	0,3407	0,0615	0,0615
46	0	-0,3817	0,4022	0,3513	0,0508	0,0508
47	1	-0,3527	0,413	0,3622	0,0509	0,04
48	2	-0,3237	0,4348	0,3731	0,0617	0,04
49	0	-0,2947	0,4348	0,3841	0,0507	0,0507
50	1	-0,2657	0,4457	0,3952	0,0504	0,0395
51	4	-0,2367	0,4891	0,4064	0,0827	0,0392
52	0	-0,2077	0,4891	0,4177	0,0714	0,0714
53	1	-0,1787	0,5	0,4291	0,0709	0,06
54	2	-0,1497	0,5217	0,4405	0,0812	0,0595
55	0	-0,1207	0,5217	0,452	0,0698	0,0698
56	1	-0,0917	0,5326	0,4635	0,0691	0,0583
57	0	-0,0627	0,5326	0,475	0,0576	0,0576
58	1	-0,0337	0,5435	0,4865	0,0569	0,0461
59	2	-0,0047	0,5652	0,4981	0,0671	0,0454
60	2	0,0243	0,587	0,5097	0,0773	0,0555
61	1	0,0533	0,5978	0,5212	0,0766	0,0657
62	2	0,0823	0,6196	0,5328	0,0868	0,065
63	2	0,1113	0,6413	0,5443	0,097	0,0753
64	0	0,1403	0,6413	0,5558	0,0855	0,0855
65	1	0,1693	0,6522	0,5672	0,085	0,0741
66	1	0,1982	0,663	0,5786	0,0845	0,0736
67	1	0,2272	0,6739	0,5899	0,084	0,0732
68	4	0,2562	0,7174	0,6011	0,1163	0,0728
69	0	0,2852	0,7174	0,6123	0,1051	0,1051
70	1	0,3142	0,7283	0,6233	0,1049	0,0941
71	0	0,3432	0,7283	0,6343	0,094	0,094
72	1	0,3722	0,7391	0,6451	0,094	0,0831
73	0	0,4012	0,7391	0,6559	0,0833	0,0833
74	0	0,4302	0,7391	0,6665	0,0726	0,0726
75	0	0,4592	0,7391	0,677	0,0622	0,0622
76	1	0,4882	0,75	0,6873	0,0627	0,0518
77	1	0,5172	0,7609	0,6975	0,0634	0,0525
78	1	0,5462	0,7717	0,7075	0,0642	0,0533
79	1	0,5752	0,7826	0,7174	0,0652	0,0543
80	2	0,6042	0,8043	0,7271	0,0772	0,0555
81	0	0,6332	0,8043	0,7367	0,0676	0,0676
82	0	0,6622	0,8043	0,7461	0,0583	0,0583

83	0	0,6912	0,8043	0,7553	0,0491	0,0491
84	0	0,7202	0,8043	0,7643	0,0401	0,0401
85	0	0,7492	0,8043	0,7731	0,0312	0,0312
86	1	0,7782	0,8152	0,7818	0,0334	0,0226
87	0	0,8072	0,8152	0,7902	0,025	0,025
88	2	0,8362	0,837	0,7985	0,0385	0,0167
89	0	0,8652	0,837	0,8065	0,0304	0,0304
90	0	0,8942	0,837	0,8144	0,0226	0,0226
91	0	0,9232	0,837	0,822	0,0149	0,0149
92	1	0,9522	0,8478	0,8295	0,0183	0,0075
93	0	0,9812	0,8478	0,8367	0,0111	0,0111
94	0	1,0102	0,8478	0,8438	0,004	0,004
95	0	1,0392	0,8478	0,8506	0,0028	0,0028
96	0	1,0682	0,8478	0,8573	0,0094	0,0094
97	0	1,0971	0,8478	0,8637	0,0159	0,0159
98	0	1,1261	0,8478	0,8699	0,0221	0,0221
99	0	1,1551	0,8478	0,876	0,0282	0,0282
100	0	1,1841	0,8478	0,8818	0,034	0,034
101	0	1,2131	0,8478	0,8875	0,0396	0,0396
102	0	1,2421	0,8478	0,8929	0,0451	0,0451
103	1	1,2711	0,8587	0,8982	0,0395	0,0503
104	0	1,3001	0,8587	0,9032	0,0445	0,0445
105	1	1,3291	0,8696	0,9081	0,0385	0,0494
106	0	1,3581	0,8696	0,9128	0,0432	0,0432
107	1	1,3871	0,8804	0,9173	0,0369	0,0477
108	1	1,4161	0,8913	0,9216	0,0303	0,0412
109	0	1,4451	0,8913	0,9258	0,0345	0,0345
110	0	1,4741	0,8913	0,9298	0,0385	0,0385
111	0	1,5031	0,8913	0,9336	0,0423	0,0423
112	0	1,5321	0,8913	0,9373	0,0459	0,0459
113	0	1,5611	0,8913	0,9407	0,0494	0,0494
114	2	1,5901	0,913	0,9441	0,031	0,0528
115	0	1,6191	0,913	0,9473	0,0342	0,0342
116	0	1,6481	0,913	0,9503	0,0373	0,0373
117	0	1,6771	0,913	0,9532	0,0402	0,0402
118	0	1,7061	0,913	0,956	0,043	0,043
119	0	1,7351	0,913	0,9586	0,0456	0,0456
120	0	1,7641	0,913	0,9611	0,0481	0,0481
121	0	1,7931	0,913	0,9635	0,0505	0,0505
122	0	1,8221	0,913	0,9658	0,0527	0,0527
123	1	1,8511	0,9239	0,9679	0,044	0,0549
124	0	1,8801	0,9239	0,97	0,046	0,046
125	2	1,9091	0,9457	0,9719	0,0262	0,048
126	0	1,9381	0,9457	0,9737	0,028	0,028
127	0	1,9671	0,9457	0,9754	0,0298	0,0298
128	0	1,9961	0,9457	0,977	0,0314	0,0314
129	0	2,025	0,9457	0,9786	0,0329	0,0329
130	1	2,054	0,9565	0,98	0,0235	0,0344

131	0	2,083	0,9565	0,9814	0,0249	0,0249
132	0	2,112	0,9565	0,9827	0,0261	0,0261
133	0	2,141	0,9565	0,9839	0,0273	0,0273
134	0	2,17	0,9565	0,985	0,0285	0,0285
135	0	2,199	0,9565	0,9861	0,0295	0,0295
136	1	2,228	0,9674	0,9871	0,0197	0,0305
137	1	2,257	0,9783	0,988	0,0097	0,0206
138	0	2,286	0,9783	0,9889	0,0106	0,0106
139	0	2,315	0,9783	0,9897	0,0114	0,0114
140	0	2,344	0,9783	0,9905	0,0122	0,0122
141	0	2,373	0,9783	0,9912	0,0129	0,0129
142	0	2,402	0,9783	0,9918	0,0136	0,0136
143	0	2,431	0,9783	0,9925	0,0142	0,0142
144	0	2,46	0,9783	0,9931	0,0148	0,0148
145	0	2,489	0,9783	0,9936	0,0153	0,0153
146	0	2,518	0,9783	0,9941	0,0158	0,0158
147	0	2,547	0,9783	0,9946	0,0163	0,0163
148	0	2,576	0,9783	0,995	0,0167	0,0167
149	0	2,605	0,9783	0,9954	0,0171	0,0171
150	0	2,634	0,9783	0,9958	0,0175	0,0175
151	1	2,663	0,9891	0,9961	0,007	0,0179
152	0	2,692	0,9891	0,9964	0,0073	0,0073
153	0	2,721	0,9891	0,9967	0,0076	0,0076
154	0	2,75	0,9891	0,997	0,0079	0,0079
155	0	2,779	0,9891	0,9973	0,0081	0,0081
156	0	2,808	0,9891	0,9975	0,0084	0,0084
157	0	2,837	0,9891	0,9977	0,0086	0,0086
158	1	2,866	1	0,9979	0,0021	0,0088
159	0	2,895	1	0,9981	0,0019	0,0019
160	0	2,9239	1	0,9983	0,0017	0,0017
161	0	2,9529	1	0,9984	0,0016	0,0016
162	0	2,9819	1	0,9986	0,0014	0,0014
163	0	3,0109	1	0,9987	0,0013	0,0013
164	0	3,0399	1	0,9988	0,0012	0,0012
165	0	3,0689	1	0,9989	0,0011	0,0011
166	0	3,0979	1	0,999	0,001	0,001
167	0	3,1269	1	0,9991	0,0009	0,0009
168	0	3,1559	1	0,9992	0,0008	0,0008
169	0	3,1849	1	0,9993	0,0007	0,0007
170	0	3,2139	1	0,9993	0,0007	0,0007
171	0	3,2429	1	0,9994	0,0006	0,0006
172	0	3,2719	1	0,9995	0,0005	0,0005
173	0	3,3009	1	0,9995	0,0005	0,0005
174	0	3,3299	1	0,9996	0,0004	0,0004
175	0	3,3589	1	0,9996	0,0004	0,0004
176	0	3,3879	1	0,9996	0,0004	0,0004
177	0	3,4169	1	0,9997	0,0003	0,0003
178	0	3,4459	1	0,9997	0,0003	0,0003

179	0	3,4749	1	0,9997	0,0003	0,0003
180	0	3,5039	1	0,9998	0,0002	0,0002
181	0	3,5329	1	0,9998	0,0002	0,0002
182	0	3,5619	1	0,9998	0,0002	0,0002
183	0	3,5909	1	0,9998	0,0002	0,0002
184	0	3,6199	1	0,9999	0,0001	0,0001
185	0	3,6489	1	0,9999	0,0001	0,0001
186	0	3,6779	1	0,9999	0,0001	0,0001
187	0	3,7069	1	0,9999	0,0001	0,0001
188	0	3,7359	1	0,9999	0,0001	0,0001
189	0	3,7649	1	0,9999	0,0001	0,0001
190	0	3,7939	1	0,9999	0,0001	0,0001
191	0	3,8228	1	0,9999	0,0001	0,0001
192	0	3,8518	1	0,9999	0,0001	0,0001
193	0	3,8808	1	0,9999	0,0001	0,0001
194	0	3,9098	1	1	0	0
195	0	3,9388	1	1	0	0